

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

3088 K

K. PEARSON  
—  
LA GRAMMAIRE  
DE LA SCIENCE  
LA PHYSIQUE

ECOLE CENTRALE DE LILLE



D0000005609

LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN

1912

119 -

LA GRAMMAIRE  
DE LA SCIENCE

LA PHYSIQUE

# BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

Volumes in-8°, cartonnés à l'anglaise.

## 117 VOLUMES PUBLIÉS

### Derniers volumes parus :

- PEARSON (Karl), membre de la Royal Society, professeur de mathématiques appliquées et de mécanique au collège de l'Université de Londres. **La grammaire de la science. (La Physique)**, traduit de l'anglais par LUCIEN MARCH, directeur de la Statistique Générale de la France. 1 vol. in-8 . . . . . 9 fr.
- CYON (E. de). **L'oreille. Organe d'orientation dans le temps et dans l'espace.** 1 vol. in-8, avec 45 grav. dans le texte, 3 planches hors texte et 1 portrait de Flourens . . . . . 6 fr.
- ANDRADE (J.), professeur à la Faculté des sciences de Besançon. **Le mouvement. Mesures de l'étendue et mesures du temps.** 1 vol. in-8, avec 46 fig. dans le texte. . . . . 6 fr.
- CUÉNOT (L.), professeur à la Faculté des sciences de Nancy. **La genèse des espèces animales.** 1 vol. in-8 avec 123 grav. dans le texte . 12 fr.
- ROUBINOVITCH (Dr J.), médecin en chef de l'hospice de Bicêtre. **Aliénés et anormaux.** 1 vol. in-8, avec 63 gravures. . . . . 6 fr.
- LE DANTEC (F.), chargé de cours à la Sorbonne. **La stabilité de la vie. Etude énergétique de l'évolution des espèces.** 1 vol. in-8. . . . . 6 fr.
- IOEB, professeur à l'Université Berkeley. **La dynamique des phénomènes de la vie.** Traduit de l'allemand par MM. DAUDIN et SCHAEFFER, préf. de M. le Prof. A. GIARD, de l'Institut, 1 vol. avec fig. . . . . 9 fr.
- CHARLTON BASTIAN. **L'évolution de la vie.** 1 vol. in-8, illustré, avec fig. dans le texte et 12 planches hors texte . . . . . 6 fr.
- VRIES (Hugo de). **Especies et variétés.** Traduit de l'allemand par L. BLARINGHEM, préface de M. le Prof. A. GIARD, 1 vol. . . . . 12 fr.
- DEMÉNY (G.) **Les bases scientifiques de l'éducation physique.** 1 vol. in-8, avec 198 gravures, 5<sup>e</sup> édit . . . . . 6 fr.
- MALMEJAC (F.) **L'eau dans l'alimentation.** 1 vol. in-8, avec grav. 6 fr.
- MEUNIER (Stan). **La géologie générale.** 1 vol in-8 avec grav. . . . 6 fr.
- DEMÉNY (G.). **Mécanisme et éducation des mouvements.** 1 vol. in-8, avec 565 gravures, 2<sup>e</sup> édit. . . . . 9 fr.
- BOURDEAU (L.). **Histoire de l'habillement et de la parure.** 1 vol. in-8. . . . . 6 fr.
- MOSSO (A.). **Les exercices physiques et le développement intellectuel.** 1 vol. in-8 . . . . . 6 fr.
- LE DANTEC (F.). **Les lois naturelles,** 1 vol. in-8, avec grav. . . . 6 fr.
- NORMAN LOCKYER. **L'évolution inorganique.** 1 vol. in-8 avec grav. 6 fr.
- COLAJANNI (N.). **Latins et Anglo-Saxons.** 1 vol. in-8 . . . . . 9 fr.

### OUVRAGES SUR LA PHYSIQUE

- La Conservation de l'énergie,** par BALFOUR STEWART, prof. de physique au collège Owens de Manchester (Angleterre). 1 vol. in-8, avec fig. 6<sup>e</sup> édit. . . . . 6 fr.
- La Matière et la Physique moderne,** par STALLO, précédé d'une préface par CH. FRIEDEL, membre de l'Institut, 1 vol. in-8, 3<sup>e</sup> édit. . . . 6 fr.
- L'Evolution inorganique étudiée par l'analyse spectrale,** par NORMAN LOCKYER. 1 vol. in-8, avec gravures . . . . . 6 fr.

LA GRAMMAIRE  
DE LA SCIENCE

LA PHYSIQUE

PAR

**KARL PEARSON**

Membre de la Royal Society,  
Professeur de mathématiques appliquées et de mécanique  
au Collège de l'Université de Londres.

*TRADUIT SUR LA TROISIÈME ÉDITION ANGLAISE*

PAR

**LUCIEN MARCH**

Directeur de la Statistique générale de la France.

---

— La Critique est la vie de la Science.

V. COUSIN.

---

PARIS

LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN

MAISONS FÉLIX ALCAN ET GUILLAUMIN RÉUNIES

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

—  
1912

Tous droits de reproduction réservés.



## NOTE DU TRADUCTEUR

---

La première édition de « The Grammar of science » a paru il y a une vingtaine d'années. A peu près à la même époque, son auteur, le professeur Karl Pearson, a commencé la publication d'une série de travaux qui ont singulièrement élargi la théorie de la statistique et qui ont préparé la constitution indépendante de cette théorie.

Après avoir fait connaître en France quelques éléments essentiels de ces travaux, j'ai pensé rendre hommage à leur savant auteur en présentant au public français un ouvrage d'un caractère plus général. Les idées qui y sont exprimées — et qui, à l'époque où elles l'ont été pour la première fois, heurtaient des habitudes d'esprit aujourd'hui très ébranlées — expliquent peut-être en partie que l'auteur se soit appliqué à l'étude statistique de certaines classes de faits naturels. Inversement, le traitement statistique des observations l'a conduit à préciser l'application de formes de pensée qui ont été soigneusement analysées par les logiciens anglais depuis Hamilton.

Je n'ai pu lire « The Grammar of science » que sur la troisième édition, les deux premières ayant été assez rapidement épuisées.

Après les nombreuses publications qui, surtout depuis une dizaine d'années, ont mis au point les conceptions relativistes des hommes de science contemporains, était-il bien utile d'introduire dans notre pays un nouvel exposé d'idées aujourd'hui familières à beaucoup de personnes, et dont le professeur Mach, notamment, a constaté plusieurs fois l'accord avec sa propre manière de voir, sur les points essentiels ? Je me suis posé la question et il m'a semblé qu'indépendamment d'un sentiment de gratitude intellectuelle, professionnelle, à l'égard de l'auteur, de sérieuses raisons me laissaient supposer que la traduction de la « Grammaire », rendrait de bons services, notamment aux étudiants et aux personnes non spécialisées dans l'étude des sciences physiques mais soucieuses de pénétrer les principes de la mécanique, à cause de la précision de la pensée, à cause de l'originalité des images et de certaines déterminations, à cause aussi de la vigueur avec laquelle se trouve présenté le point de vue scientifique.

Sans prétendre en aucune façon résumer les idées qui ont inspiré le présent volume, je voudrais seulement noter ici quelques réflexions, à propos de la position que son auteur a adoptée.

On admet communément aujourd'hui que la science ne traite que des phénomènes : elle utilise la faculté que possède l'esprit humain de percevoir des analogies, analogies dont elle se sert pour classer et décrire les phénomènes.

Le plus souvent, peut-être, ces analogies n'apparaissent qu'en raison de l'infirmité des facultés perceptives : au surplus, grâce à son pouvoir d'abstraction, l'esprit les dépasse et les transforme d'ordinaire en identités.

Ces identités ne demeurent point isolées ; la conscience les associe ; de là des états de conscience discernables les uns des autres. Et il semble que ces états constituent le

cadre mystérieux sans lequel il serait impossible de concevoir un classement quelconque des phénomènes.

Ce n'est là que l'un des postulats de la science; celle-ci doit admettre aussi une certaine similitude des consciences humaines, sans quoi ses résultats n'auraient point un caractère objectif.

Les résultats de la science ont d'ailleurs pour effet de permettre des prévisions auxquelles les phénomènes se conforment dans une certaine mesure. Si l'on demande d'où provient cet accord, la science confesse de nouveau son ignorance : elle ne répond pas plus à la question qu'elle n'apprend pourquoi les consciences sont semblables, pourquoi une conscience particulière est capable de discrimination et d'abstraction.

Elle remarque simplement qu'il est impossible de concevoir la vie sans un ensemble de conditions dont certaines, irréductibles, servent de fondement à la connaissance.

L'homme de science ne met donc en œuvre, pour ainsi dire, que les numéros d'un catalogue d'impressions sensibles différenciées, rapports concrets ou idées abstraites. Entre ces rapports et ces idées il établit des relations nouvelles qui s'imposent à l'esprit avec d'autant plus de force qu'elles sont mieux en harmonie avec sa propre constitution. La certitude ou l'évidence scientifique résulte de l'accord de la pensée avec elle-même, soit dans l'exercice de sa faculté d'identifier, soit dans l'exercice de son pouvoir d'abstraction et de généralisation. Il n'est de certitude scientifique que dans le monde des concepts; non seulement le noumène, mais encore la perception sont en dehors du certain.

L'homme de science n'affirme ni ne nie la réalité du monde extérieur; il n'affirme ni ne conteste non plus la légitimité d'idées dont l'origine serait hors du fonds commun des

impressions sensibles immédiates ou accumulées. Il déclare simplement que, pour lui, l'envers des phénomènes et l'intuition spontanée, — même si celle-ci, comme on l'a supposé, est le fruit des acquisitions de l'espèce, — sont inaccessibles à l'intelligence, sont irréductibles aux rapports rationnels que peut former la pensée exercée.

Comme les modes espace, temps, mouvement, suivant lesquels nous percevons les faits naturels, ne fournissent que des rapports assez vagues, quand les impressions transmises par les sens sont uniquement rapportées au cadre que forment les états de conscience, l'esprit fait intervenir, pour la sûreté de ses démarches, les notions en quelque mesure conventionnelles du mouvement géométrique. Il dépasse ainsi l'expérience sensible, pousse à la limite les données possibles de l'expérience.

En ce point, les vues de l'auteur de la « Grammaire » s'écartent, semble-t-il, de la théorie purement idéaliste où l'être et la pensée ne forment qu'un. Que l'univers soit un ensemble ordonné ou un chaos, l'esprit ne le peut décrire avec quelque précision tel qu'il le perçoit; il a besoin de concepts simplificateurs; qu'il s'agisse de mesurer la durée, l'étendue ou le mouvement, il lui faut des instruments qui sont des formes géométriques. Et la chose qui se meut, la matière, n'est qu'une expression commode pour représenter un idéal géométrique en mouvement. La simplicité de la nature, c'est, en dernière analyse, la simplification qu'introduit, par un pouvoir mystérieux, le mécanisme mental.

Cette manière de voir se rapproche beaucoup de celle des conceptualistes et elle rappelle la parole du philosophe grec : L'homme est la mesure des choses. D'ailleurs, depuis que les systèmes philosophiques tournent autour des mêmes questions, dont les abords n'ont guère varié d'aspect, ils se sont tellement pénétrés qu'il serait peut-être difficile de marquer exactement la place à assigner à la thèse de la Grammaire. On peut cependant reconnaître qu'elle rejette

tout dogmatisme, quel qu'il soit : théologique, philosophique ou même scientifique. Elle est nettement adogmatique. Elle n'en offre pas moins un caractère positif capital : elle affirme que la science arme la vie pratique d'une méthode éprouvée, qui met en œuvre les facultés de l'esprit conformément à l'ordre qui lui est propre et à la continuité qui est en lui, indispensable à l'éducation commune et au jugement social, susceptible d'unir les esprits, sinon dans le fond du moins dans la forme, sur un terrain parfaitement neutre.

C'est peut-être dans le principe de causalité que le sentiment de la réalité puise le plus de force. L'auteur de la Grammaire adopte la thèse de Hume suivant laquelle il n'est, entre la cause et l'effet, aucune nécessité interne, donc aucun absolu. D'ailleurs les successions ne se reproduisent jamais identiques à elles-mêmes ; la notion de causalité est encore une notion limite qui dépasse l'expérience sensible. Entre les changements de la cause et ceux de l'effet il y a simplement accord *statistique* plus ou moins étroit : le professeur Pearson a consacré d'importants travaux aux moyens de mesurer les degrés de cet accord.

Puisqu'il n'est point de nécessité hors de la sphère des conceptions, les lois naturelles n'expriment que des contingences, comme l'ont soutenu, en France, Comte et il y a près de quarante ans un éminent penseur contemporain. « La loi scientifique, dit Pearson, est le bref exposé qui résume les relations existant entre un groupe de phénomènes ». Plus le groupe est vaste et plus la description est concise, plus la loi est générale et féconde. La vérité d'une loi, c'est en définitive sa fécondité.

La critique ne risque point d'ailleurs de voir s'épuiser le terrain qui lui convient le mieux, puisque l'inconnu grandit en même temps que le connu. « La science, dit encore Pearson, ne trouvera probablement jamais une formule

résumant toutes choses, mais la méthode qu'elle emploie pour rechercher une telle formule est la seule possible. »

Peut-être l'homme ne doit-il pas s'en tenir à cette constatation que la seule connaissance possible des choses consiste en une représentation en quelque sorte schématique. Pour réaliser le bien, ce n'est point assez que l'esprit aperçoive les conditions rationnelles du succès de ses efforts. Le savoir ne suffit pas à remplir l'âme humaine, et bien des difficultés de la vie pratique semblent dues à un certain déséquilibre entre le savoir et l'action : agir trop vite et attendre de savoir sont également périlleux. L'action se déclenche plutôt sous l'aiguillon de la croyance que sur les avis de la science. Aussi la croyance a-t-elle été souvent placée très haut : je vois, je sais, je crois, a nuancé le poète tragique. L'homme de science ne rabaisse nullement la croyance en la plaçant simplement sur un autre plan que celui du savoir puisque, comme on le verra dans la « Grammaire », l'aperception et la prévision sont pour lui sujets de croyance. Mais il faut prendre garde que le mot croyance implique ici un accord aussi complet que possible avec le connu.

Or, de même que, pour connaître, l'esprit se forge des instruments idéaux en poussant à la limite des données de la conscience, de même il faut, pour animer sa puissance d'action, l'étincelle d'un idéal placé au delà de la connaissance positive bien que peut-être il ait sa base dans les acquisitions des siècles. Dans la Société humaine actuelle on ne voit point à l'œuvre l'instinct social qui gouverne la vie de certaines collectivités animales; quelque chose doit y suppléer pour s'opposer aux forces dissolvantes.

On ne trouvera, je pense, dans la Grammaire, aucune objection décisive à ce que des raisons d'agir s'ajoutent à celles que peut suggérer la raison; pourvu qu'elles ne la contredisent pas.

Seulement ces mobiles profonds semblent hors des cadres généraux de l'intelligence et dès lors ils manquent d'objectivité. Peu importe. Que la science ait pour condition première l'uniformité qui est dans les êtres, l'activité est peut-être mieux garantie par la diversité que par l'unité. Les éléments ultimes des choses n'ont-ils pas eux-mêmes, probablement, une certaine individualité ? Si l'esprit de critique anime la science, l'incertain paraît nécessaire à la vie de l'esprit.

Aussi la science respecte-t-elle tout idéal d'action sincère ; elle admet que la finalité lui échappe, quel que soit d'ailleurs l'intérêt d'interprétations fragmentaires comme l'interprétation darwinienne. Sans doute, elle prétend fournir les plus sûrs moyens de préparer l'acte efficace ; elle n'entend pas qu'on limite son champ. Cependant, elle a conscience, à la fois, de la grandeur et de la modestie de son œuvre et elle reconnaît que l'homme doit être armé pour supporter avec une âme forte les éventualités qu'elle ne peut prévoir, afin qu'il ne se détourne point de son idéal.

Je crois donc que la lecture du présent ouvrage sera profitable à ceux qui cherchent la vérité hors de la science — car les caractères de la connaissance scientifique y sont marqués avec précision et sincérité — autant qu'à ceux qui entendent circonscrire leurs efforts aux données positives.

Dans ce volume, les chapitres I à IV et VI à IX sont restés à peu près tels qu'ils ont été imprimés pour la première fois en 1892, d'après des leçons professées de 1882 à 1891.

La seconde édition renfermait en outre quatre chapitres sur la Vie, sur l'Évolution et sur la Classification des sciences ; le développement de ces chapitres formera, dans la troisième édition, la matière d'un second volume.

On voudra bien excuser la forme imparfaite de la traduction ; il importait avant tout de serrer de près le texte de l'auteur. Peut-être sa pensée n'a-t-elle pas toujours été exactement rendue car il ne lui a pas toujours été possible de contrôler la traduction. Si l'on aperçoit quelque erreur ou quelque obscurité, on voudra bien en accuser le traducteur et se reporter au texte anglais.

En terminant je remercie cordialement mes collaborateurs, MM. Bunle, de Bernonville et Lenoir de l'aide qu'ils m'ont prêtée pour cette traduction.

LUCIEN MARCH.

Paris, 1<sup>er</sup> décembre 1911.

---

## PRÉFACE

DE LA TROISIÈME ÉDITION

---

Cet ouvrage est épuisé depuis quelque temps déjà ; j'ai longtemps réfléchi s'il était désirable ou non de le réimprimer. Cette réimpression décidée, la question de savoir comment il serait possible de la réaliser de manière à satisfaire le lecteur moderne, a éveillé beaucoup de craintes dans mon esprit. Relisant le livre après plusieurs années, j'ai été surpris de voir combien l'hétérodoxie des environs de 1880 était devenue le lieu commun et la doctrine acceptée de nos jours. Personne ne croit maintenant que la science *explique* quelque chose ; nous la considérons tous comme une description sténographique, comme une économie de pensée. Cependant, en 1885, lorsqu'en publiant l'ouvrage de Clifford « *Common sense of the Exact science* », je définissais la masse comme un taux d'accélération, lorsque je prétendais que les définitions courantes de la matière et de la force étaient inintelligibles, je provoquai les plus vives protestations de plus d'un physicien distingué. D'autre part, la *Grammaire de la Science*, qui parut pour la première fois en 1892, appartenait à une époque où le chef des physico-mathématiciens anglais affirmait avec

confiance qu'il n'y avait rien dont il ne fût plus sûr que de la réalité objective de l'éther. Il semble presque inutile maintenant de rééditer un livre qui enseigne que la force objective et la matière n'ont rien à faire avec la science, et que l'atome et l'éther sont de simples concepts intellectuels, utiles seulement pour permettre de décrire notre routine des faits perceptibles. Pourquoi ? De nos jours les physiciens eux-mêmes sont presque préparés à adopter chacun leur propre éther et sont même plus sûrs que l'auteur de la *Grammaire*, que l'éther et l'atome expliquent la mécanique newtonienne sans nécessairement lui obéir. A quel but peut alors servir la *Grammaire* ? Si l'auteur était encore jeune et n'était point absorbé par beaucoup d'autres travaux, il pourrait se proposer une tâche très utile en montrant que les méthodes de la *Grammaire* s'étendent plus loin même qu'il ne l'a indiqué en 1892. En dehors des principes fondamentaux abandonnés tels que la « matière » et la « force », il existe encore un autre fétiche dans les arcanes insondables de la science moderne elle-même, à savoir la catégorie de cause et d'effet. Cette catégorie, est-elle autre chose qu'une limite conceptuelle de l'expérience, sans aucune autre base dans la perception, qui n'intervient que comme approximation statistique ? Cette idée se fait jour maintenant de même que, en 1885, le professeur Tait mit en évidence l'irréalité de la force, et plus tard Lord Kelvin l'irréalité de l'éther. Mais la véritable question est de savoir ce que diront dans vingt ans les hommes de science. Ils reconnaîtront peut-être alors que la distinction entre les sciences physiques et les sciences biologiques n'est en réalité que quantitative, et les physi-

ciens qui ne voient maintenant que dépendance absolue ou indépendance parfaite pourront sourire alors de l'étroitesse et de la pauvreté de la fonction mathématique, comme ils sourient à l'heure actuelle de l'insuffisance des vieilles lois du mouvement. Ou bien, n'y a-t-il pas quelque danger que le physicien d'aujourd'hui traite son électron, ainsi qu'il a traité son vieil et immuable atome, comme une réalité de l'expérience, et oublie qu'il n'est qu'une construction de sa propre imagination, construction qui sera sûrement remplacée par une conception plus large, lorsque son rayonnement s'étendra?

La *Grammaire* fournirait un exposé complet des méthodes, si l'auteur avait eu le loisir de la récrire d'après le point de vue qui vient d'être indiqué. Tout ce qu'il a été possible de faire, a été d'ajouter un chapitre expliquant les vûes de l'auteur sur le développement que prendront nos idées de causation. En outre, grâce à la bienveillance de son collègue le professeur E. Cunningham, il a pu ajouter un chapitre sur les idées de la physique moderne. Ce chapitre laisse entendre, non pas que les physiciens sont en train de découvrir une nouvelle réalité perceptible, mais qu'ils cherchent une conception mathématique assez large pour décrire une expérience sensible considérablement agrandie. On peut douter avec raison qu'ils aient déjà atteint cette conception.

L'addition de ces deux nouveaux chapitres a nécessité la division du livre en deux parties, car il y a aussi beaucoup à ajouter aux chapitres relatifs aux formes vivantes, où, dans les dix dernières années le progrès a été aussi grand que dans les branches de la physique. Je pense que

la deuxième partie complétée de la *Grammaire* sera achevée cette année.

J'ai l'espoir que la troisième édition de mon livre n'est pas assez profondément modifiée pour détourner d'elle ses anciens amis. Pour ma part, je ne la regarde guère comme renouvelée autant qu'elle aurait dû l'être. Cependant, même avec sa forme actuelle, les auteurs de manuels élémentaires sur la dynamique pourront apprendre, s'ils veulent favoriser l'ouvrage d'une lecture, que les trois lois du mouvement, en honneur à notre époque, ne sont pas tout ce que la science moderne a à dire sur la mécanique, et que tôt ou tard des écoliers eux-mêmes seront peu disposés à se laisser dire « qu'un corps reste en repos ou se meut en ligne droite à moins d'être soumis à une force » et que « la masse est la quantité de matière dans un corps », une constante absolue indépendante de son mouvement !

KARL PEARSON

University College, London.

19 Janvier 1911.

---

## PRÉFACE

DE LA DEUXIÈME ÉDITION

---

Durant les huit années qui se sont écoulées, depuis que la *Grammaire* a été publiée pour la première fois, les vues exposées dans cet ouvrage ont sans aucun doute rencontré une adhésion plus large que l'auteur ne l'avait espéré. Il y a beaucoup de signes qu'un pur idéalisme remplace sûrement, comme base de la philosophie naturelle, le matérialisme peu éclairé des anciens physiciens. A l'heure actuelle plus d'un professeur de métaphysique a découvert que la meilleure façon d'attaquer la science « moderne » est de critiquer les anciennes explications mécaniques, d'un point de vue remarquablement semblable à celui de la *Grammaire*. Pas à pas les hommes de science ont reconnu que les phénomènes n'ont pas pour origine un mécanisme, mais que l'interprétation mécanique constitue seulement la sténographie conceptuelle, à l'aide de laquelle ils peuvent décrire brièvement et résumer les phénomènes. Que toute science ne soit que description et non pas explication, que le mystère des changements dans le monde inorganique soit exactement aussi grand et aussi omniprésent que dans le monde organique, ce sont là des

affirmations qui sembleront banales à la prochaine génération. Autrefois les hommes ont cru au suprasensible, et ils ont pensé qu'ils avaient connaissance du sensible. La science de l'avenir, agnostique quant au suprasensible, remplacera, dans la sphère de la perception, la connaissance par la croyance et réservera le terme connaissance pour la sphère conceptuelle de la mécanique physique et plasmique — la région des concepts et des idées d'éther, d'atome, de corpuscules organiques, de force vitale. Que ce changement de vue, en ce qui touche aux fondements de la science ne puisse se produire sans méprises<sup>1</sup>, ou sans donner occasion à ceux qui dédaignent la science de faire ressortir ses faiblesses, cela n'a rien que de naturel. Changer la base des opérations pendant une campagne donne toujours une chance à l'ennemi, mais il faut risquer cette chance si, par ce moyen, on se place de façon permanente dans une position plus forte pour l'offensive et pour la défensive. Le lecteur demandera peut-être, s'il y a encore guerre entre la science et le dogme : je répondrai qu'il en sera toujours ainsi, aussi longtemps que la science s'opposera à l'ignorance. Connaître réclame l'effort ; il est intellectuellement plus facile d'éviter l'effort en acceptant des phrases qui recouvrent l'inconnu du manteau de l'indéfinissable.

Cependant le besoin de reconstruire les principes fondamentaux de la mécanique, tels que nous les trouvons exposés dans les manuels élémentaires de physique et de

1. Voyez, par exemple, l'attaque de M. Saint-George Mivart qui regarde cet ouvrage comme essentiellement matérialiste. *Fortnightly Review*, 1896.

dynamique, demeure aussi urgent qu'autrefois. A vrai dire, le professeur A. E. H. Love doit être loué d'avoir ouvert, dans sa *Theoretical Mechanics*<sup>1</sup>, une nouvelle voie dans la bonne direction ; mais son ouvrage sera difficilement utilisé dans l'enseignement élémentaire, et c'est par ce dernier seulement que nous pouvons espérer répandre les nouvelles et saines conceptions scientifiques. Pour le présent, la *Grammaire* pourra être de quelque service. Après une vie de huit ans, et une édition d'environ 4.000 exemplaires, elle reparait révisée et complétée. Les additions principales sont les chapitres sur l'Évolution, traitant de conceptions fondamentales dans le domaine des sciences biologiques. Le progrès accompli dans cette direction durant les dernières années me permet de définir plusieurs de ces conceptions beaucoup plus exactement qu'il n'était possible en 1892, et d'indiquer, quoique par des traits un peu vagues, quel domaine fascinant a été transféré de la division synoptique à la division précise de la science (voir le chapitre sur la classification des Sciences). Beaucoup de changements ont été apportés à la rédaction, mais non à la substance, des anciennes parties de cet ouvrage. J'ai à remercier M. Francis Galton F. R. S., le professeur W. F. R. Weldon, F. R. S., et M. G. Udny Yule pour d'importantes suggestions concernant le chapitre de l'Évolution.

Si je n'ai pas prêté plus grande attention à mes nom-

1. Cambridge University Press, 1897. Qu'un professeur bien connu d'Harvard ait utilisé la *Grammaire* comme base de discussions terminales dans son *Séminaire* d'étudiants diplômés, c'est là un autre signe plein de promesses, que beaucoup d'esprits sont portés à examiner de nouveau les concepts fondamentaux de la science.

breux critiques, ce n'est pas que j'aie manqué de les étudier; c'est simplement que, je suis resté — obstinément on peut dire — convaincu que, relativement à l'état présent de notre connaissance, les vues exprimées sont réellement correctes. Les changements apportés dans la forme ont été principalement suggérés par une expérience plus approfondie des difficultés que rencontrent à la fois les élèves et les maîtres. Je me bornerai à conclure en exprimant l'espoir que si d'anciens amis rencontrent la *Grammaire* dans sa nouvelle forme, ils ne soient pas désagréablement surpris, soit par les changements superficiels, soit par les additions plus substantielles.

KARL PEARSON.

*University College, London.*

Décembre 1899.

---

## PRÉFACE

DE LA PREMIÈRE ÉDITION

---

Il est des périodes dans le développement de la science, où il convient de détourner l'attention de son imposante superstructure et d'examiner soigneusement ses fondations. Le présent ouvrage se propose, en premier lieu, de critiquer les concepts fondamentaux de la science moderne, et à cet égard il trouve sa justification dans la devise placée au-dessous de son titre. En même temps l'auteur est si pleinement conscient de la facilité de la critique et de la difficulté de la reconstruction, qu'il a essayé de ne pas se borner seulement à la tâche la plus facile. De ceux qui connaissent les vues de l'auteur, ou qui lisent ce livre, personne ne croira que l'auteur regarde le travail des grands savants, ou la mission de la science moderne, comme peu importante. Si le lecteur voit mettre en question les opinions de physiciens de réputation mondiale et les définitions courantes des concepts physiques, il ne faudra pas qu'il l'attribue au scepticisme de l'auteur. Celui-ci accepte presque sans réserve les grands résultats de la physique moderne ; c'est le langage par lequel ces résultats sont exprimés qui lui semble exiger un nouvel

examen. Ce nouvel examen est d'autant plus urgent que le langage des physiciens est abondamment utilisé dans toutes les branches de la science biologique (y compris la sociologie). L'obscurité qui enveloppe les *principes* de la science n'est pas due seulement à une évolution historique influencée par l'autorité qui s'attache à la phraséologie même des auteurs de grandes découvertes, elle est imputable aussi à ce fait que la science, tant qu'elle eut à poursuivre une guerre difficile contre la métaphysique et le dogme, crut, ainsi qu'un général habile, qu'il valait mieux cacher les défauts de sa propre organisation.

On ne peut cependant douter, non seulement que cette organisation défectueuse sera aperçue plus tard par l'ennemi, mais qu'elle a déjà eu une influence profondément décourageante à la fois sur les recrues scientifiques et sur les profanes intelligents. Il est difficile d'imaginer rien de plus désespérément illogique que les exposés relatifs à la force et à la matière qui trainent dans les manuels élémentaires; et l'auteur, comme résultat de quelques dix années d'enseignement et d'examen, a été forcé d'arriver à cette conclusion que ces ouvrages ne possèdent qu'une faible, pour ne pas dire aucune, valeur *éducative*; ils n'encouragent point le développement de la clarté logique et ne constituent à aucun degré un exercice de méthode scientifique. On trouve probablement un effet de cette obscurité dans la facilité avec laquelle le physicien, qu'on le compare soit avec le mathématicien pur, soit avec l'historien, est embarrassé dans les mailles de pseudo-sciences, telles que la théologie naturelle ou le spiritisme.

Si la partie constructive de cet ouvrage apparaît au

lecteur dogmatique ou polémiste sans nécessité, l'auteur le priera de se rappeler qu'il a surtout l'intention d'éveiller et de stimuler la propre pensée du lecteur, plutôt que de lui inculquer une doctrine : ce résultat est souvent le mieux atteint par l'affirmation et la contradiction qui poussent le lecteur à une recherche indépendante.

Les vues exprimées dans cette *Grammaire* sur les concepts fondamentaux de la science, principalement sur ceux de force et de matière, ont formé une partie de l'enseignement de l'auteur, depuis que, pour la première fois en 1882, il fut amené à réfléchir sur la façon dont les éléments de la science dynamique pourraient être présentés à de jeunes étudiants libérés de la métaphysique. Mais le premier essai de les exprimer en langage populaire date seulement de la nomination de l'auteur, en 1891, au professorat de géométrie, au Collège Sir Thomas Gresham. La substance de cet ouvrage a fait l'objet de deux cours préliminaires sur le *But et les Concepts de la science moderne*. Gresham Collège n'est que la partie la mieux venue de ce qu'espérait et rêvait le voir devenir son fondateur : une grande Université d'enseignement pour Londres. Mais l'auteur en écrivant cet ouvrage, quelles qu'en soient les défaillances, a senti au plus profond de son être qu'il essayait de revenir au précédent établi par les plus anciens et les plus distingués de ses prédécesseurs dans la chaire de géométrie. Restituer à la chaire et au collège leur importance primitive est une œuvre digne d'être accomplie, mais elle repose entre les mains d'hommes mal préparés à apprécier la valeur sociale de la science et de la culture générale.

Cette *Grammaire de la science*, toute imparfaite qu'elle soit, l'eût été davantage sans l'appui constant et la sympathie de plusieurs amis complaisants. M. W.-H. Ma-caulay de King's College, Cambridge, a prêté son aide de beaucoup de manières, essayant toujours de maintenir le radicalisme scientifique de l'auteur dans les limites modérées et raisonnables; l'auteur est redevable à son ami, M. R.-J. Parker de Lincoln's Inn, de la continuation de cette révision soigneuse et suggestive qu'il a apportée dans les dix dernières années à presque tout ce que l'auteur a écrit. Les remerciements de l'auteur, sont d'ailleurs spécialement dus au D<sup>r</sup> R.-J. Ryle de Barnet, dont l'esprit logique et les nombreuses lectures historiques ont amené une « amélioration », qui lui donne presque un droit de propriété sur ces pages. Enfin l'auteur remercie son amie et ancienne élève, Miss Alice Lee, lectrice-assistante de physique au Collège Bedford, à Londres, pour la préparation de l'index et pour plusieurs corrections importantes.

KARL PEARSON.

*Gresham College, Londres.*

Janvier 1892.

---

LA  
GRAMMAIRE DE LA SCIENCE

---

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION. — LE BUT ET LA MÉTHODE  
DE LA SCIENCE

§ 1. — LES BESOINS DE L'HEURE PRÉSENTE

Au cours des quarante dernières années un changement quasi-révolutionnaire s'est produit dans notre appréciation des faits essentiels qui se rapportent au développement de la société humaine, et il est devenu nécessaire, non seulement de récrire l'histoire de l'humanité, mais encore de modifier profondément notre théorie de la vie et d'adapter peu à peu, toutefois avec ténacité, notre conduite à la théorie nouvelle. La connaissance que les recherches de Darwin, secondées par l'œuvre suggestive mais beaucoup moins définitive de Spencer, nous ont donnée du développement de la vie sociale et intellectuelle, nous a conduits à remanier nos conceptions de l'histoire, et a lentement élargi et consolidé nos principes moraux. Cette lenteur ne doit pas nous décourager, car un des facteurs les plus importants de la stabilité sociale est l'inertie, sinon l'hostilité active, avec laquelle les sociétés humaines reçoivent toutes les idées nouvelles. C'est le creuset où la scorie se

sépare du métal pur, qui épargne au corps social une succession de tâtonnements sans profit et peut-être nuisibles. Que le réformateur soit souvent aussi un martyr, ce n'est peut-être pas payer d'un trop grand prix la circonspection avec laquelle la société, considérée comme un tout, doit se mouvoir ; remplacer un grand conducteur d'hommes, cela peut exiger des années, mais une société stable et efficiente ne se peut former que par l'œuvre des siècles.

Si nous avons appris, peut-être indirectement d'après les écrits de Darwin, que la façon de conserver la propriété, les formes du mariage, l'organisation de la famille, celle de la commune, sont les facteurs essentiels que l'historien doit décrire quand il étudie le développement de la société humaine ; si dans nos livres d'histoire nous renonçons à désigner les périodes par les noms des monarques et à consacrer des paragraphes entiers à leurs maîtresses, en vérité, nous sommes encore loin de saisir clairement les actions entremêlées des différents facteurs de l'évolution sociale, et de comprendre pourquoi une cause devient prédominante à tel moment ou à tel autre. Nous pouvons en effet noter des périodes de grande activité sociale et d'autres de paix apparente, mais c'est probablement notre seule ignorance du cours exact de l'évolution sociale qui nous conduit à imputer les changements fondamentaux de nos institutions sociales, soit à des hommes isolés, soit à des réformes ou à des révolutions. Nous associons en fait la Réforme germanique et la substitution aux normes collectivistes de normes individualistes, non seulement dans la religion, mais aussi dans les métiers, l'art et la politique. D'une manière analogue, la Révolution française est l'époque de laquelle beaucoup d'esprits inclinent à dater la renaissance des conceptions sociales qui ont transformé considérablement les relations médiévales de classe

et de caste, relations peu touchées par la Réforme du xvi<sup>e</sup> siècle. Plus près de notre temps, nous pouvons mesurer avec quelque exactitude l'influence sociale des grands changements réalisés dans les méthodes de production, celle du passage de l'industrie à domicile à l'industrie capitaliste, qui transforma la vie anglaise dans la première moitié du dernier siècle et qui, depuis, s'est produit de même dans tous les pays civilisés. Mais alors, quand nous arrivons à notre propre époque, marquée par le progrès étonnamment rapide des sciences naturelles, par leur influence profonde sur le bien-être et la conduite de la vie humaine, il nous semble impossible de résumer son histoire sociale dans les phrases sèches par lesquelles nous essayons de noter les caractéristiques des périodes historiques plus éloignées.

Il est très difficile, pour nous qui vivons dans les premières années du xx<sup>e</sup> siècle, de mesurer exactement la place que tient notre époque dans l'histoire de la civilisation. En premier lieu, nous ne pouvons la considérer que d'un seul point de vue, celui du *passé*. Il fallait au moins un Erasme pour prédire que la Réforme serait l'aboutissant de tout ce qui *précéda* la Diète de Worms ; ou, pour employer une métaphore, un aveugle grim pant sur une colline pourrait apprécier avec une suffisante exactitude les différents degrés de l'escarpement, dans les parties qu'il aurait traversées ; il pourrait même estimer assez bien la pente sur laquelle il s'est élevé ; mais il lui serait impossible de dire si cette pente conduit immédiatement à une autre pente plus escarpée, ou se confond pratiquement avec le sommet.

Puis, nous sommes trop de notre époque, à la fois par notre situation dans le temps et par notre manière de sentir, pour apprécier, sans les amoindrir et sans opinion préconçue, l'importance des changements.

Les conflits d'opinion dans presque tous les domaines de la pensée, — la lutte des types anciens et des types nouveaux dans toute sphère d'activité, dans la religion, dans le commerce, dans la vie sociale — intéressent de beaucoup trop près les besoins spirituels et physiques de l'individu pour que celui-ci soit un juge impassible de l'époque où il vit. Que les parties se jouent à une époque de rapide transformation sociale, celui-là peut à peine en douter qui regarde attentivement les contrastes frappants de notre société moderne. C'est à la fois une ère de forte personnalité et d'altruisme excessif; nous voyons la puissance intellectuelle la plus élevée accompagner la plus étrange recrudescence de superstition; il y a une forte poussée socialiste et cependant des professeurs individualistes en assez grand nombre; les extrêmes de la foi religieuse et d'une libre-pensée précise se coudoient. Ces traits opposés n'existent pas seulement dans la mêlée sociale. Dans le microcosme, notre époque montrera souvent le même esprit inconscient de son propre besoin de logique.

Il n'est guère étonnant que nous jugions encore généralement mal de ce que notre époque a réellement fait pour le progrès humain. L'un constate à notre époque, agitation, méfiance de l'autorité, mise en question des fondements de toutes les institutions sociales et des méthodes depuis longtemps établies — caractéristiques qui, pour lui, attestent une décadence de l'unité sociale, un affaissement de principes autrefois honorés, qu'il regarde comme les seules règles possibles de conduite. Un autre, d'un tempérament différent, nous dépeint l'âge d'or dans un avenir prochain, lorsque la science nouvelle aura été diffusée dans le peuple, quand les notions modernes d'humanité qui, à son avis, prennent partout racine, auront définitivement remplacé des coutumes surannées.

Tel éducateur propose ce qu'un autre combat. « Nous voulons plus de piété » crie l'un ; « il nous en faut moins » réplique un autre. « L'intervention de l'État dans les heures de travail est absolument nécessaire » déclare un troisième ; « elle détruira toute initiative individuelle et toute indépendance » réplique un quatrième. « Le salut du pays dépend de l'instruction technique de sa population ouvrière » est le cri d'un parti ; « l'enseignement technique est simplement un moyen par lequel l'employeur rejette sur la nation les dépenses nécessaires pour se procurer à lui-même de meilleures machines humaines » répond bien vite le parti adverse. « Nous manquons d'œuvres charitables » disent quelques-uns. « Toute charité privée est une anomalie, un gaspillage des ressources de la nation et un appauvrissement de ses membres » répliquent d'autres. « Encouragez les recherches scientifiques, et nous connaissons la vérité quand et où il est possible de l'affirmer » ; mais l'opinion contraire est proche : « Encourager les recherches, c'est simplement encourager la recherche d'encouragements ; le véritable homme de science n'est point arrêté par la pauvreté : si la science est utile, elle fera ses frais ». Ce ne sont là que quelques exemples du conflit d'opinion qui crépite autour de nous. La pointe de la conscience et l'aiguillon bien aiguisé de la sympathie ont provoqué une surprenante agitation dans notre génération, et cela à une époque où le progrès de la connaissance positive a remis en question beaucoup de vieilles coutumes et d'anciennes autorités. Parmi les remèdes possibles, il est vrai, il en est peu qui n'aient pas de chance d'être admis à faire leur preuve. On dépense de fortes sommes d'argent pour toutes sortes de desseins charitables, pour l'assistance du peuple, pour l'instruction technique, et même pour une instruction plus élevée — bref, pour des mouvements religieux, semi-religieux

ou non religieux de tous genres. De ce chaos il devrait finalement sortir quelque chose de bon ; mais comment préserver le bien du danger qui naît, trop souvent, d'une appropriation mal déterminée, ou même indéterminée, des ressources que la nation a épargnées par le dur labeur passé, ou peut se procurer en faisant traite sur l'avenir ?

La responsabilité des individus, surtout quant à l'emploi de la richesse, est grande, si grande que nous constatons une tendance croissante de l'État à intervenir dans l'administration de la charité privée et à réglementer les grandes institutions d'enseignement, encouragées dans le passé par la bienfaisance particulière ou semi-publique. Mais cette tendance à rejeter la responsabilité de l'individu sur l'État ne fait réellement que la rejeter sur la conscience sociale des citoyens considérée comme un tout — la « conscience collective » (*tribal-conscience*) suivant l'expression du professeur Clifford. L'intervention de plus en plus large, tant du pouvoir local que du pouvoir central, laisse peser une responsabilité croissante sur l'individu. Celui-ci est placé en face des opinions les plus hostiles et des clameurs des partis les plus divers. De nos jours, l'État est devenu le plus grand employeur, le plus important dispensateur de la charité, et par-dessus tout, le maître d'école ayant l'école la plus considérable de la communauté. Directement ou indirectement, le citoyen doit trouver quelque solution aux innombrables problèmes éducatifs et sociaux d'aujourd'hui. Il a besoin de quelque guide dans la détermination de sa propre action ou dans le choix de représentants capables. Il est jeté au milieu d'une masse effrayante de problèmes relatifs à l'éducation ou à l'ordre social ; si sa « conscience collective » n'est point embroussaillée, il sent que ces problèmes ne doivent pas être résolus, — autant qu'il est en son pouvoir de les résoudre, — d'après ses propres

intérêts personnels, d'après ses espérances individuelles de profit ou de perte. Il est appelé à se former un jugement personnel, si possible d'après ses sentiments et ses émotions propres, — par quoi il atteint une conception des intérêts de la société dans son ensemble. Ce peut être une chose difficile pour un grand industriel de se former un jugement sûr à propos des questions de législation du travail, ou, pour le maître d'école privé, d'apprécier avec netteté les problèmes de l'enseignement public. Néanmoins nous devons probablement tous admettre que, pour le bien social, la conscience collective doit être plus forte que l'intérêt privé et que le citoyen *idéal*, s'il existait, se formerait un jugement libéré de toute tendance personnelle.

## § 2. — LA SCIENCE ET LE CIVISME

Ce jugement — si nécessaire à notre époque, étant donné les ardents conflits des opinions individuelles et la responsabilité croissante du citoyen — comment se peut-il former? En premier lieu, il est évident qu'il ne peut être basé que sur une connaissance claire des faits, une appréciation de leurs conséquences et de leurs significations relatives. Les faits une fois classés et compris, le jugement dont ils forment le point de départ doit être indépendant de l'esprit qui les examine. N'est-il pas une autre sphère, en dehors de ce civisme idéal, dans laquelle on applique habituellement la méthode de classification des faits et les procédés de formation des jugements qui en dérivent? Si cette sphère existe, elle ne peut manquer de suggérer des moyens d'éliminer les tendances personnelles; elle doit fournir les meilleurs principes pour l'exercice des droits de citoyen. Le classement des faits et la formation de jugements absolus sur la base de ce classement — jugements indépendants des idiosyncrasies

de l'esprit individuel — résumant essentiellement le *but et la méthode de la science moderne*. Par-dessus tout l'homme de science doit s'astreindre à faire abstraction de sa personnalité dans ses jugements, à fournir des arguments aussi vrais pour tout autre esprit que pour le sien propre. *La classification des faits, la constatation de leurs séquences et de leur signification relative, telle est la fonction de la science*; l'habitude de se former un jugement basé sur ces faits, indépendant du sentiment personnel, est caractéristique de ce qu'on peut appeler la disposition scientifique de l'esprit. La méthode scientifique d'examen des faits n'est pas particulière à une classe de phénomènes et à une catégorie de travailleurs; elle est applicable aux problèmes sociaux aussi bien qu'aux problèmes physiques: il faut nous garder soigneusement de supposer que la disposition scientifique de l'esprit soit une particularité du savant professionnel.

Or, cette disposition d'esprit me semble un des points essentiels du bon exercice des droits civiques; des diverses façons dont on puisse l'acquérir, il en est peu où il ne suffise d'étudier soigneusement une branche quelconque des sciences de la nature. Le sens profond de la méthode et l'habitude de la recherche impassible qui résultent de l'habitude du classement scientifique, même d'un petit nombre de faits naturels, donnent à l'esprit un pouvoir inappréciable pour traiter à l'occasion d'autres catégories de faits<sup>1</sup>. L'étude

1. S'élever contre la spécialisation dans l'éducation est mal interpréter le but de l'éducation. Le but véritable du maître est d'impartir une exacte appréciation de la méthode, et non la connaissance des faits. On est moins loin d'atteindre ce but si l'on concentre l'attention de l'étudiant sur un petit nombre de phénomènes, que si on lui fait passer une revue rapide et superficielle des vastes domaines du savoir. Personnellement je n'ai gardé aucun souvenir d'au moins 90 p. 100 des *faits* qui me furent enseignés à l'école, mais les notions de *méthode* que je dois à mon professeur de grammaire grecque (*grammaire* dont j'ai depuis longtemps oublié le contenu) demeurent, à mon sens, la partie efficace, pour la vie, de mon équipement scolaire.

patiente et persistante de quelque branche des sciences de la nature est, même à notre époque, à la portée d'un grand nombre de personnes. Dans quelques-unes de ces branches, un petit nombre d'heures d'étude par semaine, sérieusement observées pendant deux ou trois années, suffirait, non seulement pour donner une vision pénétrante de la méthode scientifique, mais permettrait aussi à l'étudiant de devenir observateur soigneux et peut-être investigateur original dans le cadre qu'il se serait fixé, ajoutant à sa vie un charme nouveau, une source insoupçonnée d'enthousiasme. L'importance d'une juste appréciation de la méthode scientifique est si grande, que l'on pourrait avec raison, je crois, demander à l'État de placer l'éducation scientifique à la portée de tous les citoyens. En fait, nous devrions regarder avec une méfiance extrême les grosses dépenses publiques pour des institutions techniques ou similaires, si l'enseignement manuel qu'on se propose d'y donner n'est point accompagné d'un enseignement suffisant de science pure. L'habitude scientifique de l'esprit est une habitude que tout le monde peut acquérir; les moyens les plus simples de la prendre doivent être placés à la portée de tous.

Le lecteur notera avec soin que je vante seulement l'habitude scientifique de l'esprit et que je suggère une des nombreuses méthodes à l'aide desquelles on la peut cultiver. Je n'entends nullement affirmer que l'homme de science est nécessairement un bon citoyen, ou que son jugement sur les questions politiques ou sociales sera certainement digne de valeur. De ce qu'un homme s'est fait un nom dans les sciences de la nature, il ne s'ensuit nullement que ses jugements seront nécessairement sains sur des problèmes tels que le Socialisme, le Home Rule, ou la Critique de la Bible. Ils seront sains ou non suivant la manière dont il aura transporté sa méthode scientifique dans ces domaines. Il doit

avoir classé et apprécié convenablement les faits qu'il a observés, avoir été guidé dans ses jugements par ces faits et non pas par un sentiment personnel ou des tendances de classe. Je veux insister sur ceci, que l'habitude scientifique de l'esprit est essentielle pour le bon exercice des droits civiques; je ne prétends pas que l'homme de science soit un sûr politicien.

### § 3. — LA PREMIÈRE PRÉTENTION DE LA SCIENCE

J'ai parcouru en quelque sorte un cercle pour parvenir à ma définition de la science et de la méthode scientifique. Mais je l'ai fait sciemment car, dans l'esprit de notre époque — esprit plein de santé, — nous sommes accoutumés à interroger toutes choses et à chercher la raison de leur existence. La seule raison que l'on puisse donner pour le maintien de toute institution sociale ou de toute forme de l'activité humaine — je ne cherche pas comment les formes actives ont existé, ce qui relève de l'histoire, mais pourquoi nous continuons à encourager leur existence — git en ceci : leur existence tend à favoriser le bien-être de la société humaine, à accroître le bonheur social, ou à affermir la stabilité sociale. Dans l'esprit de notre époque nous sommes amenés à rechercher la valeur de la science, à demander de quelle façon elle accroît le bonheur de l'humanité ou favorise l'efficacité sociale. Nous devons justifier l'existence de la science moderne, ou tout au moins ses appels considérables et croissants au Trésor national. En dehors de l'accroissement de confort physique, à côté du plaisir intellectuel que la science moderne procure à la communauté — points sur lesquels on a souvent et bruyamment insisté et sur lesquels je reviendrai brièvement plus tard — il existe une autre et plus essentielle justification du

temps et de l'énergie dépensés dans les travaux scientifiques. Du point de vue de la moralité, ou d'après les rapports existant entre l'individu et les autres membres du même groupe social, nous devons juger chaque activité humaine par son résultat sur la *conduite*. Comment, alors, la science se justifie-t-elle en égard à son influence sur la conduite des hommes en tant que citoyens ? J'affirme que l'encouragement à la recherche scientifique et l'extension de la connaissance scientifique, grâce aux habitudes scientifiques profondément inculquées, produiront un civisme plus efficace et accroîtront ainsi la stabilité sociale. Des esprits entraînés aux méthodes scientifiques sont moins facilement conduits, par un simple appel aux passions ou par une excitation émotive aveugle, à sanctionner des actes qui, finalement, pourraient provoquer un désastre social. En première ligne par conséquent, j'insiste sur le rôle éducatif de la science moderne, et je dirai par exemple :

*La science moderne, en tant qu'elle exerce l'esprit à une analyse exacte et impartiale des faits, est une éducation spécialement propre à déterminer un civisme de bon aloi.*

Ainsi, notre première conclusion sur la valeur de la science, pour ce qui regarde la vie pratique, se rapporte à l'entraînement efficace qu'elle procure quant à la *méthode*. L'homme qui est accoutumé à ordonner des faits, à examiner leurs complexes relations mutuelles et à prédire, d'après le résultat de cet examen, leurs suites inévitables — suites que nous dénommons lois naturelles, et qui valent autant pour tout esprit normal que pour l'investigateur particulier — un tel homme, nous pouvons l'espérer, transportera sa méthode scientifique dans le champ des problèmes sociaux. Il se contentera avec peine de simples exposés superficiels, de vagues appels à l'imagination, aux émotions, aux préjugés individuels. Il demandera un haut degré de raison-

nément, une vue claire des faits et de leurs résultats ; et ses exigences ne peuvent manquer de tourner au bénéfice de la communauté dans son ensemble.

#### § 4. — L'ESSENTIEL DE LA VÉRITABLE SCIENCE

Le lecteur devrait à mon gré se rendre bien compte que la science se justifie par ses méthodes, en dehors de toute connaissance utile qu'elle soit susceptible de procurer. Nous sommes trop enclins à oublier ce côté purement éducatif de la science, au regard de la grande valeur de ses applications pratiques. Trop souvent l'on allègue que la science est une *connaissance utile*, tandis que la philologie et la philosophie sont supposées n'avoir que peu de valeur utilitaire ou commerciale. La science, en effet, nous enseigne souvent des faits d'importance primordiale pour la vie pratique ; cependant — non pour cette raison, mais bien parce qu'elle nous conduit à des classements et à des systèmes indépendants de la pensée individuelle, à des conséquences et à des lois qui ne laissent aucun terrain sportif à la fantaisie individuelle, — nous devons priser l'éducation par la science et sa valeur sociale plus que la valeur éducative ou sociale de la philologie et de la philosophie.

Là git la première raison — ce n'est d'ailleurs pas la seule — qui justifie la vulgarisation de la science. La forme de science populaire, simple récit des résultats des recherches, qui communique simplement *la connaissance utile*, est de ce point de vue de la mauvaise science, ou même n'est pas du tout de la science. Je recommande au lecteur d'appliquer ce critérium à tout ouvrage se proposant de donner une explication populaire d'une branche quelconque de la science. Si un ouvrage lui donne une description des phénomènes faisant appel à son imagination plutôt qu'à sa

raison, c'est là de la mauvaise science. Le premier objet de tout ouvrage scientifique véritable — et cependant populaire — doit être de présenter un classement des faits tel que l'esprit du lecteur soit irrésistiblement amené à reconnaître une suite logique — une loi qui fasse appel à la raison avant de captiver l'imagination. Soyons tout à fait sûrs que si, dans un ouvrage scientifique, on aboutit à une conclusion qui ne découle pas du classement des faits, ou que l'auteur ne pose pas expressément comme une hypothèse, alors nous avons à faire à de mauvaise science. La bonne science sera toujours intelligible à l'esprit logiquement éduqué, si cet esprit peut entendre et traduire le langage dans lequel la science est écrite. La méthode scientifique est une, la même dans toutes les branches, et cette méthode est la méthode de tous les esprits logiquement préparés. A cet égard les grandes œuvres classiques de la science sont souvent les plus intelligibles des livres; ils sont alors bien plus dignes d'être lus que leurs vulgarisations écrites par des hommes ayant une connaissance moindre de la méthode scientifique. Des œuvres telles que *l'Origine des espèces* et la *Descendance de l'Homme* de Darwin, les *Principes de géologie* de Lyell, les *Sensations du son* de Helmholtz, ou *Hérédité naturelle* de Galton, peuvent être lus avec profit et généralement compris par ceux qui ne sont pas spécialement instruits dans les branches de la science dont traitent ces ouvrages<sup>1</sup>. On peut avoir besoin de quelque patience pour interpréter les termes scientifiques, pour apprendre le langage de la science mais, comme dans la plupart des cas où l'on doit apprendre un nouveau langage, la comparaison des passages où apparaît

1. La liste peut être aisément augmentée : par exemple, la *Dissertation anatomique sur le mouvement du cœur et du sang* de Harvey, et les *Recherches expérimentales* de Faraday.

le même mot ou le même terme conduira bientôt à une appréciation exacte de sa véritable signification. En matière de langage les sciences descriptives naturelles, telles que la géologie ou la biologie, sont plus facilement accessibles au profane que les sciences exactes, comme l'algèbre ou la mécanique, où le mode de raisonnement doit être souvent habillé de symboles mathématiques dont l'interprétation exacte peut demander des mois, si ce n'est des années, d'étude. Je me propose de revenir plus tard sur cette distinction entre les sciences descriptives et les sciences exactes, lorsque nous nous occuperons de la classification des sciences<sup>1</sup>.

Je ne voudrais pas que le lecteur supposât que, dans ma pensée, la simple lecture de quelque ouvrage scientifique marquant fera naître l'habitude scientifique de l'esprit. J'émets seulement l'avis qu'elle donnera un aperçu de la méthode scientifique et une appréciation de sa valeur. Ceux qui peuvent accorder de façon continue quelque quatre ou cinq heures par semaine à l'étude consciencieuse d'une branche limitée de la science progresseront, dans l'espace d'une année ou deux, beaucoup plus que le simple lecteur. L'amateur studieux n'est pas obligé de rechercher telle branche d'études qui lui procure des faits utiles pour sa profession ou son occupation dans la vie. Il importe peu, en effet, pour le but que nous avons en vue en ce moment qu'il cherche à être versé dans la géologie, la biologie, la géométrie, la mécanique ou même l'histoire ou le folklore, si ces sciences sont étudiées de façon scientifique. Ce qui est nécessaire c'est la connaissance *complète* d'un petit groupe de faits, la reconnaissance de leurs relations mutuelles, et des formules ou des lois qui expriment scientifiquement leurs consécutives. C'est de cette façon, que

1. Dans la seconde partie.

l'esprit s'imprègne de la méthode scientifique, et se libère des tendances individuelles dans la formation des jugements — ce qui est, comme nous l'avons vu, une des conditions du parfait exercice des droits civiques. Cette première prétention de l'éducation scientifique, son enseignement de la méthode, est, pour moi la prétention la plus puissante qu'elle ait à soutenir. Je crois que l'on gagnera davantage en plaçant l'enseignement de la science pure à la portée de tous les citoyens, qu'en ouvrant un grand nombre d'écoles techniques, consacrées à l'enseignement technique, lequel ne s'élèvera pas au-dessus du niveau de l'enseignement manuel.

### § 5. — L'OBJET DE LA SCIENCE

Le lecteur sentira peut-être que j'attache de l'importance à la *méthode* aux dépens de son contenu matériel. C'est une particularité de la méthode scientifique que, lorsqu'elle est devenue une habitude de l'esprit, l'esprit fait tourner vers la science *tous* les faits. Le domaine de la science est illimité; ses matériaux sont infinis: tout groupe de phénomènes naturels, toute phase de la vie sociale, tout stade du développement passé ou présent est matière scientifique. *L'unité de toute science consiste seulement dans sa méthode, et non dans ses matériaux.* — L'homme qui classe les faits d'une façon quelconque, qui voit leurs relations mutuelles et décrit leurs consécutions, qui applique la méthode scientifique; c'est un homme de science. Les faits peuvent appartenir à l'histoire passée de l'humanité, aux statistiques sociales de nos grandes cités, à l'atmosphère des étoiles les plus éloignées, aux organes digestifs d'un ver, ou bien à la vie d'un bacille à peine visible. Ce ne sont pas les faits eux-mêmes qui font la science, mais la méthode à l'aide de laquelle elle les traite. La matière de la science s'étend à

tout l'univers physique, non seulement à cet univers tel qu'il existe actuellement, mais encore à son histoire passée et à l'histoire passée de toute vie qui est en lui. Lorsque chaque fait, chaque phénomène présent ou passé de cet univers, chaque stade de la vie présente ou passée qui est en lui, a été examiné, classé, et coordonné avec les autres, alors la mission de la science est achevée. Qu'est-ce à dire, si ce n'est que la tâche de la science ne sera terminée que lorsque l'homme cessera d'exister, lorsque l'histoire ne se fera plus, que son développement cessera ?

La science a fait de telles enjambées dans les deux derniers siècles, notamment dans les cinquante dernières années, que l'on pourrait se croire à même de prévoir le jour où pratiquement son œuvre serait accomplie. Au commencement du XIX<sup>e</sup> siècle, il était possible à un Alexandre de Humboldt d'étendre son regard sur le domaine entier de la science d'alors. Une telle vue serait impossible pour un homme de science, à l'heure actuelle, même s'il était doué de plus de puissance que Humboldt. A peine quelque spécialiste de nos jours possède-t-il réellement l'œuvre accomplie dans son domaine relativement restreint. Les faits et leur classification ont été tellement accumulés, que personne ne semble avoir eu le loisir de rechercher les relations existant entre les sous-groupes et l'ensemble. C'est comme si des travailleurs isolés d'Europe et d'Amérique, apportaient leurs pierres pour une grande construction, les empilaient, les cimentaient ensemble sans avoir égard au plan général ou à l'œuvre de leurs voisins ; c'est seulement à l'endroit où quelqu'un a placé une grande pierre d'angle que l'on regarde et, sur cette fondation plus ferme, le bâtiment s'élève plus rapidement que sur les autres points, jusqu'à ce qu'il atteigne une hauteur où l'on s'arrête parce qu'il manque de soutien sur les côtés. Cependant ce grand

édifice, dont les proportions sont hors de la vue de tout homme en particulier, possède de lui-même une unité et une symétrie, malgré son mode hasardeux de construction. Cette symétrie et cette unité reposent sur la méthode scientifique. Les plus petits groupes de faits, s'ils sont convenablement classés et logiquement traités, formeront une pierre qui a sa place déterminée dans le grand édifice de la science, place complètement indépendante de l'ouvrier particulier qui l'a façonnée. Même lorsque deux hommes travaillent à leur insu à la même pierre, chacun d'eux ne fera que modifier et corriger seulement les angles formés par l'autre. En face de l'énorme progrès de la science moderne lorsque, dans tous les pays civilisés, nous voyons des hommes appliquer la méthode scientifique à des faits naturels, historiques ou mentaux, nous devons admettre que le terme de la science est et doit être infiniment éloigné.

Car, remarquons-le, quand à l'aide d'une classification suffisante, quoique partielle, des faits on a découvert un principe simple, qui décrit les relations et les séquences dans ce groupe de faits, alors ce principe, ou cette loi, conduit généralement à la découverte, dans le même champ ou dans des champs contigus<sup>1</sup>, d'une suite encore plus longue de phénomènes jusqu'alors négligés. Tout grand progrès de la science ouvre nos yeux à des faits que nous avons négligé d'observer auparavant et provoque de nouveaux appels à nos pouvoirs d'interprétation. Cette diffusion de la matière de la science dans des régions où nos arrière-grands-pères ne pouvaient rien voir, ou bien dans lesquelles ils avaient déclaré la connaissance humaine impossible, est un des

1. Par exemple, quand dans les deux dernières décades la théorie de la lumière et du magnétisme a avancé par bonds et par sauts, nous avons en même temps découvert une longue suite de nouveaux phénomènes, dont nous n'avions pas connaissance auparavant.

traits les plus remarquables du progrès moderne. Alors qu'ils se bornaient à interpréter le mouvement des planètes de notre propre système, nous étudions la composition chimique des étoiles, dont beaucoup n'existaient pas pour eux, leurs télescopes ne leurs permettant pas de les apercevoir. Là où ils découvraient la circulation du sang, nous voyons dans le sang les conflits physiques de poisons vivants, dont les luttes eussent passé à leurs yeux pour des absurdités. Là où ils trouvaient le vide et où, à leur satisfaction, ils démontraient avec une certaine probabilité qu'il y avait le vide, nous concevons de grands systèmes animés de mouvements rapides, capables de transporter de l'énergie à travers des murs de brique, de même que la lumière passe à travers le verre. Le progrès de la connaissance scientifique a été aussi considérable, sinon plus, que ne l'a été le développement de la matière dont elle traite. Le but de la science est bien visible — ce n'est rien moins que l'interprétation complète de l'univers. Toutefois ce but est idéal — il marque la *direction* vers laquelle nous nous dirigeons et nous peinons, mais non un point que nous puissions en fait atteindre. L'univers s'étend toujours au-delà de notre coin particulier : nous apprenons à le comprendre.

#### § 6. — SCIENCE ET MÉTAPHYSIQUE

Je veux maintenant attirer l'attention du lecteur sur deux résultats qui découlent des considérations précédentes, à savoir : que la matière de la science s'étend à toute la vie physique et intellectuelle de l'univers et, en outre, que les limites de notre perception de l'univers ne sont qu'apparentes et non réelles. Il n'y a aucune exagération à dire que l'univers n'était pas pour nos arrière-grands-pères le même que pour nous, et que, selon toute probabilité, il sera

plus tard différent pour nos arrière-petits-fils. L'univers est une quantité variable, qui dépend de l'acuité et de la conformation de nos organes des sens, et aussi de l'excellence de nos moyens et de nos instruments d'observation. Nous apprécierons plus loin la valeur considérable de cette dernière remarque, lorsque nous en serons à examiner de façon plus précise, dans un autre chapitre, comment l'univers n'est qu'une construction de chaque esprit particulier. Pour l'instant, il nous faut ajouter quelques mots à la précédente remarque relative au champ illimité de la science. Dire qu'il existe certains domaines — par exemple la métaphysique — d'où la science est exclue, où ses méthodes ne s'appliquent pas, c'est dire simplement que les règles de l'observation méthodique et les lois de la pensée logique ne s'appliquent pas aux faits, s'il y en a, qui se trouvent dans ces domaines. Ces domaines, s'ils existent, doivent être relégués en dehors de toute définition intelligible du mot *connaissance*. S'il y a des faits, et des séries observables parmi ces faits, alors toutes les conditions de la classification scientifique et de la connaissance sont remplies. S'il n'y a pas de faits, ou si l'on ne peut observer parmi eux aucune suite régulière, alors la possibilité d'une connaissance *quelconque* disparaît. Le postulat le plus important de la vie de chaque jour — inférence que les métaphysiciens prétendent être tout à fait en dehors de la science — à savoir, que les autres êtres ont une conscience aussi bien que nous-mêmes, — nous semble avoir juste autant, ou aussi peu, de valeur *scientifique* que l'affirmation d'après laquelle une pomme tomberait encore sur le sol, si on la transportait sur la planète d'une autre étoile. Les deux assertions dépassent l'ordre de la démonstration expérimentale. Mais affirmer, sous certaines conditions, l'uniformité des caractéristiques de la « matière » cervicale, semble aussi

peu scientifique que d'affirmer l'uniformité des caractéristiques de la « matière » stellaire. Les deux assertions ne sont que des hypothèses de travail et ne sont dignes de valeur qu'autant qu'elles simplifient notre description de l'univers. Cependant les dévôts de la science et de la métaphysique insistent souvent les uns et les autres, et sans inconséquence, sur la distinction que comportent ces affirmations hypothétiques. Si nous prenons un groupe quelconque de faits physiques ou biologiques — par exemple les phénomènes électriques, ou bien le développement de l'œuf — quoique physiciens et biologistes puissent différer sur quelque point dans leurs mesures ou dans leurs hypothèses, nous constatons cependant que les maîtres de chaque science particulière sont pratiquement d'accord entre eux sur les principes fondamentaux et sur leurs conséquences. Un accord semblable, bien qu'encore moins complet, s'établit de façon rapide dans les sciences sociales et les sciences psychiques où les faits sont plus difficiles à classer et où l'influence de l'opinion individuelle est beaucoup plus forte. Cependant notre classification plus complète des faits du développement de l'humanité, notre connaissance plus exacte de l'histoire antérieure des sociétés humaines, des coutumes primitives, des lois et des religions, notre application à l'homme et à ses communautés du principe de la sélection naturelle, convertissent l'anthropologie, le folklore, la sociologie et la psychologie en de véritables sciences. Nous commençons à voir des liaisons incontestables à la fois dans le groupe des faits mentaux et dans celui des faits sociaux. Les causes qui favorisent la grandeur ou la décadence des sociétés humaines deviennent plus sensibles et sont davantage l'objet de recherches scientifiques. Ainsi, les faits mentaux et les faits sociaux ne sont pas en dehors de l'ordre de traitement scientifique mais, pour des raisons qui tom-

ti  
du

bent sous le sens, leur classification n'a été ni si complète, ni si impartiale, que celle des phénomènes physiques ou biologiques.

Le cas est tout à fait différent pour la métaphysique et pour les autres branches supposées de la connaissance humaine qui entendent être soustraites au contrôle scientifique<sup>1</sup>. Ou bien elles sont basées sur une classification exacte des faits, ou bien elles ne le sont pas. Mais si leur classification des faits était exacte, l'application de la méthode scientifique devrait conduire ceux qui l'enseignent à des systèmes pratiquement identiques. L'une des idiosyncrasies des métaphysiciens git en ceci : chaque métaphysicien a son propre système qui, dans une large mesure, exclut celui de ses prédécesseurs et collègues. De là nous concluons que les métaphysiques sont bâties sur l'air ou sur des sables mouvants, soit qu'elles ne soient point fondées sur des faits, soit que la superstructure en ait été élevée avant qu'on lui ait assuré une base dans la classification exacte des faits. Je veux insister spécialement sur ce point. Il n'existe aucun raccourci pour atteindre la vérité, aucun chemin pour acquérir une connaissance exacte de l'univers, en dehors du portail qu'ouvre la méthode scientifique. Le sentier pénible et pierreux du classement des faits, et du raisonnement sur ces faits, est la seule voie qui mène à la vérité. C'est la raison, et non l'imagination, qui en fin de compte doit être prise à témoin. Le poète peut

1. Il est peut-être impossible de définir de façon satisfaisante le mot métaphysicien, mais le sens que l'auteur attache à ce terme s'éclaircira par la suite. On l'emploie ici pour désigner une catégorie d'écrivains, tels que parmi les plus connus : Kant, dans sa dernière période de non-criticisme (celle où il découvrit que l'univers a été créé en vue de constituer une sphère d'action morale !), les post-kantiens (notamment Hegel et Schopenhauer), et leurs nombreux disciples anglais, qui « expliquent » l'univers sans même avoir une connaissance élémentaire de la science physique.

nous donner, dans un langage sublime, une explication de l'origine et du but de l'univers, mais finalement il ne satisfera pas notre jugement esthétique, notre idée de l'harmonie et de la beauté, comme le feraient le petit nombre des faits que l'homme de science se hasarde à nous exposer dans le même champ. L'un sera d'accord avec toutes nos expériences du passé et du présent ; l'autre est certain, tôt ou tard, de contredire notre observation parce qu'il propose un dogme, là où nous sommes encore loin de connaître l'entière vérité. Notre jugement esthétique réclame une harmonie entre la représentation et ce qui est représenté ; à cet égard, la science est souvent plus artistique que l'art moderne.

Le poète est une valeur dans la communauté, car on sait qu'il est poète ; sa valeur s'accroîtra lorsqu'il acquerra, par la science, une vue plus pénétrante de la nature. Le métaphysicien est un poète, souvent un très grand poète, mais malheureusement on ne le voit pas sous cet aspect, parce qu'il s'efforce d'habiller sa poésie avec le langage de la raison, par quoi il peut devenir un membre dangereux de la communauté. A l'heure actuelle, le danger que les dogmes métaphysiques soient susceptibles de faire obstacle à la recherche scientifique n'est peut-être pas très grand. Il y eut un jour où la philosophie hégélienne menaçait d'étrangler la science naissante en Allemagne ; — qu'elle commence à languir à Oxford, cela prouve qu'elle est pratiquement morte dans le pays de sa naissance. Il y a eu un moment où des dogmes philosophiques et théologiques de toute sorte pouvaient retarder pendant des générations le progrès de l'investigation scientifique. Il n'existe maintenant aucune restriction à la recherche, dans aucun domaine, ou à la publication de la vérité lorsque celle-ci a été atteinte. Mais il y a néanmoins un danger que nous ne pou-

vons pas nous permettre de mépriser, un danger qui retarde la diffusion de la connaissance scientifique parmi ceux qui sont peu éclairés, et qui flatte l'obscurantisme en discréditant la méthode scientifique. C'est une certaine école de pensée, qui trouve trop fatigant le laborieux procédé par lequel la science atteint la vérité ; le tempérament de cette école est tel qu'il réclame un raccourci commode pour atteindre la connaissance, là où la connaissance ne peut être acquise, si l'on y parvient, que par le travail long et patient — peut-être pendant plusieurs siècles — d'un grand nombre de travailleurs. A l'heure actuelle, l'humanité demeure ignorante sur bien des points ; le parti honnête est, pour nous, de confesser simplement notre ignorance. Cette ignorance peut provenir de l'absence d'une classification convenable des faits, ou bien de ce que les faits supposés sont eux-mêmes inconsistants, sont des créations irréelles d'esprits non exercés. Mais parce que cette ignorance est franchement admise par la science, on essaie de barrer les champs inexplorés comme un sol que la science ne peut pas cultiver avec profit, de les enclore comme une chasse gardée que la science n'a point à violer. Là où la science a réussi à certifier la vérité, là, d'après l'école à laquelle nous avons fait allusion, se trouvent les « problèmes légitimes de la science ». Là où la science est encore ignorante, là, nous dit-on, sa méthode est inapplicable ; là règne quelque autre rapport que celui de cause et d'effet (ou que la série qui se reproduit toutes les fois que l'on groupe les phénomènes de la même façon), là prévalent quelques liens de parenté nouveaux mais non définis. Sur ces territoires, nous dit-on, les problèmes deviennent philosophiques et ne peuvent être traités que par la méthode de la philosophie. La méthode philosophique est opposée à la méthode scientifique ; et c'est ici, je pense, que surgit le danger auquel j'ai fait allusion.

Nous avons défini la méthode scientifique comme consistant dans la classification ordonnée des faits, suivie par la reconnaissance de leurs liaisons et de leurs récurrences. Le jugement scientifique est le jugement fondé sur cette reconnaissance et libre de toute tendance personnelle. Si c'était là la méthode philosophique, il n'y aurait nul besoin d'une discussion plus approfondie, mais comme on nous dit que le sujet de la philosophie ne rentre pas dans les « problèmes légitimes de la science », les deux méthodes ne sont vraisemblablement pas identiques. En effet la méthode philosophique nous semble basée sur une analyse qui ne débute pas par le classement des faits, mais qui forme ses jugements d'après un mode obscur de méditation intérieure. Elle est donc dangereusement soumise à l'influence des tendances personnelles ; il en résulte, comme le montre l'expérience, un nombre illimité de systèmes contradictoires qui entrent en compétition. Quand différents individus approchent la même série de faits<sup>1</sup>, la méthode dite philosophique ne peut entraîner, comme la méthode scientifique, l'unanimité pratique du jugement : voilà pourquoi la science, plutôt que la philosophie, procure la meilleure éducation civique moderne.

#### § 7. — L'IGNORANCE DE LA SCIENCE

Il ne faudrait pas supposer que la science nie un seul instant l'existence de quelques-uns des problèmes classés jusqu'ici comme philosophiques ou métaphysiques. Au contraire, elle reconnaît qu'une grande variété de phénomènes

1. Cette déclaration ne nie en aucune façon l'existence, dans la science, d'un grand nombre de questions à discuter, de problèmes non résolus ; mais le véritable savant *admet* qu'ils ne sont pas résolus. En règle générale ils se trouvent juste à la frontière de la connaissance et de l'ignorance, là où les pionniers de la science avancent dans une contrée déserte et rude.

physiques et biologiques conduisent directement à ces problèmes. Mais elle affirme que les méthodes appliquées jusqu'ici à ces problèmes ont été inutiles, parcequ'elles n'ont point été scientifiques. Les classifications de faits construites jusqu'ici par les bâtisseurs de systèmes ont été désespérément insuffisantes ou pleines de préjugés. Jusqu'à ce que l'étude scientifique de la psychologie, à la fois par l'observation et par l'expérience, ait immensément progressé hors de ses limites actuelles — et cela peut exiger le travail de plusieurs générations — la science ne peut que répondre à la grande majorité des problèmes « métaphysiques » : « Je ne sais pas ». Pendant ce temps, il est insensé d'être impatient ou bien de se livrer à la construction de systèmes. Il faudra que la classification prudente et laborieuse des faits ait progressé beaucoup plus qu'aujourd'hui avant que le temps soit venu de tirer des conclusions.

La science se trouve maintenant, à l'égard des problèmes de la vie et de l'esprit, à peu près dans la position où elle se trouvait vis-à-vis des problèmes cosmiques du xvii<sup>e</sup> siècle. Les bâtisseurs de systèmes étaient alors les théologiens, qui déclaraient que les problèmes cosmiques n'étaient pas « des problèmes légitimes de la science ». Galilée affirma en vain que la classification des faits des théologiens était radicalement inadéquate aux faits. Dans une assemblée solennelle, ils formulèrent la proposition suivante :

« *La doctrine que la terre n'est ni le centre de l'univers ni immobile, et même qu'elle se meut d'un mouvement rotatoire quotidien, est absurde et fausse, théologiquement et philosophiquement ; à tout le moins elle constitue une erreur de foi* »<sup>1</sup>

Il fallut près de deux cents ans pour convaincre la tota-

1. « *Terram non esse centrum Mundi, nec immobilem, sed moveri motu tiam diurno, est item propositio absurda, et falsa in Philosophia, et*

lité du monde théologique que les problèmes cosmiques étaient des problèmes légitimes de la science et de la science seule ; car en 1819, les livres de Galilée, Copernic et Képler étaient encore à l'index ; ce ne fut qu'en 1822 que parut un décret permettant aux livres qui enseignaient le mouvement de la terre autour du soleil d'être imprimés et publiés à Rome !

J'ai cité cet exemple mémorable de l'absurdité qu'il y a à essayer de parquer la science dans une région limitée de la pensée, parce qu'il me paraît excellemment suggestif de ce qui arrivera encore si l'on fait une tentative quelconque, philosophique ou théologique, pour délimiter « les problèmes légitimes de la science ». Là où il y a la plus petite possibilité pour l'esprit humain de *savoir*, là se pose un problème légitime de la science. En dehors du domaine de la connaissance actuelle, il ne peut y avoir qu'une région d'opinions vagues et d'imaginations à laquelle, trop souvent malheureusement, les hommes accordent plus de respect qu'à la connaissance, encore cette prééminence va-t-elle en s'affaiblissant.

Ici nous devons examiner d'un peu plus près ce que l'homme de science veut dire lorsqu'il déclare : « là j'ignore. » En premier lieu, il ne veut pas dire que la méthode de la science est forcément inapplicable et que, par conséquent, on en doit chercher une autre. Puis, si l'ignorance provient réellement de l'insuffisance de la méthode scientifique, nous pouvons être tout à fait assurés qu'aucune autre méthode n'atteindra la vérité. L'ignorance de la science veut dire l'ignorance forcée de l'humanité. Je serais moi-même très fâché d'affirmer qu'il n'y a aucun domaine des perceptions soit physiques, soit mentales, que la science ne puisse

*theologicæ considerata ad minus erronea in fide.* » (Congrégations des Prélats et des Cardinaux, 22 juin 1633).

éclairer dans la longue suite des siècles. Qui peut nous donner l'assurance que les territoires déjà occupés par la science sont les seuls où la connaissance soit possible? Qui, suivant le mot de Galilée, « fixera dès à présent les limites de l'intelligence humaine »? Il est vrai que cette manière de voir n'est pas celle de plusieurs des principaux savants de l'Angleterre et de l'Allemagne. Ils ne se contentent pas de dire « nous sommes ignorants », mais ils ajoutent, relativement à certaines classes de faits « l'humanité sera toujours ignorante ». Ainsi en Angleterre le Professeur Huxley a inventé le terme *Agnosticisme*, non pas tant pour ceux qui sont ignorants que pour ceux qui veulent limiter la possibilité de la connaissance dans certains domaines. En Allemagne, le professeur E. du Bois-Reymond a jeté le cri « *Ignorabimus* » « nous ignorerons » ; son frère et lui ont entrepris la tâche difficile de démontrer que, sur certaines questions, la connaissance humaine est impossible<sup>1</sup>. Remarquons d'ailleurs que, pour ces auteurs, il ne s'agit pas des limites de la méthode scientifique ; ils contestent qu'une méthode quelconque puisse conduire à la connaissance. Or, je me hasarderai à émettre l'opinion que ce cri « nous ignorerons » offre un grand danger. Crier « nous ignorons » est sûr et sain ; mais tenter de montrer un avenir illimité d'ignorance semble d'une modestie qui frise le désespoir. Ayant conscience des grandes œuvres du passé et de l'activité actuelle incessante de la science, ne vaut-il pas mieux accepter pour mot d'ordre cette parole de Galilée « qui fixera dès à présent les limites de l'intelligence humaine? » — en l'interprétant à l'aide de ce que l'évolution nous a appris quant au développement ininterrompu du pouvoir intellectuel de l'homme.

1. Voyez spécialement Paul du Bois-Reymond : *Ueber die Grundlagen der Erkenntnis in den exacten Wissenschaften*. Tübingen, 1890.

L'ignorance scientifique, comme je l'ai remarqué (p. 23), peut être due, ou bien à l'insuffisance de la classification des faits, ou bien à la non-réalité des faits que la science a été appelée à traiter. Prenons, par exemple, des œuvres de pensée prééminentes au moyen âge, telles que l'alchimie, l'astrologie, la magie. Au xv<sup>e</sup> siècle personne ne doutait des « faits » de l'astrologie et de la sorcellerie. Les hommes ignoraient comment les étoiles exerçaient leur influence pour le bien ou pour le mal ; ils ne connaissaient pas le procédé mécanique exact par lequel un sorcier faisait devenir bleu tout le lait d'un village. Mais c'était néanmoins pour eux un fait que les étoiles influençaient les vies humaines, et un fait que le sorcier avait le pouvoir de bleuir le lait. Avons-nous résolu les problèmes de l'astrologie et de la magie aujourd'hui ?

Savons-nous aujourd'hui comment les étoiles influencent les vies humaines, ou comment les sorciers bleuissent le lait ? Pas du tout. Nous avons appris à considérer ces faits eux-mêmes comme irréels, comme des imaginations vaines de l'esprit humain non éduqué ; nous avons appris qu'ils ne pouvaient pas être décrits scientifiquement, parce qu'ils contenaient des notions qui étaient en elles-mêmes contradictoires et absurdes. Avec l'alchimie, le cas est quelque peu différent. Ici une mauvaise classification des faits réels était combinée avec des conséquences sans portée — c'est-à-dire des conséquences qui n'étaient point déduites suivant une méthode rationnelle. Aussitôt que la science entra dans le domaine de l'alchimie avec une classification véritable et une bonne méthode, l'alchimie se transforma en chimie et devint une branche importante de la connaissance humaine. On voudra bien reconnaître, je pense, que les territoires de recherche, sur lesquels la science n'a point encore pénétré et à propos desquels l'homme de science

confesse toujours son ignorance, sont très semblables à l'alchimie, à l'astrologie et à la magie du moyen âge. Ou bien ils contiennent des faits qui sont en eux-mêmes irréels — conceptions qui se contredisent et sont absurdes, et par conséquent qui ne peuvent être analysées par la méthode scientifique, ou par toute autre méthode, — ou bien notre ignorance provient d'une insuffisante classification des faits et d'un oubli de la méthode scientifique.

Tel est l'état des choses quand il s'agit des phénomènes mentaux et spirituels qu'on dit hors du domaine particulier de la science ou qui paraissent dédaignés par les hommes de science. Il n'en est pas de meilleur exemple que la série de phénomènes désignée sous le nom de spiritisme. On demande ici à la science d'analyser une série de faits qui sont en grande partie irréels, qui proviennent des imaginations vaines d'esprits non exercés et de tendances ataviques à la superstition. Tant que les faits offrent ce caractère, on ne peut en donner aucune explication, parce que, de même que pour la capacité surnaturelle du sorcier, au fond leur irréalité les rend contradictoires. Ils sont d'ailleurs combinés avec des séries irréelles de faits ; ils ont probablement un autre caractère quand ils sont liés à des conditions hypnotiques et autres, lesquelles sont réelles et ne sont incompréhensibles que parce que jusqu'ici elles n'offrent guère de classification intelligente, ni d'application véritable, de la méthode scientifique. Telle ancienne catégorie de faits, comme l'astrologie, ne sera jamais réduite en lois, elle sera quelque jour reconnue absurde ; telle autre, comme l'alchimie, peut se développer peu à peu et devenir une branche importante de la science. Par conséquent, là où nous sommes tentés de délaisser la méthode scientifique pour la recherche de la vérité, là où le silence de la science suggère qu'il faut rechercher quelque

autre entrée pour aboutir à la connaissance, demandons-nous d'abord si les éléments du problème, dont nous ignorons la solution, ne peuvent après tout, — de même que les faits de sorcellerie —, être le fruit de la superstition et paraître contradictoires ou incompréhensibles parce qu'ils sont irréels.

Si après examen, nous sommes sûrs que les faits ne sont pas susceptibles d'appartenir à cette catégorie, nous devons alors nous rappeler qu'il faut peut-être de longues années de labeur, de recherches de plus en plus pénibles, avant d'obtenir un classement des faits assez complet pour que la science puisse exprimer un jugement définitif sur leurs relations mutuelles. Supposons que l'empereur Charles-Quint ait dit aux hommes instruits de son époque : « Il me faut un système qui me permette d'envoyer en quelques secondes un message à ce nouveau monde que mes marins mettent des semaines à atteindre. Rassemblez-vous et résolvez le problème. » N'eussent-ils pas, indubitablement, répondu que le problème était impossible. Le proposer leur aurait semblé aussi ridicule que, pour les hommes instruits de notre époque, l'idée que la science doit résoudre sur le champ un grand nombre des problèmes de la vie et de l'esprit. Il a fallu des siècles passés à classer et à découvrir de nouveaux faits avant que le câble transatlantique devint une possibilité. L'explication des énigmes psychiques et biologiques auxquelles j'ai fait allusion peut réclamer le même temps ou même un temps plus considérable ; celui qui affirme qu'elles ne pourront jamais être résolues par la méthode scientifique est, à mon sens, aussi téméraire que l'homme du xvi<sup>e</sup> siècle l'eût été s'il avait déclaré totalement impossible que le problème de la conversation à travers l'océan atlantique fût jamais résolu.

## § 8. — LE VASTE CHAMP DE LA SCIENCE

Si j'ai correctement exposé la cause de la science, le lecteur aura reconnu que la science moderne demande plus que la paisible possession de ce que le théologien et le métaphysicien se plaisent à appeler son « domaine légitime ». — Elle demande que l'ensemble des phénomènes, mentaux aussi bien que physiques — l'univers entier — soit son domaine. Elle affirme que la méthode scientifique est la seule entrée dans le champ entier de la connaissance. Le mot science n'est pas pris ici dans un sens étroit : il s'applique à tout raisonnement sur des faits, depuis leur classification exacte jusqu'à l'appréciation de leurs relations et de leurs conséquences. La pierre de touche de la science est la valeur universelle de ses résultats pour tous les esprits normalement constitués et dûment instruits. C'est parce que le brillant des grands systèmes métaphysiques se rouille, lorsqu'ils sont essayés à l'aide de cette pierre de touche, que nous sommes forcés de les classer comme des ouvrages intéressants de l'imagination, et non pas comme des contributions solides à la connaissance humaine.

Quoique la science réclame l'univers entier comme son domaine, il ne faut pas supposer qu'elle a atteint, ou qu'elle pourra jamais atteindre, la connaissance complète dans chacune des parties. Loin de là, elle confesse que son ignorance est encore plus grande que sa connaissance. Cependant, dans cette confession même de l'ignorance, elle trouve une sauvegarde pour le progrès futur. La science ne peut pas accepter que le développement de l'homme soit encore arrêté chaque jour par les barrières que les dogmes et les mythes élèvent autour du territoire qu'elle n'a point

encore occupé de façon effective. Elle ne peut admettre que le théologien ou le métaphysicien, ces Portugais de l'intelligence, établissent un droit de quai sur la rive où notre ignorance présente a accosté et empêchent ainsi la colonisation en temps voulu de vastes continents encore inconnus de la pensée. Dans les mêmes barrières qu'autrefois, la science de nos jours rencontre quelques-uns des plus grands obstacles sur la voie du progrès intellectuel et du perfectionnement social. — C'est le manque de jugement impersonnel, de méthode scientifique et de connaissance exacte des faits, défaut dû en grande partie à une éducation non scientifique, qui rend aujourd'hui la netteté de la pensée si rare, les jugements hasardés et irresponsables si communs dans la masse de nos concitoyens. Cependant, en raison du développement de la démocratie, les citoyens ont à éclaircir des problèmes plus graves qu'aucun de ceux qu'on rencontrés leurs ancêtres depuis les jours de la Révolution.

#### § 9. — LA SECONDE PRÉTENTION DE LA SCIENCE

Jusqu'ici le seul point de vue duquel nous ayons considéré l'appel de la science moderne au citoyen est l'influence *indirecte* qu'elle a sur la conduite, par suite de l'entraînement mental efficace qu'elle procure. Mais nous devons en outre reconnaître que la science peut, à l'occasion, produire des faits liés plus *directement* aux problèmes sociaux que l'une quelconque des théories de l'État proposées par les philosophes depuis Platon jusqu'à Hegel. Je ne peux mieux en montrer la possibilité, qu'en citant quelques-unes des conclusions auxquelles conduit la théorie de l'hérédité élaborée par le biologiste allemand Weismann. La théorie de Weismann confine à la limite de la connaissance

scientifique ; ses résultats sont toujours sujets à discussion, ses conclusions à modification <sup>1</sup>. Mais pour signaler la façon dont la science peut influencer directement la conduite, nous regarderons comme correcte, dès à présent, la conclusion principale de Weismann. Un des traits principaux de sa théorie est que la descendance n'hérite pas des caractères acquis par les parents durant leur vie. Ainsi les habitudes bonnes ou mauvaises acquises par le père ou la mère pendant leur vie ne sont pas héritées par leurs enfants. Les effets de l'entraînement spécial ou de l'éducation des parents n'ont aucune influence directe sur l'enfant avant la naissance. Les parents sont simplement des dépositaires qui transmettent la masse de leurs caractères entremêlés à leur descendance. D'une mauvaise souche il ne peut naître qu'une mauvaise descendance, et si un membre d'une famille défectueuse est, par suite d'une éducation et d'un entraînement particuliers, une exception dans la famille, sa descendance naîtra encore avec l'ancienne tare <sup>2</sup>. Or, cette conclusion de Weismann — si elle est bonne, et tout ce que nous pouvons dire à présent c'est que les arguments en sa faveur sont remarquablement puissants — a une influence

1. Sa théorie de la « continuité du plasma germinal » est à beaucoup d'égards sujette à discussion ; mais sa conclusion concernant les caractères acquis mais non transmis, repose sur un sol plus ferme. Voyez Weismann, *Essays on Heredity and kindred Biological Problems*, Oxford, 1889. On en trouvera une bonne critique dans le chapitre v du livre de C. Ll. Morgan : *Animal Life and Intelligence* ; une critique sommaire dans celui de W. P. Ball : *Are the Effects of Use and Disuse Inherited ?* Le lecteur consultera aussi P. Geddes and J. A. Thomson, *The Evolution of Sex*, et une longue discussion dans *Nature*, vols. XL et XLI (sub indice, Weismann, *Heredity*).

2. La classe sociale, la pauvreté, la localisation font beaucoup pour isoler approximativement les souches, pour grouper les tarés, même dans la civilisation moderne. Le mélange des souches bonnes et mauvaises, dû à la dispersion, n'est pas à recommander, car il abâtardit les bonnes autant qu'il améliore les mauvaises. Ce dont nous avons besoin, c'est d'un obstacle à la fertilité des familles de qualité inférieure, et cela ne peut être obtenu que par de nouvelles habitudes sociales, par de nouvelles conceptions de ce qui est social ou anti-social dans la conduite.

radicale sur notre jugement de la conduite morale de l'individu, et sur les devoirs de l'État ou de la société envers ses membres dégénérés. Aucune race faible et dégénérée ne sera jamais convertie en une race bien portante et saine par les effets accumulés de l'éducation, de bonnes lois, et de bonnes conditions sanitaires environnantes. De tels moyens peuvent rendre passables, sinon robustes, les individus, mais les mêmes procédés devront être appliqués encore et toujours à leur descendance, et cela dans des cercles de plus en plus larges, si la race, par suite des conditions où l'a placée la société, est capable de devenir plus nombreuse. La suspension du processus de la sélection naturelle, qui dans l'antique lutte pour l'existence détruisait les races faibles et dégénérées, peut devenir un réel danger pour la société, si la société se repose seulement sur le changement du milieu pour transformer le mal transmis par hérédité en bien transmissible. Si la société est l'artisan de son propre avenir — si nous devons remplacer les rudes procédés de la nature, qui nous ont élevés jusqu'à notre haut degré actuel de civilisation, par des méthodes plus douces tendant pourtant à l'élimination des incapables — alors, quand nous suivons nos puissants instincts sociaux, nous devons particulièrement prendre garde à ne point affaiblir en même temps la société en facilitant de plus en plus la propagation d'une race défectueuse.

Si les vues de Weismann sont exactes — si l'individu mauvais peut être rendu bon par l'influence de l'éducation et du milieu, mais si une race défectueuse ne peut jamais être améliorée — nous voyons alors quelle grave responsabilité pèse de nos jours sur chaque citoyen qui, directement ou indirectement, doit envisager les problèmes relatifs à l'enseignement public, à la révision et à l'administration de la Loi des Pauvres, et par dessus tout,

à l'action de la charité publique et de la charité privée, qui disposent chaque année de ressources immenses. Dans tous les problèmes de cette nature l'instinct social aveugle et les tendances individuelles actuelles constituent des facteurs extrêmement puissants de notre jugement. Cependant ces problèmes mêmes sont justement ceux qui, affectant l'avenir tout entier de notre société, sa stabilité et son efficacité, nous demandent par-dessus tout, en tant que bons citoyens, de comprendre les lois qui règlent l'hygiène du corps social pendant son développement.

L'exemple que nous venons d'envisager ne serait pas inutile, ni ses leçons sans valeur, quand bien même après tout les vues de Weismann ne seraient point exactes. Il est clair que, dans des problèmes sociaux de la sorte de ceux que j'ai signalés, les lois de l'hérédité, quelles qu'elles puissent être, doivent influencer profondément notre jugement. La conduite des parents envers l'enfant, ou de la société envers ses membres anti-sociaux, ne peut jamais être placée sur des bases sûres et permanentes sans qu'un regard soit jeté sur ce que la science nous dit des problèmes fondamentaux de l'hérédité. La méthode « philosophique » ne mènera jamais à une théorie véritable des mœurs. Si étrange que cela puisse paraître, les expériences de laboratoire d'un biologiste peuvent avoir une importance plus grande que toutes les théories de l'État, de Platon à Hegel ! La classification scientifique des faits, biologiques ou historiques, l'observation de leurs corrélations et leurs séquences, le résultat absolu, opposé au jugement individuel — ce sont là les seuls moyens par lesquels nous puissions atteindre la vérité dans une question aussi importante pour la vie sociale que celle de l'hérédité. Ces considérations seules semblent une justification suffisante des subventions nationales en faveur de la science et de la préparation générale des

citoyens aux méthodes scientifiques de penser. Chacun de nous est maintenant appelé à juger une variété immense de problèmes de valeur cruciale pour notre existence commune. Si ce jugement confirme des mesures et un mode de conduite qui tendent à accroître le bien-être de la société, on peut alors l'appeler un jugement moral, ou bien, ce qui est la même chose, un jugement social. Il suit dès lors, que pour qu'un jugement soit moral, il faut qu'il soit fondé sur la méthode et la connaissance. On ne saurait trop souvent insister sur ce que la formation d'un jugement moral — c'est-à-dire d'un jugement que l'individu est raisonnablement certain de voir aboutir au bien-être social — ne dépend pas seulement de la promptitude à sacrifier un gain ou un confort individuel ou bien de l'impulsion à agir de façon désintéressée : il dépend en premier lieu du savoir et de la méthode. La première demande de l'État à l'individu n'est pas le sacrifice de soi-même, mais le développement de sa personnalité. L'homme qui donne un millier de livres sterlings à un vaste et vague programme de charité peut agir ou ne pas agir socialement. Le sacrifice de soi-même, s'il existe, ne prouve rien ; mais l'homme qui émet un vote, soit directement soit même indirectement, pour le choix d'un représentant, après s'être formé un jugement basé sur la *connaissance*, agit sans aucun doute socialement, et réalise un type plus élevé de civisme.

#### § 10. — LA TROISIÈME PRÉTENTION DE LA SCIENCE

J'ai plus particulièrement examiné ainsi l'influence de la science sur notre manière de traiter les problèmes sociaux. J'ai essayé de montrer que la science ne peut être exclue légitimement d'aucun domaine de recherche de la vérité et qu'en outre, non seulement sa *méthode* est essentielle pour

le bon exercice des droits civiques, mais que ses *résultats* commandent étroitement la solution pratique de nombreuses difficultés sociales. En quoi, je me suis efforcé de justifier les encouragements donnés par l'État à la science pure et à son enseignement, en dehors de ses applications techniques. Si dans cette justification j'ai concentré le plus d'efforts sur les avantages de la méthode scientifique — sur l'entraînement que nous donne la science dans l'appréciation des témoignages, dans la classification des faits, dans l'élimination des tendances personnelles, dans tout ce que l'on peut appeler l'exactitude de l'esprit — il faut toujours nous souvenir que finalement l'influence *directe* de la science pure sur la vie pratique est énorme. Les observations de Newton sur les relations entre le mouvement d'une pierre qui tombe et celui de la lune, de Galvani sur les mouvements convulsifs des jambes d'une grenouille en contact avec du fer et du cuivre, de Darwin sur l'adaptation au milieu des piverts, des rainettes et des semences, de Kirchoff sur certaines raies qui apparaissent dans le spectre de la lumière solaire, celles d'autres chercheurs sur le développement des bactéries — ces observations et d'autres de même espèce ont non seulement révolutionné notre conception de l'univers, mais elles ont révolutionné, ou sont en train de révolutionner, notre vie pratique, nos moyens de transport, notre conduite sociale, le traitement des maladies. Ce qui au moment de la découverte semble seulement une conséquence d'intérêt purement théorique, devient la base de découvertes qui finalement modifient profondément les conditions de la vie humaine. Il est impossible de dire d'un résultat quelconque de la science pure qu'il ne sera pas quelque jour le point de départ d'applications techniques s'étendant très loin. Les jambes de la grenouille de Galvani et le câble transatlantique paraissent assez éloignés,

mais celles-là furent le point de départ de séries de recherches qui aboutirent à celui-ci. Dans la récente découverte de Hertz que l'action de l'électro-magnétisme se propage par ondulations comme la lumière — lorsqu'il confirma la théorie de Maxwell, d'après laquelle la lumière n'est qu'une phase spéciale de l'action électro-magnétique — nous avons un résultat qui, s'il est d'un intérêt frappant pour la science pure, ne semble pas avoir cependant d'application pratique immédiate<sup>1</sup>. Mais celui-là serait en réalité un dogmatiste audacieux qui oserait affirmer que les conséquences ultimes éventuelles de cette découverte de Hertz ne feront pas plus pour révolutionner la vie, après une génération ou deux, que les jambes de la grenouille quand elles ont conduit à la réalisation du télégraphe électrique.

#### § 11. — LA SCIENCE ET L'IMAGINATION

Il est un autre point de vue d'où nous devons légitimement envisager la science pure — point de vue qui ne fait aucunement intervenir l'utilité de la science dans la vie pratique, mais qui touche un côté de notre nature que le lecteur peut m'accuser d'avoir entièrement négligé. C'est un élément de notre être qui n'est pas satisfait par les procédés exacts de raisonnement ; c'est le côté imaginaire ou esthétique, le côté auquel les poètes et les philosophes font appel, un côté que la science, si elle veut être scientifique, ne peut négliger. Nous avons vu que l'imagination ne doit pas remplacer la raison en déduisant de faits classés la relation et la loi. Mais, à tout le moins, l'imagination disciplinée a eu sa place au début de toutes les grandes découvertes scientifiques. Tous les grands hommes de science ont été, dans un certain sens, de grands artistes ; l'homme sans ima-

1. Depuis que cette phrase a été écrite, la télégraphie sans fil a fourni une première application à la vie pratique, tout à fait inattendue.

gination peut rassembler des faits : il ne peut pas faire de grandes découvertes. Si j'étais contraint de nommer les Anglais qui, pendant notre génération, ont eu l'imagination la plus vaste et l'ont exercée le plus utilement, je pense que je laisserais de côté les romanciers et les poètes : j'indiquerais Michaël Faraday et Charles Darwin. Maintenant il est tout à fait nécessaire de comprendre la part exacte des jeux de l'imagination dans la science pure. Nous pouvons, peut-être, le mieux y parvenir en considérant la proposition suivante : La science pure a, à notre égard, une prétention beaucoup plus forte que les précédentes, qui tient à l'exercice des facultés imaginatives et à la satisfaction qu'elle procure en facilitant le jugement esthétique. Dans les chapitres suivants on précisera la signification exacte des termes « fait scientifique » et « loi scientifique » ; supposons pour l'instant qu'on ait établi une classification raisonnée des faits scientifiques et qu'on ait soigneusement indiqué leurs relations et leurs séquences. Quelle est l'étape suivante dans le processus de l'investigation scientifique ? C'est sans aucun doute l'emploi de l'imagination. La découverte de quelque rapport particulier, de quelque *formule* brève d'où découle l'ensemble des faits, est l'œuvre, non pas du simple fabricant de catalogues, mais de l'homme doué d'une imagination créatrice. Le rapport particulier, la formule concise, dont le peu de mots remplace dans notre esprit une vaste succession de relations entre des phénomènes isolés, est ce que nous appelons une *loi* scientifique. Une telle loi, soulageant notre mémoire de l'embaras des suites de faits individuels, nous rend capables, avec le minimum de fatigue intellectuelle, d'embrasser une vaste complexité de phénomènes naturels ou sociaux. La découverte de la loi est donc la fonction particulière de l'imagination créatrice. Mais cette imagination doit être une imagination *disciplinée*. En

premier lieu, elle doit apprécier toute la série des faits qui demandent à être résumés en une formule particulière. Alors, lorsqu'on a atteint la loi — souvent par ce qui semble exclusivement l'imagination inspirée du génie — celui qui l'a découverte doit l'éprouver et la critiquer de toutes les manières possibles, jusqu'à ce qu'il soit certain que l'imagination ne s'est pas faussement jouée de lui, et que sa loi est en réel accord avec le groupe entier des phénomènes qu'elle résume. C'est là ce qui donne le ton pour l'emploi scientifique de l'imagination. Des centaines d'hommes ont demandé à leur imagination la solution de l'univers, mais ceux qui ont contribué à notre compréhension réelle des phénomènes naturels ont été ceux qui étaient impitoyables dans leurs applications de la critique aux produits de leur imagination. C'est dans une telle critique qu'est l'essence de l'emploi scientifique de l'imagination : elle est, en vérité la vie même de la science<sup>1</sup>.

Avec sa haute autorité, Faraday a dit : « Le monde sait peu combien, parmi les pensées et les théories qui ont traversé l'esprit d'un pionnier de la science, combien ont été anihilées dans le silence et le secret par une sévère critique personnelle et par les contre épreuves ; il ignore que, dans les exemples les plus heureux, il n'y a pas un dixième des suggestions, des espérances, des désirs, des conclusions préliminaires qui soit réalisé ».

#### § 12. — EXEMPLE DE LA MÉTHODE DE LA SCIENCE

Le lecteur ne doit pas s'imaginer que je dépeins ici une méthode idéale ou purement théorique de découverte scientifique. Il en trouvera le processus exactement décrit par

1. *La critique est la vie de la science*, a dit Victor Cousin.

Darwin lui-même dans l'exposé qu'il nous donne de sa découverte de la loi de la sélection naturelle. Après son retour en Angleterre en 1837, nous dit-il<sup>1</sup>, il lui apparut que :

« En rassemblant tous les faits qui se rapportent d'une manière quelconque à la variation des animaux et des plantes à l'état domestique et à l'état de nature, on peut peut-être projeter quelque lumière sur le sujet tout entier. Mon premier livre de notes fut ouvert en juillet 1837. Je travaillais d'après les vrais principes<sup>2</sup> de Bacon, et, sans aucune théorie je rassemblais les faits sur une grande échelle, plus spécialement sous le rapport des productions domestiques, à l'aide de questionnaires imprimés, de conversations avec des éleveurs et des jardiniers habiles et de lectures étendues. Quand je vois la liste des livres de toute sorte que j'ai lus et résumés, y compris des séries entières de journaux et de travaux, je suis surpris de mon propre travail. J'aperçus bientôt que la sélection était la clef de voûte de la réussite de l'homme dans sa création de races utiles d'animaux et de plantes. Mais la façon dont cette sélection pouvait s'ap-

1. The Life and Letters of Charles Darwin, vol. I, p. 83.

2. C'est auprès d'hommes tels que Laplace et Darwin, qui ont donné leurs vies à la science naturelle, plutôt qu'auprès de travailleurs dans le pur domaine des concepts, comme Mill et Stanley Jevons, qu'il nous faut chercher une appréciation exacte de la méthode baconienne. A côté des paroles de Darwin nous pouvons placer celles de Laplace sur Bacon :

Il a donné pour la recherche de la vérité le précepte et non l'exemple. Mais en insistant avec toute la force de la raison et de l'éloquence sur la nécessité d'abandonner les subtilités insignifiantes de l'écclle, pour se livrer aux observations et aux expériences, et en indiquant la vraie méthode de s'élever aux causes générales des phénomènes, ce grand philosophe a contribué aux progrès immenses que l'esprit humain a faits dans le beau siècle où il a terminé sa carrière (« Théorie analytique des Probabilités » Œuvres, t. VII, p. CLVI). Le charpentier qui se sert d'un outil est un meilleur juge de son efficacité que le forgeron qui le forge. Dans l'introduction de l'édition du *Novum Organum* du professeur Fowler on trouvera une bonne esquisse de l'estime dans laquelle était tenu Bacon par ses contemporains *scientifiques*.

pliquer à des organismes vivants, à l'état de nature, demeura pour quelque temps un mystère pour moi. »

Nous avons ici de Darwin une classification scientifique des faits, que lui-même appelle son « enquête systématique ». Sur la base de cette enquête systématique se place la recherche d'une loi. C'est là l'œuvre de l'imagination ; l'inspiration, dans le cas de Darwin, étant dûe apparemment à la lecture de l'*Essai sur la population* de Malthus. Mais l'imagination de Darwin était une imagination scientifiquement disciplinée. De même que Turgot, il savait que si la première chose est d'inventer un système, la seconde doit être de le prendre en dégoût. Par conséquent vint ensuite la période de la critique (de *self criticism*) qui dura quatre ou cinq années, et il ne fallut pas moins de *dix-neuf* ans avant que Darwin donnât sa découverte au monde sous sa forme définitive. Parlant de l'inspiration qu'il avait eue que la sélection naturelle constituait la clef du mystère de l'origine des espèces, il dit :

« Ici, j'avais enfin atteint une théorie à l'aide de laquelle je pouvais travailler ; mais j'étais si soucieux d'éviter les préjugés que je ne me déterminai pas à en écrire même la moindre esquisse avant quelque temps. En juin 1842 (c'est-à-dire quatre années après l'inspiration) je me permis d'écrire au crayon un extrait très bref de ma théorie en 35 pages ; et celui-ci fut transformé durant l'été de 1844 en un extrait de 230 pages, que j'avais complètement recopié et que je possède encore. »

Finalement un extrait du manuscrit de Darwin fut publié en 1858 avec l'*Essai* de Wallace, et l'*Origine des Espèces* parut en 1859.

De la même façon, l'imagination de Newton allait de pair avec cette puissance de self-criticisme qui le conduisit à laisser de côté pendant environ dix-huit ans une démonstra-

tion relative à la gravitation de la lune, jusqu'à ce qu'il eût ajouté un anneau qui manquait dans son raisonnement. Mais nos détails sur la vie et la découverte de Newton sont trop infimes pour nous permettre de pénétrer sa méthode autant que nous le pouvons pour celle de Darwin ; l'exposé que j'ai fait de cette dernière est amplement suffisant pour montrer l'application actuelle de la méthode scientifique, et la part réelle que joue dans la science l'emploi discipliné de l'imagination <sup>1</sup>.

1. On doit pleinement admettre que la classification des faits est souvent en grande partie guidée par l'imagination aussi bien que par la raison. Une classification exacte, due soit à l'homme de science lui-même, soit à des travailleurs plus anciens, doit exister dans l'esprit de l'homme de science avant qu'il puisse procéder à la découverte de la loi. Ici, comme ailleurs, le lecteur trouvera que je m'écarte considérablement des vues de Stanley Jevons telles qu'il les a développées dans ses *Principles of Science*. Je crois que le chap. xxvi de cet ouvrage aurait été refondu, si l'auteur avait connu la façon de procéder de Darwin. L'exposé donné par Jevons de la méthode de Newton me semble attribuer une force insuffisante au fait que Newton avait une connaissance étendue de la physique avant qu'il commençât à mettre en œuvre son imagination et à vérifier ses théories par l'expérience — c'est-à-dire, avant la période de self-criticisme. Si de pseudo hommes de science encomrent les tables des éditeurs de théories folles, laissant voir souvent un grand pouvoir imaginaire et une grande ingénuité, ce n'est pas seulement par manque de critique. Leurs théories, en règle générale, ne sont pas telles que l'homme de science lui-même voudrait toujours les proposer et les critiquer. Leur impossibilité est évidente, parce que ceux qui les proposent ne les ont pas faites pour elles-mêmes ; ils n'ont pas eu non plus connaissance des autres classifications des groupes de faits que leurs théories essaient de résumer. Newton et Faraday *parlaient* avec une connaissance complète des classifications physiques des faits, effectuées de leur temps, et se mettaient en devoir de construire conjointement une théorie et une classification plus perfectionnées. Bacon, que Stanley Jevons dédaigne, à mon sens, sans raison, vivait à une époque où l'on n'avait fait que peu de chose dans la voie des classifications, et il manquait de l'imagination scientifique d'un Newton ou d'un Faraday. De là la stérilité de sa méthode dans ses propres mains. L'histoire des premières assemblées de la Royal Society montre comment la période de groupement et de classement des faits a précédé nécessairement celle des théories dignes de valeur.

L'auteur ne peut qu'exprimer son complet désaccord avec le dernier chapitre de Stanley Jevons sur les *Limites de la Méthode scientifique* ; beaucoup des arguments développés lui sembleraient non scientifiques, s'il ne valait mieux les regarder comme anti-scientifiques.

## § 13. — LA SCIENCE ET LE JUGEMENT ESTHÉTIQUE

Nous sommes autorisés, je crois, à conclure que la science ne doit pas paralyser l'imagination, mais qu'elle doit tendre plutôt à exercer et discipliner ses fonctions. Nous avons encore, cependant, à examiner une autre face de la relation existant entre la faculté imaginative et la science pure. Lorsque nous considérons une grande œuvre de l'imagination créatrice, une peinture frappante d'un drame puissant, quelle est l'essence de la fascination qu'elle exerce sur nous ? Pourquoi notre jugement esthétique la déclare-t-il véritable œuvre d'art ? N'est-ce pas parce que nous trouvons concentrés dans un bref exposé, dans une formule simple, ou bien dans un petit nombre de symboles, un grand nombre des émotions et des sentiments humains ? N'est-ce pas parce que, dans sa représentation, le poète, ou l'artiste, a exprimé pour nous la relation véritable existant entre différentes émotions que nous avons classées, consciemment ou inconsciemment, pendant une longue expérience ? La beauté de l'œuvre de l'artiste ne réside-t-elle pas, pour nous, dans l'exactitude avec laquelle ses symboles résument des faits innombrables de notre expérience émotive passée ? Le jugement esthétique se prononce pour ou contre l'interprétation de l'imagination créatrice suivant que cette interprétation confirme ou contredit les phénomènes de la vie, que nous avons nous-même observés<sup>1</sup>. Il est seulement satisfait lorsque les formules de l'artiste ne contredisent aucun des phénomènes émotifs qu'il prétend résumer. Si cette explica-

1. On peut facilement noter quelle part importante jouent l'intensité et la variété de l'expérience émotive dans la détermination du jugement esthétique, en recherchant les auteurs et les tableaux favoris d'un petit nombre d'amis de divers âges et de conditions différentes.

tion du jugement esthétique est une explication exacte, le lecteur aura remarqué que ce jugement est exactement parallèle au jugement scientifique<sup>1</sup>. Mais il existe en fait plus qu'un parallélisme entre les deux jugements. Les lois de la science sont, comme nous l'avons vu, des produits de l'imagination créatrice. Ce sont les interprétations mentales — les formules à l'aide desquelles nous résumons de vastes séries de phénomènes, les résultats de notre observation et de celle de nos semblables. L'interprétation scientifique des phénomènes, l'explication scientifique de l'univers, est cependant la seule qui puisse satisfaire de façon permanente le jugement esthétique, car c'est la seule qui ne puisse jamais être contredite entièrement par notre observation et notre expérience. Il est nécessaire d'insister fortement sur ce côté de la science, car on nous dit fréquemment que le développement de la science détruit la beauté et la poésie de la vie. Sans aucun doute elle rend sans signification beaucoup des anciennes interprétations de la vie, parce qu'elle démontre qu'elles sont fausses eu égard aux faits qu'elles prétendent décrire. Il n'en résulte cependant pas que le jugement scientifique et le jugement esthétique soient opposés ; le fait est que, avec le développement de notre connaissance scientifique, la base du jugement esthétique change et doit changer. Il y a plus de réelle beauté dans ce que la science nous fait connaître de la composition chimique d'une étoile éloignée, ou dans l'histoire de la vie d'un protozoaire, que dans une cosmogonie quelconque produite par l'imagination créatrice d'un âge pré-scientifique. Par « plus de réelle beauté » nous entendons que le jugement esthétique trouvera plus de satisfaction, plus d'enchantement permanent dans la science que dans la cosmogonie. C'est

1. Le lecteur curieux peut se reporter au « General View of Poetry » de Wordsworth, dans sa préface des *Lyrical Ballads*, 1815.

cette satisfaction continuelle du jugement esthétique qui forme l'une des joies principales de la poursuite de la science pure.

#### § 14. — LA QUATRIÈME PRÉTENTION DE LA SCIENCE

C'est un désir insatiable du cœur humain de résumer en quelque courte formule, en quelque bref exposé, les faits d'expérience humaine. Il conduit le sauvage à expliquer tous les phénomènes naturels en défiant le vent et le cours d'eau et l'arbre. Il conduit, d'autre part, l'homme civilisé à exprimer son expérience émotive en œuvres d'art, et son expérience physique et mentale dans les formules ou dans ce que l'on appelle les lois de la science. Les œuvres d'art et les lois de la science sont toutes deux le produit de l'imagination créatrice, toutes deux fournissent des matériaux pour la satisfaction du jugement esthétique. A première vue il peut sembler étrange au lecteur que les lois de la science soient ainsi associées à l'imagination créatrice de l'homme plutôt qu'au monde physique en dehors de lui. Mais, comme nous le verrons au cours des chapitres suivants, les lois de la science sont des produits de l'esprit humain, plutôt que des facteurs du monde extérieur. La science s'efforce de fournir un *résumé* mental de l'univers, et sa dernière grande prétention à notre appui est sa capacité à satisfaire nos désirs d'une description abrégée de l'histoire du monde. La science n'a pas encore trouvé et ne trouvera probablement jamais une description assez concise, une formule résumant toutes choses ; mais nous sentons sûrement que la méthode qu'elle emploie pour rechercher une telle formule est la seule méthode possible, que la vérité qu'elle a atteinte est la seule vérité qui puisse satisfaire de façon permanente le jugement esthétique. Par conséquent, pour le présent, il vaut mieux

nous contenter d'une partie d'une solution exacte que de nous leurrer avec l'ensemble d'une solution fausse. La première est du moins un pas vers la vérité, et nous montre la direction dans laquelle on peut faire d'autres pas. La dernière ne peut être en accord complet avec notre expérience passée ou future, et par conséquent ne satisfera finalement pas le jugement esthétique. Pas à pas, ce jugement, toujours variable par suite du développement de la connaissance positive, a rejeté croyance après croyance, système philosophique après système philosophique. Certainement nous devons maintenant être satisfaits d'apprendre, par les pages de l'histoire, que ce n'est que petit à petit, suivant lentement ligne par ligne, que l'homme, à l'aide de l'observation organisée et d'un raisonnement circonspect, peut espérer atteindre la connaissance de la vérité; l'homme verra que la science, dans le sens le plus large du mot, est la seule porte ouverte à un savoir capable de s'harmoniser avec notre passé aussi bien qu'avec notre expérience future possible. Comme dit Clifford, « la pensée scientifique n'est ni l'accompagnement ni une condition du progrès humain : c'est le progrès humain lui-même ».

## SOMMAIRE

1. — Le but de la science est de connaître la vérité dans toutes les branches possibles de la connaissance. Aucune sphère de recherches n'est en dehors du domaine légitime de la science. Tracer une distinction entre le domaine scientifique et le domaine philosophique est de l'obscurantisme.

2. — La méthode scientifique est marquée par les traits suivants : a) classification soigneuse et exacte des faits et observation de leurs corrélations et de leurs conséquences; b) découverte des lois scientifiques à l'aide de l'imagination créatrice; c) critique de soi-même et épreuve définitive de l'égale validité des lois pour tous les esprits normalement constitués.

3. — Les prétentions de la science à notre appui dépendent de :

a) L'entraînement mental efficace qu'elle procure au citoyen; b) la lumière qu'elle projette sur beaucoup de problèmes sociaux importants; c) le confort croissant qu'elle ajoute à la vie pratique; d) la satisfaction permanente qu'elle donne au jugement esthétique.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bacon (Francis). — *Novum organum*, London, 1620; Bonne édition de T. Fowler, Clarendon Press, 1878.
- Bois-Reymond (E. du). — *Ueber die Grenzen des Naturerkennens*. Veit et C<sup>o</sup>, Leipzig, 1876.
- Bois-Reymond (P. du). — *Ueber die Grundlagen der Erkenntnis in den exacten Wissenschaften*. H. Laupp, Tübingen, 1890.
- Clifford (W.-K.). — *Lectures and Essays*. Macmillan, 1879 (« Aims and Instruments of Scientific Thought, » « The ethics of Belief », et « Virchow on the Teaching of Science ».)
- Haeckel (E.). — *Freie Wissenschaft und freie Lehre*. E. Schweizerbart, Stuttgart, 1878.
- Haldane (J.-S.). — « *Life and Mechanism* » *Mind*, IX, pp. 27-47; aussi *Nature*, vol. XXVII, 1883, p. 561, vol. XXIV, 1886, p. 73; et aussi Haldane R. B., *Proceedings of the Aristotelean Society*, 1891, vol. I, n<sup>o</sup> 4, part. I, pp. 22-27.
- Helmholtz (H.). — *On the Relation of the Natural Sciences to the Totality of the Sciences*, translated by C. H. Schaible, London, 1869. Se trouve aussi dans les *Popular Lectures*, traduit par Atkinson et autres, First Series, p. 1, Longmans, 1881.
- Herschel (Sir John). — *A Preliminary Dissertation on Natural Philosophy*, London, 1830.
- Jevons (W. Stanley). — *The principles of Science: A Treatise on Logic and Scientific Method*, 2<sup>o</sup> édit. Macmillan, 1877.
- Pearson (K.). — *The Ethic of Freethought: A Selection of Essays and Lectures* (« The Enthusiasm of the Market place and of the Study »). A. et C. Black, 2<sup>o</sup> éd. 1901. — *The Chances of Death and other Studies in Evolution*, vol. I, « Science and Politics » et « Reaction ». Edward Arnold, 1897.
- Virchow (R.). — *Die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staat (Versammlung deutscher Naturforscher)*. München 1877.

## CHAPITRE II

### LES FAITS DE LA SCIENCE

#### § 1. — LA RÉALITÉ DES CHOSES

Dans notre premier chapitre nous avons dit fréquemment que la classification des *faits* était la base de la méthode scientifique ; nous avons eu aussi l'occasion d'utiliser les mots *réel* et *irréel*, *univers* et *phénomène*. Il est bon, cependant, qu'avant de poursuivre plus avant nous nous efforcions d'éclaircir nos idées quant à la signification de ces termes. Nous devons tâcher de déterminer un peu plus exactement en quoi consiste la matière de la science. Nous avons vu que le domaine légitime de la science embrasse tous les faits physiques et mentaux de l'univers. Mais que sont ces faits en eux-mêmes et quel est pour nous le criterium de leur réalité ?

Donnons pour point de départ à cette recherche quelque « objet extérieur », et comme apparemment la condition de simplicité sera satisfaite si nous prenons un objet nécessaire et familier à la profession de l'auteur, prenons par exemple un tableau noir<sup>1</sup>. Nous apercevons un entourage

1. Le tableau noir comme « instrument d'une leçon de choses » est un exemple auquel l'auteur tient tant, que le lecteur lui pardonnera peut-être de s'en servir ici. *Seine Mundart klebt jedem an* (Son idiome est saisi de tout le monde).

rectangulaire, de couleur jaune brun, qu'une inspection plus détaillée nous fait présumer être en bois, encadrant une surface intérieure complètement unie et peinte en noir. Nous pouvons mesurer une certaine hauteur, une certaine épaisseur, et une certaine largeur ; nous notons un certain degré de dureté, un certain poids, une certaine résistance à la rupture, et si nous poussons notre examen plus avant, une certaine température, car la planche nous semble chaude ou froide. Maintenant quoique, à première vue, le tableau paraisse un objet très simple, il nous conduit en fait tout de suite à un groupe très complexe de propriétés. Dans le langage ordinaire nous attribuons toutes ces propriétés au tableau noir, mais, dès que nous commençons à y réfléchir soigneusement, nous nous apercevons que le lien réel n'est en aucune façon aussi simple qu'il le paraît. D'abord, par les organes de la vue, je reçois certaines impressions de taille, de forme et de couleur, ce qui me permet de dire avec une très grande certitude que l'objet est un tableau noir fait de bois, enduit de peinture, avant même de l'avoir touché ou mesuré. J'en *déduis* que je le trouverai dur et pesant, que je pourrai le scier en morceaux si cela me plaît, et que je lui reconnaitrai diverses autres propriétés que j'ai *appris* à associer au bois et à la peinture. Ces déductions et ces associations sont quelque chose que j'*ajoute* aux impressions des sens, que je tire moi-même de mon expérience passée et que je fournis à l'objet — le tableau noir. Je pourrais avoir acquis ma conception du tableau noir par les impressions du toucher et non par celles de la vue. Les yeux bandés je pourrais avoir jugé de sa taille et de sa forme, de sa dureté et de la texture de sa surface, en avoir déduit son usage et son apparence probable, et avoir associé à cette apparence toutes les caractéristiques du tableau noir. Notons que, dans les deux cas,

une condition *sine qua non* de l'existence d'un tableau noir *actuel* est dès l'abord quelque impression immédiate des sens. Les impressions sensibles qui déterminent la réalité de l'objet extérieur peuvent être en réalité très peu de chose; l'objet peut être en grande partie construit par inférences et associations, mais il faut qu'il y ait quelques impressions sensibles pour que l'objet désigné soit réel et non simplement un produit de mon imagination. L'existence d'un certain nombre d'impressions sensibles m'amène à conclure à la possibilité pour moi de recevoir d'autres impressions et, cette possibilité, je puis à mon gré l'appliquer à faire la preuve.

J'ai entendu parler du Capitole à Washington; quoique je ne sois jamais allé en Amérique, je suis convaincu de la réalité de l'Amérique et du Capitole — c'est-à-dire, je crois que je pourrais éprouver certaines impressions sensibles si je me plaçais dans certaines conditions particulières. Dans ce cas j'ai eu des impressions indirectes: contact avec des Américains, avec des bateaux et des objets venant d'Amérique, qui me déterminent à croire à la «réalité» de l'Amérique et de ce que mes yeux et mes oreilles m'ont appris de son contenu. En «construisant» le Capitole, il est clair que l'on fait amplement appel à l'expérience passée, et d'un grand nombre de manières. Mais cette expérience passée est elle-même basée d'une façon ou d'une autre sur les impressions des sens. Ces impressions ont été comme emmagasinées dans la mémoire. Une impression sensible, si elle est suffisamment forte, laisse dans le cerveau une trace d'elle-même plus ou moins profonde, qui se manifeste sous la forme de l'association, lorsque se représente une impression immédiate de même espèce. Les effets accumulés des impressions antérieures des sens forment en grande partie ce que nous avons coutume de désigner sous le nom

d' « objet extérieur ». De ce point de vue sans doute l'objet est en grande partie construit par nous-même ; nous ajoutons à un nombre plus ou moins grand d'impressions immédiates des sens, un groupe associé d'impressions emmagasinées. La proportion de ces deux contributions dépend beaucoup de l'acuité de nos organes des sens, ainsi que de l'étendue et de la variété de notre expérience. Pour exprimer la grande part de nous-même que nous attribuons aux objets qui nous sont le plus *extérieurs*, le professeur Lloyd Morgan, au cours de l'excellente discussion à laquelle il se livre à ce propos dans son ouvrage : *Animal Life and Intelligence* (p. 312), propose, pour désigner les objets extérieurs, le terme *construction* (construct). Pour notre but actuel, il est nécessaire d'avoir présent à l'esprit qu'un objet extérieur est en général une construction — c'est-à-dire une combinaison d'impressions immédiates des sens et d'impressions passées ou accumulées. La réalité d'une chose dépend de la possibilité qu'elle se présente en tout ou en partie comme un groupe d'impressions immédiates des sens<sup>1</sup>.

## § 2. — IMPRESSIONS SENSIBLES ET CONSCIENCE

Cette conception de la réalité basée sur les impressions sensibles réclame un sérieux examen et quelques réserves ou modifications. Examinons un peu plus attentivement ce

1. La division entre le réel et l'irréel, et de même la division entre le réel et l'idéal, est moins distincte que beaucoup ne se le figurent. Par exemple la planète Neptune est passée de l'idéal au réel, mais l'atome est encore idéal. L'idéal se change en réalité quand on a trouvé son équivalent perceptible, mais l'irréel ne peut jamais devenir le réel. Ainsi les concepts des métaphysiciens, *la chose en soi* de Kant ou la contexture de l'esprit (*Mind Stuff*) de Clifford, tels que je les conçois, sont irréels (et non idéaux) ; ils ne peuvent devenir impressions immédiates des sens ; tandis que les hypothèses physiques sur la nature de la matière sont idéales (et non irréelles), car elles ne sont point absolument en dehors du domaine des impressions possibles des sens.

que nous entendons par les mots impression des sens. En me retournant vivement sur ma chaise, je me cogne le genou contre un coin aigu de la table ; ma main s'abaisse et frotte la partie meurtrie ; ou bien le genou peut me causer un tel malaise que je me lève ; je réfléchis à ce que je dois faire, et je décide d'appliquer un peu d'arnica. Eh bien les deux actions apparaissent avec des caractères entièrement différents — du moins à première vue. Dans les deux cas, les physiologistes nous disent que, dans une première phase, un message est transmis de la partie affectée au cerveau par ce que l'on appelle un *nerf sensoriel*. La façon dont ce nerf transmet son message est sans doute physique, quoique son *modus operandi* exact soit encore inconnu. Ce que nous appelons une impression des sens se forme au cerveau, et là s'accomplissent très probablement quelques changements physiques, qui persistent à un degré plus ou moins élevé dans le cas de ces impressions emmagasinées que nous appelons souvenirs. Ce qui se passe, jusqu'à la réception de l'impression sensorielle par le cerveau, est ce que nous avons coutume d'appeler chose physique ou mécanique. Nous pouvons légitimement supposer que ce que nous appelons souvenir, du point de vue psychique, a aussi un côté physique, que le cerveau reçoit une impression physique permanente pour chaque souvenir, soit par un changement de la constitution moléculaire, soit par des mouvements élémentaires de la substance cérébrale, et qu'une impression physique de ce genre est la source de nos impressions emmagasinées<sup>1</sup>. Ces empreintes physiques jouent un rôle important dans la façon dont sont reçues les

1. Les analogies physiques les plus étroites avec les « impressions permanentes » appelées souvenirs résident dans la déformation et l'état de tension d'un objet élastique. Affirmer que ce sont là plus que des analogies, ce serait usurper la fonction du physiologiste.

sensations ultérieures analogues. Quand ces impressions sensorielles immédiates ont une force ou une amplitude suffisantes, si l'on peut dire, elles rappellent à une sorte d'activité un certain nombre d'empreintes physiques dues à des impressions antérieures associées, ou pour employer un mot plus suggestif, *en harmonie* avec l'impression immédiate des sens. L'impression immédiate des sens est conditionnée par les impressions physiques antérieures, et le résultat général est cette complexité d'impressions présentes et d'impressions accumulées que nous avons appelée une « construction ».

A côté des nerfs *sensoriels* qui conduisent les messages au cerveau, d'autres nerfs partent du cerveau et contrôlent les muscles ; on les appelle *nerfs moteurs*. Par ces nerfs moteurs un message est envoyé à ma main, lui ordonnant de frotter mon genou meurtri. Ce message peut être envoyé immédiatement ou bien après que mes doigts ont été trempés dans l'arnica. Dans ce dernier cas un processus très complexe a été parcouru. J'ai considéré comme réel que la sensation correspond à un genou meurtri, que l'arnica est une bonne chose pour une meurtrissure, qu'on peut trouver une bouteille d'arnica dans une certaine armoire, etc. De façon très claire, l'impression sensible a été conditionnée par un certain nombre d'impressions antérieures, avant que le nerf moteur du bras ait été mis en jeu pour frotter le genou. Le processus, tel qu'il est décrit, est réfléchi, et comme un grand nombre d'expériences passées peuvent entrer en jeu, le dernier message aux nerfs moteurs nous paraît volontaire ; nous l'appelons un acte de la *volonté*, à quelque degré qu'il soit en fait conditionné par les impressions antérieures des sens. D'un autre côté, lorsque, sans excitation apparente d'aucune des impressions antérieures, le message provenant des nerfs sensoriels n'atteint pas plu-

tôt le cerveau que, tout le long du nerf moteur, l'ordre est envoyé à la main de frotter le genou, je dis que j'agis involontairement, par instinct ou par habitude. L'opération toute entière peut être si rapide, je puis être si absorbé dans mon travail, que jamais je ne saisis le message du nerf sensoriel. Je ne me dis même pas : « Je me suis cogné le genou et je l'ai frotté ». Seulement, un spectateur a peut-être conscience de l'opération entière, du heurt du genou et du frottement. Voilà un résultat important à beaucoup d'égards. Je puis recevoir une impression sans la reconnaître ; on peut dire encore que je n'ai pas conscience de l'impression sensible. Dans ce cas il n'y a aucune excitation d'un groupe d'impressions emmagasinées ; aucune chaîne de ce que nous appelons des pensées n'intervient entre l'impression immédiate et le nerf moteur. Ainsi ce que nous appelons la conscience est dû en grande partie, sinon complètement, au stock des impressions emmagasinées et à la manière dont celles-ci déterminent les messages communiqués aux nerfs moteurs, lorsqu'un nerf sensoriel a transmis un message au cerveau. La mesure de la conscience dépend ainsi en grande partie 1°) de l'étendue et de la variété des impressions antérieures des sens et 2°) du degré auquel le cerveau peut garder de façon permanente l'empreinte de ces impressions, — ou bien de ce que l'on peut appeler la complexité et la plasticité du cerveau.

### § 3. — LE CERVEAU POSTE CENTRAL TÉLÉPHONIQUE

On se rendra peut-être mieux compte de l'activité du cerveau, dont il vient d'être question, si l'on compare le cerveau au bureau central d'un poste téléphonique, d'où des fils se dirigent vers les abonnés expéditeurs A, B, C, D, E, F etc. et vers les abonnés destinataires W, X, Y, Z, etc.. A ayant

notifié à la compagnie qu'il entend ne jamais correspondre avec un autre que W, on a joint son fil à celui de W, et l'employé ne connaît rien de l'arrivée du message de A et de sa transmission à W, quoique ce message passe à travers son bureau<sup>1</sup>. En fait, il n'y a pas de sonnerie d'appel. Cette représentation correspond à un acte instinctif suivant inconsciemment une impression des sens.

De plus, l'employé sait par expérience qu'invariablement B désire correspondre avec X ; en conséquence lorsqu'il entend la sonnerie d'appel de B, il le réunit mécaniquement à X sans suspendre un seul instant une lecture captivante. Enfin, C, D, E et F peuvent faire fonctionner leurs sonneries, dans un grand nombre de cas ; dans chaque cas l'employé doit répondre à leurs demandes, mais cela peut l'obliger à écouter les communications spéciales de ces abonnés, à examiner ses listes, son annuaire administratif ou toute autre des sources d'information rassemblées dans son bureau. Finalement, il dispose leurs fils de façon à les mettre en communication avec ceux de Y et de Z, ce qui lui semble la meilleure suite à donner à leurs demandes. Ce travail correspond à un acte qui résulte de façon consciente de la réception d'une impression des sens. Dans tous les cas, l'activité du poste provient de la réception du message d'un des expéditeurs A, B, C, D, etc., dont le nombre peut être grand mais est toujours fini ; l'initiative de l'employé se borne à obéir immédiatement à leurs commandements ou à satisfaire leurs demandes le mieux qu'il peut à l'aide des renseignements rassemblés dans son bureau.

L'analogie, naturellement, ne doit pas être poussée trop

1. Si les fils étaient reliés *en dehors* du bureau, il y aurait une certaine analogie avec les possibilités d'action réflexe : puisque certains nerfs sensoriels et certains nerfs moteurs sont reliés avant le cerveau : par exemple, une jambe de grenouille s'agitait si l'on frotte un point irrité du dos, même après l'enlèvement du cerveau.

loin — en particulier les expéditeurs et les destinataires doivent être considérés comme formant deux groupes distincts, car les nerfs sensoriels et les nerfs moteurs ne paraissent pas échanger leurs fonctions. Mais la conception du cerveau comme poste central projette une vive lumière non seulement sur l'action des nerfs sensoriels et moteurs, mais aussi sur la pensée et la conscience. Sans les impressions sensorielles il n'y aurait rien à accumuler ; sans la faculté de recevoir une empreinte permanente, sans la mémoire, il n'y aurait aucune possibilité de pensée ; et sans cette pensée, sans la période d'hésitation entre l'impression sensible et l'acte, il n'y aurait pas de conscience. Quant un acte découle immédiatement d'une impression sensible nous l'appelons involontaire, nous disons que notre action est soumise au contrôle mécanique de l'« objet extérieur » auquel nous attribuons l'impression. D'un autre côté, lorsque l'acte est déterminé par les impressions accumulées des sens, nous disons que notre action est volontaire. Nous la regardons comme déterminée « au dedans de nous-même » et nous affirmons la « liberté de notre volonté ». Dans le premier cas l'acte est déterminé seulement par l'impression immédiate des sens ; dans le dernier cas il est conditionné par un complexe d'impressions, en partie immédiates, en partie accumulées. L'exercice antérieur, l'histoire passée et l'expérience, qui forment le caractère et déterminent la volonté, sont basés en fait sur des impressions des sens reçues à un instant ou à un autre ; par suite, nous pouvons dire que l'acte, soit immédiat soit différé, est en grande partie, directement ou indirectement, le produit des impressions des sens.

## § 4. — LA NATURE DE LA PENSÉE

Il y a encore un ou deux points à noter ici. En premier lieu, l'impression immédiate des sens doit être regardée comme l'étincelle qui enflamme la pensée, qui met en jeu les empreintes conservées des impressions antérieures des sens. Mais la complexité du cerveau humain est extrême, les impressions emmagasinées sont reliées les unes aux autres d'un très grand nombre de façons, de mille manières, — en partie par la pensée continue, en partie par les impressions immédiates des sens qui se présentent à proximité et relie ainsi les uns aux autres des groupes en apparence discordants d'impressions passées. Nous ne sommes donc pas toujours aptes à reconnaître la relation qui existe entre une impression immédiate des sens et le déclenchement consécutif de la pensée. D'autre part, nous ne pouvons pas toujours non plus faire remonter la chaîne des pensées jusqu'à l'impression immédiate des sens qui a été son point de départ. Cependant nous pouvons tenir pour certain qu'en dernière analyse, les éléments de la pensée sont des empreintes permanentes des impressions antérieures des sens, et que la pensée elle-même est déclenchée par les impressions immédiates des sens<sup>1</sup>.

Cette explication ne restreint nullement la matière de la pensée à ces combinaisons d'« objets extérieurs » que nous associons avec les impressions immédiates des sens. La pensée une fois excitée, l'esprit passe, avec une activité merveilleuse, d'une des impressions accumulées à l'autre ; il classe

1. Le train de pensées qui suit une impression immédiate des sens dépend en grande partie de la réceptivité physique du cerveau ; il est en outre grandement conditionné par la façon dont les impressions emmagasinées ont été précédemment excitées, c'est-à-dire qu'il dépend de l'exercice plus ou moins étendu de la mémoire dans le passé.

ces impressions, analyse ou simplifie leurs caractéristiques, et forme des notions générales de propriétés et de modes. Il procède de l'association directe de mémoire — qu'on pourrait peut-être appeler l'association physique — à l'association mentale ou indirecte ; il va de la *perception* à la *conception*. L'association mentale, ou reconnaissance d'un rapport entre les empreintes des impressions antérieures des sens, a probablement, si nous pouvions la suivre, un côté physique aussi bien déterminé que l'association physique des impressions des sens immédiates avec les empreintes du passé. Mais le côté physique de l'empreinte est seulement une inférence raisonnable tirée de la nature physique de l'impression immédiate des sens ; pour l'instant, par conséquent, nous devons nous contenter de considérer comme extrêmement probable que tout mode de pensée a un aspect physique, bien que nous soyons encore très loin de pouvoir mettre cet aspect en évidence.

Nous ne pouvons analyser avec certitude que le processus d'association mentale qui se produit en nous-même. On examinera plus loin la raison pour laquelle nous en inférons l'existence chez les autres. D'ailleurs, son importance en nous-mêmes doit dépendre en grande partie de la variété et de l'étendue de notre réserve d'empreintes, et en outre de la capacité individuelle de la pensée, ou de la forme et du développement de l'organe physique où se tient la pensée, c'est-à-dire du cerveau. Le cerveau dans l'individu est probablement influencé de façon considérable par l'hérédité, par la santé, par l'exercice et par d'autres facteurs ; mais, de façon générale, les instruments physiques de la pensée chez deux êtres humains sont des machines du même type, variant il est vrai en efficacité, mais non pas quant à l'agencement ou au fonctionnement. Pour deux êtres humains normaux identiques, les organes des sens sont aussi des

machines de même type, et par là exclusivement capables, dans certaines limites, de transmettre la même impression des sens au cerveau. C'est en cela que consiste la similitude de l'univers pour tous les êtres humains normaux. Le même type d'organe physique reçoit les mêmes impressions et forme les mêmes « constructions ». Deux facultés perceptives normales construisent pratiquement le même univers. S'il n'en était pas ainsi, les résultats de la pensée, pour un esprit particulier, n'auraient point de valeur pour un second esprit. La valeur universelle de la science repose sur la similitude des facultés de perception et de raisonnement chez les hommes civilisés normaux.

Cette analyse de la nature de la pensée est naturellement incomplète. Elle n'offre aucune explication du côté psychique de la pensée. Elle se propose simplement de suggérer de quelle manière nous pouvons considérer l'association de la pensée avec ses accompagnements physiques. Ce que sont les relations actuelles entre les aspects physique et psychique de la pensée, nous ne le savons pas ; dans tous les cas de ce genre, le mieux est de confesser directement notre ignorance. Il n'est pas utile, il est en fait dangereux, dans l'état actuel de nos connaissances en psychologie et en physique cérébrale, de remplir le vide de notre ignorance par des hypothèses qui ne se peuvent ni prouver ni réfuter. Ainsi, si nous disons que la pensée et le mouvement sont la même chose, vue de deux côtés différents, nous ne faisons pas de progrès réel dans notre analyse, car nous ne pouvons nous former aucune idée de ce que peut être la nature en soi de cette chose. A la vérité, si nous poussons plus avant et si nous comparons la pensée et le mouvement aux côtés concave et convexe de la même surface, notre comparaison sera moins bonne et même défectueuse ; car la concavité et la convexité, telles qu'elles

sont exactement définies par le mathématicien, ne sont pas des qualités différentes, mais seulement des degrés de la même quantité, la courbure ; en allant de l'une à l'autre, on passe par la courbure nulle ou par le plan. D'autre part, la distinction entre les aspects psychiques et les aspects physiques de l'activité du cerveau paraît être essentiellement une distinction de qualité, et non de degré. Dans l'état présent de nos connaissances il vaut mieux nous contenter de remarquer qu'en toute probabilité les impressions des sens conduisent à certaines activités physiques du cerveau (en comprenant sous le terme physique les activités chimiques possibles), et que ces activités sont reconnues par chaque individu, *pour lui-même seulement*, sous la forme de la pensée. Chaque individu reconnaît sa propre conscience, perçoit que l'intervalle entre la sensation et l'action est occupé par une certaine opération psychique. Nous reconnaissons la conscience dans notre propre individu ; nous la *supposons* chez les autres.

§ 5. — LA CONSCIENCE D'AUTRUI CONSIDÉRÉE  
COMME « EJECT »

La nature de cette supposition diffère entièrement de celle de l'hypothèse que nous faisons à chaque instant dans ce que nous avons appelé les constructions, à l'aide d'un groupe limité d'impressions immédiates des sens. Je perçois la forme, la taille et la couleur du tableau noir, et je *suppose* que je le trouverai dur et pesant. Dans ce cas, les propriétés supposées peuvent être soumises à l'épreuve directe de l'impression immédiate des sens. Je peux toucher et soulever le tableau noir et compléter mon analyse de ses propriétés. Même le Capitole de Washington, dont je n'ai pas eu d'impression directe, peut être soumis à la même sorte

d'épreuves directes. Au contraire, la conscience d'un autre homme ne peut jamais être l'objet d'une impression directe des sens ; je puis seulement *inférer* son existence de la similitude apparente de nos systèmes nerveux, de l'observation, dans son cas et dans le mien propre, de la même hésitation entre l'impression sensorielle et l'action, et de la similitude existant entre son activité et la mienne propre. L'inférence n'est réellement pas aussi forte que les métaphysiciens voudraient nous en voir convaincus. C'est un jugement fondé, en dernière analyse, sur le fait physique de l'existence d'un intervalle entre l'impression et l'action ; encore que nous ne puissions, pour le moment, prouver physiquement l'existence de la conscience d'autrui, nous ne pouvons pas davantage démontrer physiquement que des pommes mûries sur la terre tomberaient à la surface d'une planète d'une étoile fixe, ni que les atomes constituent effectivement les parties composantes de la structure de la matière. On peut suggérer l'idée que si nos organes des sens étaient plus subtils, ou bien nos moyens de locomotion plus complets, nous pourrions voir les atomes ou porter jusqu'à quelque étoile fixe des pommes mûries sur la terre — en d'autres termes éprouver physiquement, ou par l'impression immédiate des sens, ces jugements. Mais :

« Lorsque je parviens à cette conclusion que *vous* êtes conscient, et que dans votre conscience il y a des objets semblables à ceux qui se trouvent dans la mienne, je n'infère pour le moment aucun des sentiments actuels ou possibles de moi-même, mais *vos* sentiments qui ne sont pas, et ne peuvent en aucune façon devenir des choses de ma conscience <sup>1</sup>. »

A cela on peut répondre que, si notre connaissance physiologique et notre habileté chirurgicale étaient suffisam-

1. W. K. Clifford, « On The Nature of Things-in-Themselves », *Lectures and Essays*, vol. II, p. 72.

ment parfaites, on conçoit qu'il me serait possible d'être conscient de vos sentiments, de reconnaître votre conscience comme une impression directe des sens, par exemple, en reliant le *cortex* de votre cerveau avec celui du mien grâce à une commissure appropriée de la substance nerveuse. La possibilité de cette vérification physique ne doit pas sembler plus éloignée que celle du voyage vers une étoile fixe. A la vérité, certains pensent que, en dehors de cette hypothèse de la jonction des nerfs, les opérations appelées vulgairement « l'anticipation des souhaits d'une autre personne », « la lecture de ses pensées », etc., comportent en elles-mêmes les éléments d'impressions sensibles de la conscience d'autrui, et ne sont pas des inférences tirées de l'expérience pratique, entièrement indirectes.

Clifford a donné le nom d'« *eject* » aux existences qui, comme la conscience d'autrui, sont seulement supposées, et ce nom convient très bien. Je doute que la distinction entre l'*object* (ce qui peut à la rigueur parvenir à ma conscience comme une impression directe des sens) et l'*eject* soit aussi marquée que nous pourrions le croire. Les mouvements physiques compliqués du cerveau d'une autre personne, on l'admet, peuvent sans doute être pour moi des réalités objectives, mais, d'un autre côté, la commissure hypothétique du cerveau ne me rend-elle pas justement aussi certain des opérations de la conscience d'une autre personne que je le suis de mes propres opérations? De ce point de vue, il ne semble pas nécessaire d'affirmer que la conscience est hors du domaine de la science, ou bien qu'elle échappe forcément aux méthodes de l'expérimentation physique. A l'heure actuelle, nous pouvons être assez loin de la connaissance, mais je ne vois aucun empêchement logique à cette affirmation que, dans l'avenir encore obscur, nous pourrions peut-être atteindre la

connaissance objective de ce qui apparaît simplement maintenant comme un *eject*. Nous pouvons dire en effet, sans aucune hypothèse dogmatique, que les effets psychiques peuvent tous être *réduits* au mouvement physique. Les effets psychiques sont sans aucun doute excités et accompagnés par l'action physique, et notre seule hypothèse est la supposition non-déraisonnable qu'un lien physique approprié peut transférer, d'un centre psychique à un autre, l'appréciation de l'activité psychique.

§ 6. — ATTITUDE DE LA SCIENCE  
A L'ÉGARD DES « EJECTS »

De certains points de vue, en effet, la conscience d'autrui nous paraît être plus à notre portée que beaucoup d'existences inférées. Bien des physiciens concluent à l'existence des atomes, quoique ils n'aient eu aucune expérience de l'atome individuel, parce que l'hypothèse de l'existence des atomes leur permet de résumer brièvement un certain nombre d'impressions sensibles. Nous supposons l'existence de la conscience d'autrui pour une raison exactement semblable ; mais dans ce cas, nous avons l'avantage de connaître au moins une conscience individuelle, à savoir, la nôtre. Nous voyons en nous-mêmes comment elle enchaîne les impressions sensibles et l'action qui en découle. Cependant, tandis que l'atome, de même que la conscience d'autrui, peut acquérir quelque jour peut-être la réalité objective, nous verrons plus loin que cela est impossible pour certains concepts dont la science fait usage, par exemple pour nos idées géométriques sur les courbes et les surfaces. Néanmoins, quoique ces concepts puissent être appelés des *ejects* plus logiquement, peut-être, que la conscience d'autrui, peu de personnes contesteraient que leur

origine ne soit dans les impressions sensibles, dont elles ont été extraites et isolées par le processus de la généralisation mentale auquel nous avons fait précédemment allusion (p. 58). Une catégorie encore plus importante de concepts, que nous sommes incapables de vérifier directement, sous une forme quelconque, par l'impression immédiate des sens, est celle des faits historiques. Nous croyons que le roi Jean a réellement signé la *Magna Charta*, et qu'il y eut une période où des champs de neige et des glaciers couvraient la plus grande partie de l'Angleterre; cependant ces conceptions ne peuvent à aucun moment être entrées dans la conscience comme des impressions directes des sens; elles ne peuvent être vérifiées par de semblables impressions. Ce sont des conclusions auxquelles nous sommes parvenus par une longue suite de déductions; elles prennent leur point de départ dans des impressions directes des sens et aboutissent à quelque chose qui, contrairement à ce qui a lieu pour l'atome ou pour la conscience d'autrui, ne peut en aucune façon être directement vérifié par les impressions immédiates des sens. Par conséquent, lorsque nous établissons que tout le contenu de notre esprit est en définitive basé sur les impressions sensibles, il nous faut reconnaître avec soin que, par la classification et par l'isolement, l'esprit a formé des conceptions qui sont fort éloignées des impressions capables de vérification immédiate. A tout instant, le contenu de notre esprit est très loin d'être identique à l'ensemble des impressions actuelles ou possibles des sens à cet instant. Perpétuellement nous tirons des inductions de nos impressions immédiates et de nos impressions emmagasinées quant aux choses qui sont soustraites à la vérification immédiate par les sens, — c'est-à-dire que nous inférons l'existence de choses qui n'appartiennent pas au monde objectif, ou qui, à aucun degré, ne peuvent être perçues immédiatement

comme appartenant à ce monde au moment présent. Si étrange que cela paraisse, la science est en grande partie fondée sur des inductions de ce genre. Ses hypothèses sont en grande partie hors de la région de l'immédiatement sensible ; elle met principalement en œuvre des concepts dérivés des impressions des sens, et non ces impressions elles-mêmes.

Il est nécessaire d'appuyer spécialement sur ce point, car on dit souvent que la méthode scientifique s'applique seulement au monde extérieur des phénomènes, et que le domaine légitime de la science se trouve seulement dans le champ des impressions immédiates des sens. L'objet du présent ouvrage est d'insister sur la proposition exactement contraire, à savoir que la science est en réalité une classification et une analyse du contenu de notre esprit ; la méthode scientifique consiste à former de justes comparaisons et des jugements au moyen d'empreintes accumulées, d'impressions antérieures des sens et de concepts auxquels celles-ci ont donné naissance. Tant que l'impression immédiate des sens n'a point donné naissance à une conception, ou du moins à une perception, elle ne peut former la matière d'une science. En réalité, le domaine de la science est beaucoup plus la conscience que le monde extérieur. En revendiquant ainsi pour la science la mission d'interpréter des conceptions plutôt que celle de chercher une « loi naturelle » réglant un « monde matériel extérieur », je dois rappeler au lecteur que la science considère toujours le contenu entier de l'esprit comme basé en définitive sur des impressions sensibles. Sans les impressions des sens il n'y aurait pas de conscience, pas de concepts dont puisse s'occuper la science. Puis nous devons noter avec soin que ni toute conception, ni à plus forte raison tout jugement, n'a forcément de valeur scientifique.

## § 7. — VALEUR SCIENTIFIQUE D'UN CONCEPT

Pour qu'une conception puisse avoir une valeur scientifique, il faut qu'elle soit consistante en elle-même, et puisse se déduire des perceptions de l'être humain normal. Par exemple, un centaure n'est pas une conception consistante en elle-même ; dès que nous eûmes atteint quelque connaissance de l'anatomie de l'homme et du cheval, le centaure devint une chose inintelligible — une notion contradictoire. De même que l'homme-cheval apparaît un composé d'impressions anatomiquement inconciliables, de même l'homme-dieu, dont le type vulgaire est Hercule, fut également regardé comme une chimère, un concept contradictoire en soi, dès que l'on eut clairement défini les caractéristiques physiques et mentales de l'homme. Mais, même si un esprit particulier acquiert une conception, qui, à quelque degré, soit parfaitement consistante pour cet esprit, il ne s'ensuit pas qu'une telle conception doive avoir une valeur scientifique, sauf dans les limites où la science est intéressée à l'analyse de cet esprit individuel. Quand une personne conçoit qu'une seule couleur — le vert — suffit pour décrire les fleurs et les feuilles d'un rosier de mon jardin, je sais que sa conception, après tout, peut être en parfaite harmonie avec ses impressions. J'affirme simplement que sa faculté perceptive est *anormale*, et je considère cette personne comme aveugle quant aux couleurs. Je puis étudier scientifiquement sa difformité personnelle ; mais sa conception n'a aucune valeur scientifique, car elle ne peut être déduite des perceptions de l'être humain normal. A la vérité nous devons procéder ici très prudemment, si nous voulons déterminer les conceptions consistantes en soi, qui ont une valeur scientifique. Avant tout, il nous faut noter qu'une conception

ne cesse pas d'être valide parce qu'elle n'a pas été déduite des perceptions par la majorité des êtres humains normaux. La conception qu'un nouvel individu naîtra de l'union de deux cellules mâle et femelle peut actuellement n'avoir jamais été déduite des perceptions d'une majorité d'êtres humains normaux. Mais si un être normal humain quelconque est exercé aux méthodes particulières de l'observation, et est placé dans des bonnes conditions pour effectuer des recherches, il tirera de ses perceptions cette conception et non sa négation. C'est donc en ce sens qu'il faut entendre l'affirmation que, pour avoir une valeur scientifique, une conception doit *pouvoir être inférée* des perceptions de l'être humain normal.

D'après le paragraphe précédent on voit combien il est important que les observations et les expériences scientifiques soient répétées aussi souvent et par autant d'observateurs que possible, afin d'être assuré que l'objet dont on traite a une valeur pour tous les êtres humains normaux, et n'est pas le résultat d'une faculté perceptive anormale. Ce n'est pas seulement, d'ailleurs, dans les expériences ou les observations qui peuvent être facilement répétées, mais plus encore dans celles qu'il est très difficile ou impossible de répéter qu'une grosse part de responsabilité repose sur l'auteur du compte rendu et sur le public appelé à accepter ses résultats. Un événement peut s'être produit en présence d'un nombre limité d'observateurs. Que l'événement lui-même ne puisse pas se reproduire, et qu'il soit complètement en désaccord avec notre expérience ordinaire, ce ne sont pas là, du point de vue scientifique, des raisons suffisantes en soi pour l'écarter. Cependant quelle charge pour les observateurs particuliers de se rendre compte si, dans l'espèce, leurs facultés perceptives étaient normales, et si leurs conceptions de ce qui s'est produit étaient justifiées par leurs per-

ceptions ! Un poids plus lourd encore pèse sur la généralité des hommes, qui doivent critiquer et éprouver le témoignage fourni par les observateurs, se demander s'ils étaient exercés à observer, calmes et de sang-froid au cours de l'événement rapporté. Peut-être étaient-ils dans un certain état d'exaltation, influencés par des conceptions antérieures, ou empêchés de voir clairement les choses par les circonstances physiques environnantes ? Bref, leurs facultés perceptives se trouvaient-elles, ou non, dans des conditions normales, les circonstances étaient-elles, ou non, telles qu'une perception normale fût possible. Il n'est guère contestable que, si la vérité ou la fausseté de l'événement ou de l'observation peuvent avoir des conséquences importantes pour la conduite, trop de doute vaut mieux socialement que trop de crédulité <sup>1</sup>. A une époque telle que la nôtre, laquelle est essentiellement une époque de recherche scientifique, la prédominance du doute et de la critique ne doit être considérée ni avec chagrin ni comme un signe de décadence. C'est une des sauvegardes, du progrès ; — *la critique est la vie de la science* <sup>2</sup>, il faut le répéter. Une des éventualités

1. Un bon exemple d'une catégorie d'expériences qu'il est difficile ou imprudent de répéter fréquemment peut être emprunté aux recherches de Brown-Séquard sur l'hérédité, chez les cochons d'Inde, des maladies acquises par leurs parents durant la vie. Ces recherches furent faites en grand et avec une grande dépense de temps et de vie animale (Brown-Séquard a employé plus de 500 cochons d'Inde à la fois.) Cependant nous devons confesser que si ces expériences avaient été conduites avec toutes les précautions que la critique de soi-même peut suggérer, l'« effet dégradant » de la maladie et de la douleur infligées à tous ces êtres vivants, eût été plus que compensé par la lumière que les expériences eussent projetée sur le problème socialement important de l'hérédité des caractères acquis. Malheureusement, pour beaucoup d'hommes de science, les conceptions et les inductions de Brown-Séquard ne semblent point avoir une validité suffisante ; cet opérateur avait encore à démontrer 1° : que toutes les précautions possibles pour l'exactitude des résultats ont été prises, 2° : si elles ont été prises, que les expériences peuvent raisonnablement être regardées comme capables de résoudre le problème proposé.

2. En français dans le texte.

les plus funestes pour la science, — elle n'est pas tellement irréalisable! — serait l'institution d'une hiérarchie scientifique qui considérerait comme hérétique tout doute sur ses conclusions, toute critique de ses résultats.

### § 8. — VALEUR SCIENTIFIQUE D'UNE INFÉRENCE

Une grande partie de ce que nous venons de dire, à propos de la valeur scientifique des conceptions, s'applique à la valeur scientifique des inférences, car les conceptions deviennent insensiblement des inférences. L'étendue du présent ouvrage ne nous permettra que de signaler brièvement les limites de la déduction et de l'induction scientifiques. Pour une étude plus complète, le lecteur se reportera aux traités de logique, en particulier aux chapitres sur la déduction et l'induction dans les *Principles of Science* de Stanley Jevons (spécialement aux chapitres IV-VII, X-XII). Tout d'abord, l'inférence qui possède une valeur scientifique est celle que pourrait former tout esprit normal logiquement entraîné, s'il était en possession des concepts sur lesquels on a fondé la déduction. Insistons sur la distinction entre les mots « pourrait former » et « formerait effectivement ».

Beaucoup d'esprits, qui ont clairement défini des conceptions, se refusent, soit par inertie, soit par tendance émotive, à en former les inférences qu'on en peut tirer. Une inférence scientifique pourtant logique — le témoignage de Darwin quant à la valeur de la sélection naturelle, par exemple, — met souvent des années à triompher de l'inertie du monde scientifique lui-même, et plus de temps encore peut s'écouler avant qu'elle constitue un facteur essentiel de la pensée de la majorité des esprits normaux. Cependant, tandis que des esprits logiquement exercés, qui pourraient porter un jugement, négligent fréquemment de le faire, par contre, des

esprits illogiquement entraînés consacrent malheureusement une grande partie de leurs énergies mal réglées à la production de toutes sortes de toiles d'araignée tissées au moyen de conclusions hâtives ; ils le font avec une telle rapidité que le balai de la logique ne peut calmer leur activité. Les superstitions médiévales relatives aux esprits et à la nécromancie sont à peine discréditées qu'elles réapparaissent sous le nom de théosophie et de spiritisme.

On pourrait négliger entièrement l'hypothèse sur quoi se fondent les jugements les plus vulgairement fallacieux, car elle est évidemment absurde, si elle n'était hélas ! aussi commune. Cette hypothèse est simplement : que l'argument le plus puissant, en faveur de la vérité d'un fait, est l'absence ou l'impossibilité d'une démonstration de sa fausseté. Notons quelques-uns de ses produits : — Tous les constituants des corps matériels doivent se trouver dans l'atmosphère ; il est impossible de prouver que ces constituants pourraient ne pas s'y trouver réunis <sup>1</sup>. *Ergo*, les Mahatmas du Thibet peuvent prendre d'eux-mêmes des formes matérielles dans la forêt Saint-John. — La science ne peut pas démontrer que l'action uniforme des causes matérielles écarte l'hypothèse d'un créateur bienveillant. *Ergo*, les impulsions primitives et les espérances de l'homme reçoivent confirmation de la science. — La conscience se trouve associée à la matière ; nous ne pouvons pas démontrer que la conscience ne coexiste pas avec *toutes* les formes de la matière. *Ergo*, toute matière est consciente, ou bien la matière et l'esprit ne se trouvent jamais qu'associées et nous pouvons parler légitimement de la « conscience de la société » et de la « conscience de l'univers ». Ce ne sont là

1. « C'est un fait digne d'être noté, que je n'avais pas complètement apprécié auparavant », remarque l'esprit non exercé, et il est déjà plus qu'à moitié converti à la théosophie.

que quelques exemples actuels de la pratique courante d'inférences illégitimes, — habituellement abritée, remarquons-le sous une infinité de mots, ce qui masque son évidente absurdité. Si l'on reconnaît combien les conclusions de cet ordre affectent grandement la conduite de la vie, et si l'ons aisis ensuite combien doit être fragile la base de cette conduite, combien ses fondations sont sujettes à être secouées au premier souffle vigoureux de la logique, nous comprendrons alors combien le doute honnête est plus sain pour la communauté, combien il est plus social, que le jugement sans réflexion, que la croyance au cœur léger et prompt. Le doute est du moins le premier degré de la recherche scientifique ; il vaut mieux, de beaucoup, être parvenu à ce degré que de n'avoir fait aucun progrès intellectuel.

#### § 9. — LES LIMITES DE LA CONSCIENCE D'AUTRUI

Nous ne pouvons mieux illustrer les limites assignées à l'inférence légitime qu'en reprenant l'exemple traité au paragraphe 5, et recherchant jusqu'à quel point nous pouvons supposer l'existence de la conscience et de la pensée. Nous avons vu (p. 66) que la conscience est associée à l'opération qui *peut* intervenir dans le cerveau entre la réception d'une impression, provenant d'un nerf sensoriel, et la dépêche d'un stimulant à l'action par l'intermédiaire d'un nerf moteur. La conscience est ainsi associée à un mécanisme physiologique d'un certain caractère, que nous résumons dans le cerveau et les nerfs. En outre, elle dépend du laps de temps entre l'impression sensible et l'action, cet intervalle étant rempli, lorsqu'il l'est, par la résonance mutuelle, par le tintement des impressions sensibles accumulées et par les conceptions qui en résultent. Là où il n'y a pas de mécanisme analogue, où l'on ne peut observer d'intervalle semblable ;

là, nous n'avons pas le droit de supposer une conscience. Nous observons chez nos compagnons ce même mécanisme et le même intervalle, et nous supposons la conscience; ce peut-être en tant qu'*eject*, mais *eject* qui, comme nous l'avons vu (p. 63) pourrait quelque jour, de façon improbable mais non inconcevable, devenir un objet. Dans les formes inférieures de la vie, nous observons un mécanisme à peu près semblable au nôtre, et un intervalle de plus en plus court entre l'impression sensible et l'action; nous pouvons raisonnablement supposer une conscience, peut-être peu active. En effet, nous ne pouvons pas poser notre doigt sur un type défini de la vie et dire: ici cesse la conscience; mais il est complètement illogique de conclure à son existence, là où nous ne pouvons trouver aucun intervalle entre l'impression reçue et l'action, ou bien là où nous n'apercevons aucun système nerveux. Du fait que nous ne pouvons pas déterminer la forme exacte de la vie matérielle là où cesse la conscience, nous n'avons pas plus le droit de conclure que la conscience est associée à toute vie, encore moins à toutes les formes de la matière, que nous ne devons supposer qu'il y aura toujours du vin mélangé à l'eau, parce que l'on peut mêler à l'eau une quantité de vin si petite que nous ne puissions déceler sa présence. La volonté aussi, comme nous l'avons vu, est en rapport étroit avec la conscience; c'est le sentiment que nous éprouvons en nous-mêmes, lorsque l'action découle de la réserve d'empreintes du passé « intérieures à nous », et non pas des impressions immédiates des sens que nous avons appelées « extérieures à nous ». Nous sommes donc justifiés à admettre le sentiment de la volonté, aussi bien que la conscience, dans des systèmes nerveux plus ou moins parents du nôtre; nous pouvons les projeter hors de nous-même, les *éjecter* dans certaines formes de la vie matérielle. Mais ceux qui les pro-

jettent dans la matière, où l'on ne peut trouver aucun système nerveux, ou même dans des existences supposées immatérielles, non seulement dépassent énormément les limites de l'inférence scientifique, mais forgent des conceptions qui, comme celle du centaure, sont inconsistantes en soi. De la volonté et de la conscience associées au mécanisme matériel nous ne pouvons rien conclure quant à la volonté et quant à la conscience sans ce mécanisme. Par l'artifice d'un nom commun nous passons à des choses dont nous ne pouvons absolument rien postuler, et dont nous sommes seulement incapables de nier l'existence, quand nous donnons à ce terme une signification opposée à celle qu'il a d'ordinaire <sup>1</sup>.

#### § 10. — LES CANONS DE L'INFÉRENCE LÉGITIME

Nous ne pouvons examiner plus complètement ici les limites de la croyance et de l'inférence légitimes. Nous reviendrons d'ailleurs sur ce sujet avec quelque détail quand nous considérerons la *Causation* et la *Probabilité* dans le chapitre iv. Mais il peut ne pas être sans utilité d'exposer, avec quelques remarques explicatives, certains canons de l'inférence légitime, laissant le lecteur, s'il le désire, pénétrer davantage le sujet en se reportant aux *Principles of Science* de Stanley Jevons, ou bien à l'essai de Clifford *The*

1. La conscience sans un système nerveux est semblable à l'homme sans une colonne vertébrale — une chimère, dont nous nions « l'existence » dans le langage ordinaire. Nous ne pouvons pas démontrer qu'un homme sans épine dorsale ne peut pas exister « en dehors » de l'univers physique ; seulement ce ne serait pas un homme et il n'existerait « nulle part ». L'existence de quelque chose dont nous ne pouvons rien postuler, à aucun endroit, ne peut jamais être légitimement déduite de conceptions basées sur les impressions des sens. Un tel homme serait semblable à la divinité de Meister Eckehart, qui était un non-dieu, un non-esprit, une non-personne, une non-idée, et de qui, dit-il, toute assertion doit être plus fausse que vraie.

*Ethics of Belief*. Nous devons d'abord noter que, dans notre langage, le sens du mot *croissance* a un peu changé : autrefois ce mot indiquait une chose considérée comme définitive et certaine sur la base de quelque autorité extérieure ; de nos jours, l'usage de ce mot s'est plutôt développé pour indiquer le crédit donné à une chose, d'après une appréciation plus ou moins suffisante des probabilités <sup>1</sup>.

Le changement de l'usage marque la transition graduelle, depuis la foi sans critique jusqu'à la probabilité pesée. Les canons auxquels nous nous référons sont les suivants :

1° Là où il est impossible d'appliquer la raison de l'homme, c'est-à-dire là où il n'est pas du tout possible de critiquer et de procéder à des recherches, non seulement il est peu avantageux, mais même il est anti-social de croire.

Ainsi la croyance doit être regardée comme un auxiliaire de la connaissance, comme un guide de l'action là où la décision est nécessaire, mais où la probabilité n'est pas assez puissante pour s'élever jusqu'à la connaissance. Croire dans une sphère où nous ne pouvons pas raisonner est anti-social, car c'est un fait d'expérience commune qu'une telle croyance nuit à l'action dans les sphères où l'on peut raisonner.

2° Nous ne pouvons juger de ce que nous ne pouvons pas vérifier par les impressions directes des sens que dans le cas où nous passons de choses connues à des choses inconnues de même nature, dans des conditions analogues.

Ainsi nous ne pouvons pas supposer une conscience « infi-

1. Comparez l'ancien emploi dans les passages bibliques, tels que « Le cœur de Jacob faiblissait car il ne les croyait pas » et « A moins de voir des signes et des prodiges, vous ne croirez pas » — ou bien la définition que Locke a donné de la croyance : adhésion à une proposition dont on est *persuadé*, mais qu'on ne peut pas reconnaître pour vraie, — avec l'usage actuel, comme dans : « Je crois que vous trouverez une voiture à la station, et que le train part à huit heures et demie. »

nie » en dehors des circonstances physiques environnantes de la conscience finie ; nous ne pouvons pas supposer dans la lune un homme de nature semblable à la nôtre, parce que les circonstances physiques ambiantes dans la lune ne sont pas celles où l'homme est placé sur la terre, etc, etc.

3° Nous pouvons conclure à la vérité de la tradition, lorsque cette dernière présente le même caractère que l'expérience actuelle de l'homme et la continue ; et lorsqu'il existe des fondements raisonnables de croire que l'origine en remonte à des personnes qui connaissent les faits et qui rapportaient ce dont elles avaient connaissance.

La tradition que Wellington et Blücher gagnèrent la bataille de Waterloo remplit les conditions nécessaires, alors que le miracle de Charlemagne et de la couleuvre ne remplit aucune des deux conditions.

4° Tandis que dans les actes inférieurs de la vie, où la rapidité de décision est importante, il est raisonnable de conclure d'après une faible évidence et de croire d'après un faible écart des probabilités, les vrais intérêts de la société sont opposés à ce qu'on prenne comme règle permanente de conduite une croyance basée sur une preuve insuffisante.

D'après ce canon, l'acceptation, comme guides habituels de la conduite, de croyances basées sur une évidence insuffisante entraîne un manque du sens propre de la responsabilité de l'individu, lorsqu'il s'agit des décisions importantes de la vie. Je n'ai pas le droit de croire à sept heures qu'une voiture sera à la station à huit heures, si mon départ par le train à huit heures et demie est d'une importance vitale pour d'autres.

## § 11. — L'UNIVERS EXTÉRIEUR

Avant de tirer de notre discussion actuelle des conclusions relatives aux faits de la science, nous devons une fois de plus revenir aux impressions immédiates des sens et examiner leur nature d'un peu plus près. Nous avons l'habitude de parler du « monde extérieur », de la « réalité » en dehors de nous. Nous désignons des objets individuels ayant une existence indépendante de la nôtre. Cependant l'accumulation des impressions antérieures des sens, nos pensées et nos souvenirs, sont envisagés comme étant à l'intérieur de nous-mêmes quoique fort probablement, en dehors de leur élément psychique, ils soient en correspondance étroite avec quelque changement physique ou quelque empreinte du cerveau. D'autre part, si un nerf sensoriel est brusquement séparé du cerveau, nous perdons la catégorie correspondante d'impressions sensibles ; néanmoins, nous envisageons diverses impressions, telles que la forme et la contexture, comme existant en dehors de nous. Dès lors, à quel degré pouvons-nous actuellement approcher de ce monde supposé en dehors de nous ? Exactement aussi près, mais pas plus près, que les terminaux cérébraux des nerfs sensoriels. Nous sommes comme l'employé du bureau central téléphonique qui ne peut approcher de ses clients plus près que de l'extrémité des fils téléphoniques. En fait nous sommes plus mal partagés que cet employé car, pour pousser jusqu'au bout l'analogie, nous devons supposer *que l'employé n'est jamais sorti du bureau téléphonique, qu'il n'a jamais vu un client ou quelqu'un de semblable à un client — bref, qu'il n'a jamais été en contact avec le monde extérieur, sauf par l'intermédiaire du fil téléphonique.* De cet univers « réel » en dehors de lui, il ne pour-

rait former aucune impression directe ; pour lui, l'univers réel serait l'ensemble des constructions qu'il a édifiées d'après les messages transmis à son bureau par les fils téléphoniques. Sur ces messages, et sur les idées qu'ils ont fait naître dans son esprit, il pourrait raisonner et tirer des conclusions, et ses conclusions seraient correctes — pour qui ? Pour le monde des messages téléphoniques, pour le type des messages qui passent par le téléphone. Il pourrait connaître quelque chose de défini et de valable quant aux sphères d'action et de pensée de ses abonnés, mais, en dehors de ces sphères, il n'aurait aucune expérience. Renfermé dans son bureau, il n'aurait jamais vu ni même touché un abonné *en personne*.

L'*ego* conscient de chacun de nous, situé aux points terminaux cérébraux des nerfs sensoriels est tout à fait dans la situation du téléphoniste. L'*ego* ne peut avancer près du « monde extérieur » plus loin que ces terminaux et il n'a aucun moyen de savoir ce que sont en eux-mêmes et pour eux-mêmes les abonnés de son bureau nerveux. Les messages, sous la forme d'impressions des sens, arrivent en abondance de ce « monde extérieur » ; nous les analysons, nous les classons, nous les accumulons et nous raisonnons sur eux. Mais nous ne savons absolument rien de la nature des « choses en soi », de ce qui peut exister à l'autre extrémité de notre système de fils téléphoniques.

Peut-être le lecteur remarquera-t-il : « Non seulement je puis voir un objet, mais je puis le *toucher*. Je puis suivre la trace du nerf depuis l'extrémité de mon doigt jusqu'à mon cerveau. Je ne suis pas comme l'employé des téléphones ; je peux suivre le réseau des fils jusqu'à leurs points terminaux et trouver ce qui est à leur autre extrémité. » Le pouvez-vous, lecteur ? Pensez pour un instant que votre *ego* est parti pour un moment de votre cerveau-poste. L'impression

sensorielle que vous appelez le toucher a été, exactement comme la vue, ressentie à l'extrémité cérébrale d'un nerf sensoriel. Que vous a également révélé le nerf depuis l'extrémité de votre doigt jusqu'à votre cerveau ? Eh bien, ce sont aussi des impressions sensorielles, messages envoyés le long des nerfs sensoriels optiques ou tactiles. En vérité, tout ce que vous avez fait, c'est d'employer un abonné de votre poste téléphonique à vous décrire à peu près le fil qui vous met en communication avec un second abonné ; mais vous êtes exactement aussi loin que jamais de vous représenter les fils téléphoniques d'un abonné particulier et de savoir quelle est en soi sa nature.

L'impression immédiate des sens est exactement aussi éloignée de ce que nous appelons le « monde extérieur » que l'ensemble des empreintes accumulées. Si, dans des occasions antérieures, notre téléphoniste a enregistré, à l'aide d'un phonographe, certains des messages du monde extérieur ; si ensuite, à la réception d'un message quelconque, plusieurs phonographes répètent des messages antérieurs, nous avons encore une image de ce qui se passe dans le cerveau. Les deux instruments téléphone et phonographe sont également éloignés de ce que l'employé pourrait appeler le « monde réel extérieur » mais ils lui permettent de construire un univers à l'aide de sons ; ces sons, qui se produisent réellement à l'intérieur de son bureau, le téléphoniste les projette hors du bureau, et il les désigne comme l'univers extérieur. Il construit ce monde extérieur d'après le contenu de ces sons intérieurs, qui diffèrent des choses en soi aussi complètement que le langage, ce symbole, différera toujours de la chose qu'il symbolise. Pour notre téléphoniste, ces sons seraient le monde réel, et cependant nous pouvons voir à quelles conditions ils seraient soumis et combien ils seraient

limités par le nombre des abonnés et par le contenu de leurs messages.

Il en est ainsi de notre cerveau; les sons du téléphone et du phonographe correspondent aux impressions immédiates des sens et aux impressions accumulées. Nous projetons ces impressions comme si elles étaient extérieures, et nous les appelons le monde réel en dehors de nous. Mais les choses en elles-mêmes, que symbolisent les impressions des sens, la « réalité », ainsi que les métaphysiciens désirent qu'on l'appelle, demeure, à l'autre extrémité du nerf, inconnue et inconnaissable. La réalité du monde extérieur repose, pour la science et pour nous, dans des combinaisons de la forme, de la couleur et du toucher — impressions sensibles aussi complètement différentes de la chose « à l'autre extrémité du nerf » que le son du téléphone l'est de l'abonné à l'autre extrémité du fil. Nous sommes claquemurés et confinés dans ce monde des impressions sensibles, de même que l'employé du poste téléphonique est confiné dans son monde des sons, et nous ne pouvons pas avancer d'un pas. De même que son monde dépend de son réseau particulier de fils téléphoniques et est limité par ce réseau, de même le nôtre dépend de notre système nerveux, de nos organes des sens. Leurs propriétés particulières déterminent la nature du monde extérieur que nous construisons. C'est la similitude des organes des sens et de la faculté perceptive de tous les êtres humains normaux qui fait que le monde extérieur est le même, ou *pratiquement* le même, pour tous<sup>1</sup>. Revenant à notre vieille comparaison, c'est comme si deux bureaux téléphoniques avaient des

1. Pas *exactement* le même, car l'étendue des organes des sens et leurs pouvoirs de perception varient quelque peu avec les différents individus, et probablement de façon énorme, si nous comprenons la vie d'autrui dans le champ des perceptions.

groupes d'abonnés à peu près identiques. Dans ce cas, un fil reliant les deux bureaux convaincrat bientôt les employés qui y sont emprisonnés qu'ils ont quelque chose de commun et de particulier. Dans notre comparaison, cette conviction correspond à la reconnaissance de la conscience d'autrui.

#### § 12. — LE DEHORS ET LE DEDANS DU MOI

Nous sommes maintenant en état de voir clairement ce que signifient la « réalité » et le « monde extérieur ». Nous projetons hors de nous-mêmes tout groupe d'impressions immédiates des sens et nous le considérons comme une partie du monde extérieur. Comme tel nous appelons ce groupe un *phénomène* et, dans la vie pratique, nous le dénommons *réel*. En même temps nous comprenons souvent, avec les impressions immédiates des sens, une autre chose tirée de notre réserve d'impressions antérieures, que l'expérience nous a appris à associer aux impressions immédiates. Ainsi nous supposons que le tableau noir est *dur*, quoique nous ayons vu seulement sa taille et sa couleur. Ce que nous appelons le monde réel est ainsi basé en partie sur des impressions immédiates des sens et en partie sur des impressions accumulées; c'est ce qu'on a appelé une *construction*. Pour un individu particulier, la distinction entre le monde réel et ce qu'il en pense est la présence de quelque impression immédiate des sens. — Ainsi, à tout instant, la distinction de ce qui est « au dehors » et « au dedans » de moi-même dépend entièrement de la quantité d'impressions immédiates des sens. Cela a été très habilement mis en évidence par le savant allemand bien connu, le professeur Ernest Mach. Sur un dessin qu'il a esquissé, on peut voir le professeur étendu sur le dos et fermant l'œil

droit; le dessin représente ce que voit l'œil gauche. « Dans un cadre formé par la ligne de mon sourcil, par mon nez et par ma moustache, apparaît une partie de mon corps, autant qu'il est visible, et aussi les choses et l'espace qui l'environnent..... Si j'observe un élément, A, à l'intérieur du champ de ma vision, et si je recherche sa relation avec un autre élément, B, à l'intérieur du même champ, je passe du domaine des sciences physiques à celui de la physiologie ou de la psychologie, comme si B passait à travers ma peau, suivant la pittoresque expression d'un de mes amis en voyant ce dessin<sup>1</sup>. »

Du point de vue où nous nous sommes placés, négligeant pour simplifier les contributions immédiates des sens autres que la vue, le dessin représentait la partie des impressions du professeur qui, pour le moment, formait son « monde extérieur » ; le reste était « intérieur » — n'existait pour lui que comme un produit d'empreintes sensorielles accumulées.

Il n'existe pas de meilleur exercice pour l'esprit que de s'efforcer de ramener les perceptions des « choses extérieures » aux simples impressions sensorielles, par lesquelles nous connaissons ces choses. On voit alors clairement que la distinction arbitraire entre l'extérieur et l'intérieur de nous-mêmes, n'est qu'une simple distinction de convenance pratique quotidienne. Prenons une aiguille ; nous disons qu'elle est mince, brillante, pointue, etc. Que sont ces propriétés, sinon un groupe d'impressions se rapportant à la forme et à la couleur, associées à des conceptions tirées d'impressions antérieures des sens ? Leur source immédiate est l'activité de certains nerfs optiques. Ces impressions forment pour nous la *réalité* de l'aiguille.

1. « The Analysis of the Sensations — Antimetaphysical », *The Monist*, vol. I, p. 59.

Néanmoins, ces impressions, ainsi que la construction qui en résulte, sont projetées hors de nous-mêmes, et supposées se trouver dans une chose extérieure « l'aiguille ». Or, par mégarde, nous nous enfonçons l'aiguille dans le doigt ; un autre nerf est excité et il naît une sensation désagréable que nous appelons douloureuse. Cette fois nous désignons l'impression comme « intérieure à nous-mêmes », et nous ne la rapportons pas à l'aiguille. Cependant la couleur et la forme qui, pour nous, constituent l'aiguille, sont des impressions intérieures des sens tout autant que la douleur causée par sa piqûre. Ainsi la distinction entre nous-mêmes et le monde extérieur n'est qu'une division arbitraire, quoique commode dans la pratique, entre un type d'impression des sens et un autre type. Le groupe d'impressions qui forme ce que j'appelle *moi-même* n'est qu'une petite subdivision du vaste monde des impressions des sens. J'ai le bras paralysé : je puis encore le désigner comme une partie de moi-même ; il se mortifie : je ne suis pas tout à fait aussi certain de pouvoir l'appeler une partie de moi-même ; le chirurgien le coupe ; il cesse maintenant de faire partie de ce groupe des impressions des sens que je dénomme « moi-même ». Il est clair que la distinction entre « l'extérieur » et « l'intérieur » entre une individualité et une seconde individualité n'est qu'une distinction pratique. Dans le groupe des impressions sensibles que nous dénommons un arbre combien sont des effets de la lumière et de l'atmosphère ? On ne peut tracer scientifiquement ce que l'on pourrait appeler les limites du groupe d'impressions que l'on appelle un individu. Mais nous reviendrons plus loin sur ce point.

§ 13. — LA SENSATION SOURCE PREMIÈRE  
DES MATÉRIAUX DE LA CONNAISSANCE

Lorsque nous considérons que l'esprit est entièrement limité, quant à son contenu, à cette source unique, les impressions des sens qu'il peut classer et analyser, associer et construire, mais toujours avec ces mêmes matériaux, soit sous leur forme immédiate soit sous leur forme accumulée, il n'est point difficile de comprendre ce que peuvent être uniquement les faits de la science, le sujet de la connaissance. La science, disons-le tout de suite, traite des conceptions dérivées, en dernière analyse, des impressions sensibles, et son domaine légitime est l'étendue entière de l'esprit humain. Ceux qui affirment que la science traite du monde des phénomènes extérieurs ne posent qu'une demi-vérité. La science en appelle uniquement au monde des phénomènes — aux impressions immédiates des sens — avec l'intention d'éprouver et de vérifier l'exactitude de ses conceptions et de ses inférences dont les premiers éléments, comme nous l'avons vu, sont constitués par ces mêmes impressions immédiates des sens. La science traite du contenu de l'esprit, du monde « intérieur » ; le but de son processus de classification et d'inférence est précisément celui de l'association instinctive ou mécanique, à savoir : permettre l'action la mieux calculée pour préserver la race et faire que l'individu ait plaisir à suivre ses impressions, avec la moindre dépense de temps et d'énergie intellectuelle. De ce point de vue, la science est une économie de pensée — un accord délicat, dans l'intérêt de l'individu, de ceux des organes qui reçoivent les impressions des sens et de ceux qui mettent en jeu l'activité. Avec la rapidité la plus grande, et avec le moindre effort intellectuel, l'esprit

scientifiquement armé apporte des conceptions bien établies tirées de ses impressions sensorielles accumulées pour les appliquer à ses impressions immédiates, c'est-à-dire au monde des phénomènes.

Retournons le problème dans tous les sens, réfléchissons-y autant qu'il est en notre pouvoir, nous ne pouvons aller au delà des impressions des sens, au delà des terminaux cérébraux des nerfs sensoriels. De ce qui est au delà de ceux-ci, de « la chose en soi », comme disent les métaphysiciens, nous ne pouvons connaître qu'une caractéristique ; nous ne la pouvons décrire que comme capable de produire des impressions sensibles, d'envoyer des messages au cerveau le long des nerfs sensoriels. Tel est le seul exposé scientifique possible de ce qui se trouve au-delà des impressions des sens. Mais, même dans cet exposé, il nous faut analyser avec soin notre pensée. Les méthodes de classification et d'inférence valables pour des impressions sensibles et pour les conceptions qu'elles déterminent, ne peuvent être projetées hors de notre esprit, loin de la sphère où nous les savons valables, dans une autre sphère inconnue et inconnaisable. Les lois de cette sphère, si nous pouvons parler de lois, doivent être aussi inconnues que son contenu ; et par conséquent parler de son contenu comme *produisant* des impressions sensorielles est une inférence douteuse, car nous affirmons que *la cause et l'effet* — une loi des phénomènes ou des impressions des sens — règnent dans une région située au delà de notre expérience<sup>1</sup>. Nous *nous connaissons* nous-mêmes, et nous *connaissons* autour de nous un mur impénétrable d'impressions des sens.

Il n'y a aucune nécessité, bien plus il y a faute de logique, à établir que derrière les impressions des sens se

1. On le verra plus clairement quand nous aurons discuté la signification scientifique de *la cause et de l'effet*. Voir chapitre VI.

trouvent les « choses en elles-mêmes » *produisant* ces impressions. A propos de cette sphère suprasensible nous pouvons philosopher et dogmatiser sans profit : nous ne pouvons jamais rien apprendre d'utile. En vérité c'est une extension injustifiable du terme connaissance que de l'appliquer à une chose qui ne peut pas être une partie du contenu de l'esprit. Ce qui est par derrière ou au delà des impressions des sens peut-il ou non présenter les mêmes caractères que les impressions sensibles, nous ne pouvons le dire. Nous sentons que la *surface* d'un corps est rude, mais nous ne pouvons dire si son noyau est dur ou tendre ; nous ne pouvons légitimement le désigner que comme un corps à surface rude. Il en est de même des impressions sensibles et de ce qui se trouve derrière elles ; nous pouvons faire seulement allusion à la contexture d'une impression sensorielle ou bien, en un sens quelque peu différent du sens habituel, à la *sensation*. D'après cela, nous entendrons par sensation ce dont le seul côté connaissable est l'impression sensible. En employant le mot *sensation*, au lieu d'impression nous aurons pour but d'exprimer notre ignorance, notre agnosticisme absolu, sur le point de savoir si les impressions des sens sont « produites » par l'inconnaissable « chose en soi » ou bien si, derrière elles, il existe quelque chose de conforme à leur propre nature <sup>1</sup>.

1. C'est là que se trouve le champ aride de la discussion métaphysique. Derrière les impressions des sens, et comme leur origine, les matérialistes placent la *matière* ; Berkeley plaçait *Dieu* ; Kant, et après lui Schopenhauer, plaçait la *volonté* ; et Clifford plaçait la *contexture de l'esprit* (mind stuff). Dans l'article déjà cité p. 81, le professeur E. Mach a réduit le monde extérieur à sa surface connue, l'impression des sens — qu'il appelle sensation — ne laissant dans le domaine de l'inconnaissable rien de plus que ce que nous entendons désigner par le mot sensation. La variété des conclusions ci-dessus laisse voir le marécage à éviter, principalement lorsque les conclusions ont pour but d'influencer le jugement dans le monde des sens.

Pour la science, le monde extérieur est un monde de sensations, et la sensation ne nous est connue que par l'impression des sens.

#### § 14. — OMBRE ET RÉALITÉ

Le lecteur qui aborde pour la première fois ces problèmes peut se sentir enclin à affirmer que, si le monde des impressions des sens est le monde de la connaissance scientifique, la science s'occupe d'un monde d'ombres et non pas d'un monde de substances réelles. Et cependant, si ce lecteur réfléchit à ce qui arrive quand il se cogne le coude contre la table, je pense qu'il admettra que ce sont les impressions de dureté, et peut-être de douleur, qui sont pour lui les réalités, tandis que la table, considérée comme « source de ces impressions des sens » est l'ombre. Il pourrait répliquer avec impatience : « Je vois la table — ses quatre pieds, ses poignées de cuivre, son dessus en chêne noir luisant sous la graisse des coudes de la dernière génération — voilà la réalité » ; qu'il s'arrête un moment pour rechercher si sa réalité n'est pas une construction d'impressions sensibles immédiates et accumulées, d'un caractère absolument identique à la précédente impression de dureté. Il se convaincra bientôt que la table *réelle* existe pour lui dans l'association permanente d'un certain groupe d'impressions, et que la table *ombre* est ce qui pourrait demeurer si l'on faisait abstraction de ce groupe d'impressions.

Revenons pour un instant à notre vieil ami le tableau noir, représenté pour nous par un complexe de propriétés (p. 49) : en premier lieu, la taille et la forme, puis la couleur et la température, et, enfin, d'autres propriétés telles que la dureté, la résistance, le poids, etc. Pour nous, le tableau noir consiste clairement dans l'association permanente de

ces propriétés, dans une construction d'après nos impressions sensorielles. Faisons abstraction de la taille et de la forme, en conservant toutes les autres propriétés ; le groupe a cessé d'être le tableau noir, quelque autre chose qu'il soit. Supposons que la couleur disparaisse, et de nouveau le tableau noir a cessé d'exister. Finalement, si la dureté et le poids venaient à s'évanouir, nous pourrions *voir* le fantôme d'un tableau noir ; mais nous nous convaincrions bientôt nous-mêmes que ce n'était pas la « réalité » que nous avons appelée tableau noir. Maintenant, comme le lecteur peut penser que ce tableau noir a eu une trop longue existence, du moins dans les pages de ce livre, appelons un menuisier à le débiter en morceaux, pour construire avec les morceaux une table à quatre pieds. Afin de masquer les défauts évidents d'une telle table, nous la ferons recouvrir d'une épaisse couche de vernis. Nous avons maintenant une table rouge à quatre pieds. Ce n'est plus un tableau noir, et toute personne qui ne connaîtrait pas son origine pensera que nous sommes fous si nous l'appelons un tableau noir. Cependant, nous nous ferons probablement comprendre en exposant que la « même matière » qui était autrefois dans un tableau noir se trouve maintenant dans la table rouge. Cette explication est bien appropriée aux buts pratiques, mais, peut-elle nous amener à une conception exacte de l'individualité, si nous disons que le tableau noir et la table sont la *même* chose ? Une peinture nouvelle et, peut-être, des clous ont été ajoutés ; le menuisier peut avoir fourni quelque bois supplémentaire ; si même nous venons à nous servir de notre table, un pied peut disparaître et être remplacé par un neuf ; après quelque temps, il y aura avantage à avoir un nouveau dessus de table ; et de cette façon, la « matière » de la table peut cesser d'être la même que celle du tableau noir. Ou bien encore, puisque probable-

ment notre table est mauvaise, nous la briserons et nous la brûlerons ; et ainsi le tableau noir sera converti en gaz avec un peu de cendres ? Qu'est maintenant devenu le tableau noir ? La taille et la forme, la température et la couleur, la dureté et la résistance ont disparu. Il est vrai que le chimiste affirme que, si nous pouvions recueillir complètement les gaz et les cendres, une impression sensible du moins, celle du poids, resterait la même pour ceux-ci que pour le tableau noir primitif. Mais pouvons-nous définir la similitude comme la permanence d'un sous-groupe quelconque des impressions des sens, malgré les divergences de la majeure partie de ces impressions. Cette permanence peut être un anneau dans la succession de nos impressions, mais on peut difficilement la prendre comme base de la définition de l'individualité. Si les gaz et les cendres pouvaient être recueillis ! En réalité, ils ont été dispersés à tous les vents, et, dans la suite du temps, ils peuvent être absorbés par une autre vie végétale, pour reparaitre finalement, peut-être, sous la forme d'autres tableaux noirs, ou bien même de gigots de mouton. Qu'est devenue la « chose en soi » derrière le groupe des impressions des sens que nous appelions le tableau noir primitif ? En elle, il y a sûrement moins de permanence que dans nos impressions sensibles du tableau noir — beaucoup moins que dans cette conception purement mentale de l'uniformité de poids. N'est-il pas évident que, pour nous, la réalité du tableau noir consistait dans le groupement permanent de certaines impressions des sens, et que cette réalité a pour toujours disparu, excepté comme groupe d'impressions emmagasinées des sens.

## § 15. — INDIVIDUALITÉ

Examinons encore ce sujet d'un point de vue légèrement différent. Considérons un ami personnel, et supposons que sa taille, sa tournure, que tous les traits familiers de son visage changent ; supposons que l'ensemble de ses caractéristiques physiques soient profondément modifiées, ou disparaissent à la fois. Imaginons ensuite que ses dons, ses préjugés, les petites faiblesses qui nous le font réellement chérir, ses vues sur la littérature, la politique et les problèmes sociaux, que toutes ses conceptions de la vie humaine aient disparu ou bien soient complètement transformées. Bref, supposons qu'aient disparu toutes les impressions des sens qui constituent notre ami. L'ami aura clairement cessé d'exister pour nous, son individualité aura disparu. La « réalité » de l'ami consiste pour nous, non pas dans quelque obscure « chose en soi », mais dans la persistance de la majeure partie des impressions à l'aide desquelles nous l'identifions. Pratiquement, nous sommes accoutumés à parler d'un jeune garçon et de l'homme qu'il est devenu, comme d'un même individu ; mais le corps et l'esprit ont changé de façon tellement énorme que l'homme sentirait probablement que le garçon lui est parfaitement étranger, s'il était amené en sa présence. Nous éprouvons le sentiment gênant de choses étrangères quand nous regardons nos portraits d'il y a vingt ou trente ans. En effet, les attributs de l'homme et du jeune homme diffèrent tellement que, même si pratiquement nous les désignons comme la même personne, nous nous doutons qu'ils passeraient indifférents si, par hasard, ils se rencontraient dans la rue. Évidemment, un individu n'est pas caractérisé par quelque similitude de la chose en soi, mais bien par l'identité ou

la permanence d'un certain groupe d'impressions des sens ; c'est là la base de notre identification.

§ 16. — FUTILITÉ DE LA « CHOSE EN SOI »

Si, à deux moments différents, nous nous trouvons en présence de deux groupes d'impressions des sens qui diffèrent très peu l'un de l'autre, nous les désignons comme constituant le même objet ou le même individu, et, dans la vie pratique, la preuve de l'identité est la conformité des impressions des sens. Pour nous, l'individualité d'un objet consiste dans la conformité de la grande majorité de nos impressions à deux époques du temps. Dans le cas de croissance, ou de changement rapide dans un groupe d'impressions sensibles, on doit prendre ces époques de plus en plus rapprochées à mesure que la rapidité s'accroît. Une impression de l'uniformité se forme alors dans l'esprit de l'observateur ; celle-ci constitue, dans le cas du « monde extérieur », la reconnaissance de l'individualité et, dans le cas du « monde intérieur », le sentiment de la continuité de l'*ego*.

Les considérations de ce paragraphe sur ce que nous comprenons par une chose individuelle sont plus importantes qu'elles ne le paraissent peut-être à première vue au lecteur. Sommes-nous forcés de supposer une obscure « chose en soi » derrière un groupe d'impressions sensibles, afin de rendre compte de la permanence des objets, de leur existence en tant qu'individus ? Par les exemples cités, nous avons vu que la chose en soi devrait être supposée aussi fugitive que les impressions des sens, dont la permanence a été introduite en vue de l'explication <sup>1</sup>. Cependant,

1. A moins que nous suivions en fait le matérialisme grossier de Büchner, qui considère les impressions spéciales des sens, que nous appelons matérielles, comme la base de toutes les autres impressions

nous ne pouvons en être réduits à une recherche métaphysique sur la chose en soi, pour définir, dans un but pratique et scientifique, l'uniformité des objets. Regardant par ma fenêtre, je vois dans un *certain* coin de mon jardin un frêne dont les branches ont une *certaine* forme et une *certaine* taille ; le soleil joue sur cet arbre ; une *certaine* lumière et une *certaine* ombre sont visibles ; le vent retourne les feuilles des branches situées à l'ouest. Je ferme les yeux ; et, en les ouvrant, j'ai de nouveau un groupe complexe d'impressions, mais différant légèrement du dernier, car le soleil a abandonné quelques-unes des feuilles pour en frapper d'autres, et le vent est tombé ; mais il y a uniformité de la plus grande partie des impressions des deux groupes ; en conséquence, je les appelle un seul et même arbre individuel — le frêne de mon jardin. Si quelqu'un me dit que l'uniformité est due à une « chose en soi » qui introduit la permanence dans le groupe des impressions sensorielles, je puis aussi peu accepter ou nier son affirmation, que lui-même peut donner quelque preuve de cette obscure chose en soi. Il peut l'appeler *Matière*, ou bien *Dieu*, ou bien *Volonté*, ou bien *contexture de l'esprit* mais cela ne sert aucun but utile ; car c'est une chose qui est au-delà du champ des conceptions basées sur les impressions sensibles, au-delà de la sphère de l'inférence logique ou du savoir humain. Il est vain de postuler un inconnaissable obscur derrière ce monde réel des impressions sensibles dans lequel nous vivons. En tant que cet inconnaissable nous affecte, nous et notre conduite, il est composé d'impressions sensibles ; au-delà, ce ne peut être qu'imagination et non réalité si, vraiment, il est sage de supposer un *au delà*, de postuler que

des sens, ou comme la chose en soi. L'individualité de l'objet résulte alors de l'uniformité des éléments *inconnus* de la matière (voir chapitre VII).

la surface des impressions sensibles qui nous enveloppe doit nécessairement nous séparer de quelque chose qui se trouve au delà. Les choses inconnaissables ne nous aident pas à saisir comment les groupes des impressions sensibles restent liés de façon plus ou moins permanente. Notre expérience est qu'elles sont liées de cette façon, que leur association existe actuellement et qu'elle peut toujours subsister, aussi mystérieuse que l'est maintenant le processus par lequel les impressions antérieures des sens sont involontairement unies dans le cerveau. Pourquoi, dans mon esprit, la pensée « jardin » est-elle invariablement suivie par la pensée « chats » ? Je ne fais pas allusion à la base psychique de cette association. Je la reconnais dans l'expérience répétée du ravage que la race féline commet dans *mon propre* jardin. Mais quel est le *nexus physique* entre ces deux conceptions en tant qu'empreintes de mon cerveau ? Personne ne peut le dire ; et cependant il serait plus facile de résoudre ce problème que celui du *nexus* qui unit les impressions immédiates des sens désignées sous le nom d'objets. Lorsque la psychologie physiologique aura résolu le premier problème, alors peut-être ne sera-t-il plus insensé de discuter le dernier. En attendant, confessons notre ignorance, et travaillons là où, même à l'heure actuelle, on peut rentrer une moisson.

§ 17. — LE TERME CONNAISSANCE N'A PAS DE SENS QUAND ON L'APPLIQUE A DES CHOSES QUI NE PEUVENT ÊTRE PENSÉES.

Nous sommes maintenant, je crois, en état de saisir clairement ce que nous comprenons par les faits de la science ; nous voyons que le domaine de celle-ci est en définitive fondé sur les sensations. Le côté familier des sensations, celui des

impressions sensibles, engage l'esprit à former des constructions et des conceptions ; celles-ci, alors, par l'association et par la généralisation, nous fournissent l'ensemble des matériaux auxquels s'applique la méthode scientifique. Dirons-nous qu'il y a des limites à la méthode scientifique, — que notre pouvoir de connaissance est emprisonné dans les étroites limites des impressions sensibles ? La question est absurde jusqu'à ce qu'on ait démontré que l'on peut donner de la connaissance une définition comprenant ce qui n'existe pas dans le *plan* de la pensée humaine. Notre seule expérience de la pensée se trouve associée au cerveau de l'homme ; aucune inférence ne peut être légitime, si elle étend la pensée un peu plus loin que le système nerveux auquel elle est liée. Mais la pensée humaine a sa source ultime dans les impressions des sens, au delà desquelles nous ne pouvons aller. Par conséquent, nous ne pouvons démontrer la limitation nécessaire de notre connaissance qu'en prouvant qu'à l'intérieur de la sphère de la pensée humaine — la seule où l'on puisse légitimement dire que la pensée existe — il est des problèmes insolubles.

Pour moi, je n'ai jamais vu de semblable démonstration, et je ne crois pas qu'on puisse jamais en donner une. Nous devons tous confesser qu'à l'intérieur de la sphère des choses que l'on peut penser, notre connaissance est encore le fragment le plus vrai. Nous pouvons même aller jusqu'à dire que nous n'atteindrons jamais, dans un temps fini, la connaissance complète ; mais cette concession diffère complètement de l'affirmation que la connaissance des choses de la pensée est possible, et cependant, quoique possible, qu'elle doit être impossible à atteindre. Une telle affirmation doit être regardée comme irrémédiablement absurde, à moins que le mot connaissance soit appliqué à quelque relation existant entre des choses hors

de la pensée. Mais même cette application étendue du mot connaissance, outre la confusion qu'elle entraîne, ne nous avance pas davantage que si nous déclarons qu'un  $x$  sans signification existe entre un  $y$  et un  $z$  qu'on ne peut penser.

#### SOMMAIRE

1. — Les impressions immédiates des sens forment, dans le cerveau, des empreintes permanentes qui, psychiquement, correspondent à la mémoire. L'union des impressions immédiates des sens avec des impressions associées emmagasinées conduit à la formation de « constructions », que nous projetons « hors de nous mêmes » et que nous appelons des phénomènes. Pour nous, le monde réel réside dans de telles constructions et non pas dans les obscures « choses en soi ». « L'extérieur » et « l'intérieur » de soi sont de même finalement basés sur les impressions des sens; mais de ces impressions, par l'association mécanique et mentale, nous formons des conceptions et nous tirons des inférences. Ce sont là les faits de la science dont le domaine est essentiellement formé par le contenu de l'esprit.

2. — Lorsqu'un intervalle s'écoule, entre l'impression sensorielle et l'action, rempli par l'activité cérébrale qui marque la renaissance et la combinaison des impressions antérieures accumulées sous forme d'empreintes, nous disons que nous pensons ou que nous sommes conscients. La conscience d'autrui est une inférence qui n'a point encore été vérifiée par l'impression immédiate des sens, ce que nous appelons un *eject*; on conçoit cependant que cet *eject* pourrait devenir un objet. La conscience n'a aucune signification en l'absence d'un système nerveux analogue au nôtre; il est illogique d'affirmer que toute matière est consciente, et encore plus que la conscience, ou bien la volonté, peuvent exister en dehors de la matière.

3. — Le terme connaissance n'a aucune signification si on l'étend au delà de la sphère dans laquelle nous pouvons légitimement inférer la conscience, ou si on l'applique à des choses en dehors du plan de la pensée, c'est-à-dire à des termes métaphysiques élevés à une certaine dignité sous le nom de concepts, quoique, en définitive, ils ne découlent pas d'impressions des sens.

## BIBLIOGRAPHIE

Ces notices ont seulement pour but d'indiquer les ouvrages d'une lecture facile pour les étudiants; il serait oiseux de donner ici une liste des philosophes classiques. Cependant, avec quelque hésitation, j'indique la *Critique de la raison pure* de Kant. Je ne connais pas de traité élémentaire relatif aux vues de Kant sur la « chose en soi ». Je citerai les ouvrages suivants comme étant d'une étendue modérée et facilement intelligibles :

- Berkeley (G.). — *An essay towards a New Theory of vision*, 1709; *A Treatise concerning the Principles of Human Knowledge*, 1710; et *Three Dialogues between Hylas and Philonous*, 1713; on les trouvera tous dans le 1<sup>er</sup> volume de l'édition de Wright des œuvres de G. B. 1843; une traduction française de ces dialogues a été publiée par MM. Beaulavon et Parodi, Félix Alcan, éditeur.
- Clifford (W. K.). — *Lectures and Essays* (« Body and Mind » et « On the Nature of Things-in-Themselves »). En outre : *Seeing and Thinking*. Macmillan's Nature Series, 2<sup>e</sup> édition 1880;
- Huxley (T. H.). — *Hume*, Macmillan, 1879;
- Mach (E.). — *Beiträge zur Analyse der Empfindungen.*, 1886. — En outre. « *The Analysis of the Sensations. Anti-metaphysical* », *The Monist*, vol. I, pp. 48-68; « *Sensations and the Elements of Reality* », *ibid.* pp. 393-400.
- Morgan (C. Ll.). — *Animal Life and Intelligence*, chapitres VIII et IX, Arnold, 1891.
- Pearson (K.). — *The Ethic of Freethought* (« Matter and Soul »). A. et C. Black. 1901.
-

## CHAPITRE III

### LA LOI SCIENTIFIQUE

#### § 1. — RÉSUMÉ ET REMARQUES PRÉLIMINAIRES

Les réflexions développées dans les deux premiers chapitres de cet ouvrage ont porté sur la nature et sur les matériaux de la science moderne. Ainsi que nous l'avons vu, les matériaux de la science correspondent à toutes les constructions et à tous les concepts de l'esprit. Nous projetons hors de nous certains de ces matériaux, notamment, les constructions associées aux impressions immédiates des sens, et nous les appelons faits physiques ou bien phénomènes ; nous sommes habitués à désigner les autres, obtenus par les procédés mentaux de l'isolement et de la coordination des impressions sensibles accumulées, sous le nom de faits mentaux ou bien de concepts. Dans le cas de ces deux classes de phénomènes, la méthode scientifique est la seule voie par laquelle nous puissions atteindre la connaissance. En effet, le mot même de connaissance ne s'applique qu'au produit de la méthode scientifique dans ce domaine. Ici comme ailleurs d'autres méthodes peuvent aboutir à des vues en quelque sorte fantaisistes, celle du poète ou du métaphysicien par exemple, ou bien à la croyance ou à la superstition, mais elles ne peuvent jamais aboutir à la connaissance. Quant à la méthode scientifique, nous avons vu,

dans le premier chapitre, qu'elle comprend essentiellement la classification soigneuse et souvent laborieuse des faits<sup>1</sup>, dans la comparaison de leurs relations et de leurs conséquences, et finalement, grâce à l'imagination disciplinée, elle implique aussi la découverte d'un bref exposé ou d'une *formule* qui résume en peu de mots un ensemble de faits.

Ainsi que nous l'avons vu, une semblable formule s'appelle une *loi scientifique*. De la découverte de telles lois résulte une certaine économie de pensée; l'association judicieuse des concepts formés à l'aide des impressions des sens accumulées permet l'exercice d'une action appropriée, avec le minimum de pensée, dès la réception d'une impression immédiate des sens. La connaissance des lois scientifiques nous met à même de remplacer ou de compléter, par l'association mentale ou la pensée, l'association mécanique ou l'instinct. Ainsi se forme la *prévision*, à l'aide de laquelle l'homme, bien mieux que les autres animaux, est capable d'exercer l'action opportune, dès la réception d'un nouveau groupe d'impressions sensibles. Nous sommes habitués à regarder la loi scientifique, ou, en quelque mesure, l'une de ses formes appelée « loi naturelle » comme une chose qui possède une valeur universelle : nous la considérons comme aussi vraie pour tous les hommes que pour son auteur. Bien plus, il ne manque pas de gens pour affirmer que la loi naturelle a une valeur tout à fait indépendante des esprits humains qui la formulent, la démontrent ou l'acceptent. Nous pouvons facilement observer qu'en réalité la validité de la loi naturelle offre quelque caractère *sui generis*. Le philosophe qui propose un nou-

1. Le lecteur aura soin de ne pas oublier que cette *classification* n'est point identique au simple recolement des faits. Elle implique l'association systématique de faits de même espèce, tandis que le recolement n'implique que le relevé de faits bruts.

veau système, ou le prophète qui proclame une nouvelle religion, peut être absolument convaincu de la vérité de son exposé ; mais l'expérience apprend, depuis un temps immémorial, que ni l'un ni l'autre ne peuvent *démontrer* cette vérité de façon que la conviction passe dans l'esprit de tout être raisonnable. Une formule philosophique ou religieuse, — par exemple, l'idéalisme de Berkeley, le scepticisme de Hume, ou bien le renoncement des mystiques du moyen âge — quelque sûrs que puissent être ses apôtres qu'elle comporte une démonstration rationnelle —, fait appel en réalité au tempérament individuel, et est acceptée ou rejetée suivant les sympathies émotives de l'individu. D'autre part, une formule, telle que celle proposée par Newton pour le mouvement du système planétaire, sera acceptée par tout esprit raisonnable, une fois qu'il a compris ses termes et analysé clairement les faits qu'elle résume<sup>1</sup>. Cela suffit à indiquer qu'il doit y avoir une grande différence entre les systèmes philosophiques et les systèmes scientifiques, entre les formules théologiques et les formules scientifiques. J'essaierai dans ce chapitre d'établir en quoi consiste cette différence, de mettre en évidence la signification du mot loi quand on l'emploie dans la science, le sens sous lequel nous pouvons dire que la loi scientifique a une valeur universelle.

## § 2. — LE MOT LOI ET SES DIVERSES SIGNIFICATIONS

En premier lieu, le mot *loi* rappelle probablement au lecteur les règles de conduite édictées par l'État, et appuyées

1. *Un seul* système de gravitation planétaire est accepté par le monde civilisé, mais plus d'une douzaine de systèmes théologiques et presque autant d'écoles philosophiques suffisent à peine, seulement pour notre propre pays.

sur des peines plus ou moins sévères dirigées contre certaines catégories de citoyens. Austin, l'auteur anglais le plus lumineux qui ait écrit sur la jurisprudence, et dont l'ouvrage bien connu<sup>1</sup> renferme une longue discussion de la signification du mot loi, remarque :

« Une loi, dans la plus générale et la plus compréhensive acception où le terme soit employé avec son sens littéral, peut se définir ainsi : c'est une règle établie pour qu'un être intelligent soit guidé par un être intelligent ayant pouvoir sur lui. »

Puis il observe que là où une telle règle existe, il y a un commandement, et que là où il y a *commandement* il existe un *devoir* correspondant. De ce point de vue, Austin procède à la discussion des divers types de lois, telles que la loi civile, la loi morale et la loi divine. On remarquera de suite que, dans la définition d'Austin, aucune place n'est laissée au sens scientifique. Il le reconnaît lui-même, car il écrit :

« A côté des diverses sortes de règles qui sont comprises sous l'acception littérale du mot loi, et de celles qui, bien qu'improprement, sont appelées lois en raison d'une analogie étroite et frappante, il y a de nombreuses applications de ce mot qui reposent sur une analogie assez frêle et qui sont simplement métaphoriques ou figuratives. Tel est le cas lorsque nous parlons des *lois* observées chez les animaux inférieurs ; des *lois* qui règlent la croissance ou le dépérissement des végétaux ; des *lois* qui déterminent les mouvements des corps inanimés ou des masses. Car là où il n'y a pas d'*intelligence*, ou bien là où celle-ci est trop limitée pour prendre le nom de *raison*, trop limitée, par conséquent, pour concevoir le projet d'une loi, il n'y a pas de *volonté* sur laquelle la loi puisse agir, que le devoir

1. *Lectures on Jurisprudence*, 4<sup>e</sup> édition, Londres, 1879.

puisse stimuler ou contenir. Cependant, par suite des fausses applications, brillantes comme les métaphores, d'un terme de signification limitée, le domaine de la jurisprudence et de la morale a été envahi par la fange de la spéculation » (p. 90).

Austin avait tout à fait le droit d'insister sur l'immense distance qui sépare l'emploi du terme *loi* dans la science et son emploi dans la jurisprudence. Il n'y a aucun doute que l'usage du même mot pour désigner deux conceptions totalement différentes ait entraîné une grande confusion. Mais d'une part, si l'application évidemment fautive du sens scientifique du mot *loi* aux domaines de la jurisprudence et de la morale a inondé ceux-ci d'une « spéculation fangeuse », d'autre part, il n'est pas moins certain que la fautive application du sens légal et moral du terme a été également désavantageuse à la netteté de la pensée, dans le domaine de la science. Lorsqu'il écrivit le passage ci-dessus, Austin pensait probablement à des ouvrages tels que la *Philosophie de la Loi* de Hegel, où nous trouvons l'idée du caractère permanent et absolu de la loi scientifique, appliquée à la construction d'un système de loi civile ou morale absolue qui, d'une manière ou de l'autre, se réalise dans les institutions humaines. Pour l'esprit qui a bien saisi le principe de l'évolution et son facteur spécial, la sélection naturelle, les lois civiles et morales d'une société donnée à une certaine époque, doivent apparaître comme les résultats ultimes de la lutte pour l'existence entre cette société et les sociétés voisines. A un moment donné, les codes civils et moraux d'une communauté sont ceux qui, en moyenne, sont le mieux adaptés à ses besoins courants, et sont le mieux calculés pour maintenir sa stabilité. Ils sont très plastiques, et changent à chaque époque, suivant le développement et le changement des conditions sociales. Ce qui est légal est ce qui

n'est pas défendu par les lois d'une société particulière à une époque déterminée ; ce qui est moral est ce qui tend au bien-être d'une certaine société à un moment déterminé. Nous connaissons bien les changements continuels de la vie civile ; en fait, nous maintenons un corps politique important, le Parlement, dont la principale fonction est de modifier et d'adapter nos lois, afin qu'à chaque époque celles-ci soient le mieux capables d'aider la communauté dans sa lutte pour l'existence. Nous sommes, peut-être, moins conscients des changements de la loi morale, mais ils n'en sont pas moins réels. Il y a très peu d'actes qui n'ont pas été moraux à une période quelconque du développement de telle ou telle société, et, en fait, il y a beaucoup de questions à l'égard desquelles notre jugement moral est complètement différent de celui de nos grands-pères. C'est la relativité, ou la variabilité suivant l'âge et la communauté, de la loi civile et morale qui, je crois, a conduit Austin à parler quelque peu rudement de la spéculation qui confond cette loi avec la loi, entendue au sens absolu, de la science. Une loi, au sens légal ou moral, ne vaut que pour les individus et les communautés individuelles, et elle peut être abrogée ou modifiée. Nous verrons par la suite qu'une loi scientifique est valable pour tous les êtres humains, aussi longtemps que leurs facultés de perception et de raisonnement demeurent sans modification matérielle. La confusion des deux idées produit cette « spéculation fangeuse » qui trouve des analogies entre les lois naturelles et celles du monde spirituel et moral.

Et comme ces deux idées tout à fait distinctes sont malheureusement désignées sous le même nom, nous devons, pour éviter toute confusion, rebaptiser l'une d'elles, ou, à défaut, nous devons à toute occasion être absolument sûrs de celui des deux sens avec lequel nous employons le mot. C'est ainsi

que, dans le premier chapitre, afin de ne pas perdre de vue le double sens du mot loi, j'ai essayé de le remplacer, lorsque j'avais à l'employer dans le sens scientifique, par une phrase telle que la suivante : « le bref exposé ou la formule qui résume les relations existant entre un groupe de faits. » En vérité il serait bon, si c'était possible, d'adopter le terme *formule*, tel qu'il a déjà été utilisé par les théologiens et les mathématiciens, et de le substituer au mot loi scientifique ou naturelle. Mais ce dernier terme a pris si fortement racine dans notre langage que vraiment il serait difficile maintenant de le remplacer. En outre, si le mot loi ne doit être employé que dans un seul sens, nous pourrions demander pourquoi ce serait plutôt l'homme de science que le juriste qui devrait renoncer à son droit sur le mot ? Les juristes disent que, historiquement, ils ont une prétention plus ancienne, que la loi civile existait longtemps avant la loi scientifique. C'est parfaitement vrai<sup>1</sup>, dans un certain sens, parce que les premiers essais de codification des lois relatives à la conduite des hommes vivant en communautés précédèrent toute reconnaissance consciente de lois scientifiques. Nous sommes alors directement conduits à une distinction très importante qui, lorsqu'on la néglige, est la source de beaucoup de confusions. La loi existe-t-elle avant d'être exprimée et d'être reconnue ? D'après Austin, au sens juridique, la loi n'existe certainement pas, car une telle loi implique un « commandement » et un « devoir correspondant » — c'est-à-dire son expression et sa reconnaissance. Que disons-nous alors, quant à la loi scientifique : — existe-t-elle réellement avant que l'homme lui ait donné son expression ? Le mot a-t-il quelque signification quand il n'est point associé à l'esprit de l'homme ? Je pense que nous

1. Pour les conclusions définitives concernant le droit historique au mot, voyez p. 119.

devons définitivement répondre non à ces deux questions, et je crois que le lecteur qui a lu soigneusement le second chapitre apercevra les fondements de cette allégation. Une loi scientifique est relative aux perceptions et aux conceptions formées par les facultés de perception et de raisonnement de l'homme ; elle n'a de signification que si elle est en relation avec ces facultés ; c'est le *résumé* ou la *brève expression* des relations et des consécutives de certains groupes de ces perceptions et conceptions ; elle n'existe que lorsqu'elle est formulée par l'homme.

### § 3. — LA LOI NATURELLE RELATIVE A L'HOMME

Considérons la branche de loi scientifique qui traite de ce qu'on appelle « le monde extérieur » — la loi naturelle. Nous avons vu que ce monde extérieur est une *construction*. Il consiste en objets construits, en partie d'après les impressions immédiates des sens, en partie d'après des empreintes accumulées. Pour cette raison, le « monde extérieur » est essentiellement conditionné par les facultés de perception et de mémoire de l'homme. Même les métaphysiciens, qui postulent les « choses en soi », admettent que les impressions sensibles ne leur *ressemblent* aucunement, et que les impressions des sens de l'homme, bien loin de représenter le produit complet des « choses en soi », ne sont probablement que la plus petite portion de leur « capacité de produire » une impression sensible. Ainsi, dire que la loi naturelle existe dans les « choses en soi » et en dehors de l'esprit de l'homme, c'est affirmer encore un  $x$  sans signification parmi un  $y$  et un  $z$  qu'on ne peut penser (p. 95). Si, pour l'homme, la nature est conditionnée par les facultés de perception et de mémoire, alors la loi naturelle est également conditionnée par ces facultés. Elle n'a aucune rela-

tion avec quelque chose au-dessus et au delà de l'homme, mais seulement avec les produits spéciaux de sa faculté perceptive. Nous n'avons pas le droit de supposer l'existence de la loi naturelle pour des choses dépourvues de faculté perceptive, ou même pour des facultés perceptives qui ne seraient pas rigoureusement semblables à celles de l'homme. Si l'on s'en était bien rendu compte, je crois qu'une grande partie de l'obscurité, qui enveloppe les conceptions vulgaires relatives à la « Nature », eût été dissipée.

Un bon exemple de la relativité de la loi naturelle est fourni parce que l'on appelle *la seconde loi de la Thermodynamique*. Cette loi résume un vaste ensemble d'expériences humaines, c'est-à-dire, de liaisons observées dans nos impressions, et embrasse un grand nombre de conclusions se rapportant, non seulement à la vie, mais aussi à la dissipation d'énergie que l'on se représente comme aboutissant à la fin de toute vie. L'appréciation de la relativité de la loi naturelle est si importante que le lecteur me pardonnera, je pense, de citer le passage entier dans lequel Clerk-Maxwell examine cet exemple<sup>1</sup>.

« Un des faits les mieux établis de la thermodynamique est que, dans un système enfermé dans une enveloppe ne permettant ni changement de volume ni passage de chaleur, et dans lequel la température et la pression sont partout les mêmes, il est impossible de produire une inégalité quelconque de température et de pression sans dépense de travail. — C'est la seconde loi de la thermodynamique et elle est vraie sans aucun doute, tant que nous ne nous occupons que de corps considérés dans leur masse, et que nous n'avons pas le pouvoir de percevoir ou de traiter les molécules séparées dont ils sont formés. Mais si nous concevons

1. *Theory of Heat*, 3<sup>e</sup> édition, p. 308, Londres, 1872.

un être dont les facultés seraient si aiguës qu'il pourrait suivre chaque molécule dans sa course, un tel être, dont les attributs seraient toujours essentiellement finis comme les nôtres, serait capable de faire ce qu'il nous est impossible d'accomplir à l'heure actuelle. Car nous avons vu que les molécules contenues dans un récipient plein d'air à une température uniforme se meuvent avec des vitesses qui ne sont nullement uniformes, quoique la vitesse moyenne d'un grand nombre d'entre elles, choisies arbitrairement, soit presque exactement uniforme. Supposons maintenant qu'un tel récipient soit divisé en deux parties, A et B, par une cloison percée d'un petit trou et qu'un être<sup>1</sup>, capable de voir les molécules individuelles, ouvre et ferme ce trou, afin de ne laisser passer de A en B que les molécules les plus rapides, et de ne laisser passer les plus lentes que de B à A. Par ce moyen, sans dépenser de travail, il élèvera la température de B et abaissera celle de A, ce qui est en contradiction avec la seconde loi de la thermodynamique ».

Pour rendre ce passage plus clair au lecteur non initié, nous ajouterons seulement que, dans la théorie cinétique des gaz, la température d'un gaz dépend de la vitesse moyenne de ses molécules. Or, la seconde loi de la thermodynamique résume avec une exactitude incontestée un vaste ensemble d'expériences humaines, à tel point qu'elle constitue une loi de nature, aussi bien que la loi de gravitation. Mais la théorie cinétique des gaz, hypothétique ou non, nous met à même de concevoir un démon dont la faculté de perception diffère de la nôtre plutôt en degré qu'en qualité, et pour lequel la seconde loi de la thermodynamique ne serait

1. Cet « être » est devenu célèbre sous le nom de « démon de Clerk-Maxwell » ; mais Clerk-Maxwell suppose que les attributs de cet être sont « essentiellement finis comme les nôtres » — particularité qui n'appartient pas communément aux démons.

pas nécessairement une loi de la nature. Une telle conception nous permet de saisir combien ce que nous appelons la nature dépend de la faculté qui la perçoit. Pas plus que l'impression sensorielle, la loi scientifique ne se trouve dans un univers extérieur et non conditionné par nous-même. Le démon de Clerk-Maxwell percevrait la nature comme une chose totalement différente de notre nature, et, à un moindre degré, la même chose est très probablement vraie pour le monde animal, et même pour l'homme aux différents stades de développement et de civilisation. Le monde de l'enfant, ou du sauvage, diffère considérablement du monde de l'homme normal civilisé. Une moitié des perceptions que ce dernier comprend dans une loi de nature, manquerait au premier. Notre loi des marées n'aurait aucune signification pour un ver aveugle du rivage, pour lequel la lune n'existe pas <sup>1</sup>. Par son contenu et par la manière dont on la perçoit, la loi de nature est essentiellement conditionnée pour chaque faculté perceptive. Donc, parler de la valeur universelle d'une loi de nature n'a de signification qu'autant que nous nous référons à un certain type de faculté perceptive, à savoir celle d'un être humain normal.

1. Le professeur Lloyd Morgan fait très bien ressortir ce point dans son ouvrage *Animal Life and Intelligence*. Après avoir indiqué le caractère complètement différent des organes des sens chez l'homme et chez les insectes, il continue : « Rappelez-vous leurs yeux composés, avec leur vision mosaïque, de beaucoup plus grossière que notre vision rétinienne, leurs ocelli de valeur problématique, et la complète absence d'accords, d'adaptations musculaires dans l'un ou dans l'autre. Pouvons-nous concevoir, qu'avec des organes si différents, quelque chose de tel qu'un monde perceptible semblable au nôtre puisse s'élaborer dans leur esprit d'insecte ? Pour moi je ne le peux pas. Si j'admets cependant que leurs perceptions peuvent être impartialement supposées analogues aux nôtres, que leur monde est le résultat d'une construction, je ne vois pas comment nous pouvons supposer un seul instant que le monde perceptible qu'ils construisent puisse être donné, à juste titre, comme ressemblant au nôtre ». [pp. 298-9, 356-7, 361].

§ 4. — L'HOMME CONSIDÉRÉ COMME FACTEUR  
DE LA LOI NATURELLE

L'autre problème dont nous nous occupons est l'existence ou la non-existence d'une loi scientifique avant qu'elle ait été formulée. Peut-être ici le lecteur se sentira-t-il porté à remarquer : « Admettons que la « Nature » soit conditionnée par la faculté perceptive de l'homme, sûrement la suite des perceptions de l'homme obéit à la même loi, que l'homme ait ou non formulé cette loi. La loi de la gravitation réglait le mouvement des planètes longtemps avant que Newton ne fût né ». Oui et non, lecteur ; la réponse dépendra de la façon dont nous définirons nos termes. — Les séquences qui se développent dans la perception humaine du mouvement des corps pesants étaient sans doute exactement les mêmes pour Ptolémée et pour Newton ; pour l'homme primitif comme pour nous-mêmes, le mouvement du soleil est une perception commune, mais une succession d'impressions n'est pas en elle-même une loi. Que les planètes se meuvent, qu'un poussin naisse d'un œuf, ce peuvent être des suites d'impressions sensorielles, ce peuvent être des faits dont s'occupe la science, mais ce ne sont point des lois en soi, tout au moins si l'on donne au mot loi une signification utile. On peut percevoir les changements de tout le système planétaire, et même on peut traduire en mots ces perceptions avec une perfection surpassant celle de l'observateur moderne le plus expérimenté, et cependant ni la suite régulière des perceptions en elle-même, ni la description n'impliquent l'existence d'une loi quelconque. La suite des perceptions doit être comparée aux autres suites, il doit en découler une classification et une généralisation ; les concepts et les idées, purs produits de l'esprit, doi-

vent être formés, avant que l'on puisse donner d'une suite de faits une description qui, par sa concision et sa compréhension, soit digne du nom de loi scientifique.

Notez que, dans tout ceci, ce n'est pas seulement le processus de la formation de la loi scientifique qui est mental ; la loi elle-même, lorsqu'elle est posée, comprend une association de faits naturels ou de phénomènes et de conceptions mentales, qui sont entièrement hors du domaine particulier de ces phénomènes. La loi ne pouvait exister sans les conceptions mentales ; elle ne vient au jour que lorsque ces conceptions mentales sont dès l'abord associées aux phénomènes. La loi de la gravitation n'est pas tant la découverte par Newton d'une règle fixant le mouvement des planètes que l'invention, que l'on lui doit, d'une méthode permettant de décrire brièvement les suites d'impressions que nous appelons mouvement planétaire. Il le fit en exprimant une conception purement mentale, à savoir, l'accélération mutuelle<sup>1</sup>. En premier lieu, Newton associa l'idée de l'accélération mutuelle d'un certain type avec un ensemble de phénomènes, et put ainsi établir une formule qui résume un grand nombre de suites d'observations, à l'aide de ce que nous pourrions appeler une sténographie mentale. L'établissement de cette formule fut moins la découverte que la *création* de la loi de gravitation. Ainsi l'expression : loi de la science, c'est-à-dire « loi de nature », signifie pour nous un résumé en sténographie mentale qui remplace une assez longue description de suites d'impressions des sens. Au sens scientifique, la loi est donc essentiellement un produit de l'esprit humain et ne possède aucune signification en dehors de l'homme. Elle doit son existence au pouvoir créateur de l'intelligence humaine. Il est beaucoup plus signi-

1. Le lecteur trouvera la définition et la discussion complètes de l'accélération mutuelle dans le chapitre VIII.

ficatif de dire que l'homme donne des lois à la Nature que d'énoncer la proposition inverse en disant que la Nature donne des lois à l'homme.

§ 5. — LE DOUBLE SENS DE L'EXPRESSION « LOI NATURELLE »

Nous avons ainsi marqué au moins un point de ressemblance entre la loi juridique et la loi scientifique qui, je pense, a échappé à Austin, à savoir, que toutes deux sont le produit de l'intelligence humaine. Mais en même temps nous avons vu la grande distinction qui les sépare. La loi civile implique un commandement et un devoir ; la loi scientifique est une description, et non point une prescription. La loi civile n'est valable que pour une communauté *spéciale*, à un moment *particulier*, la loi scientifique est valable pour *tous* les êtres humains normaux, et elle ne change pas tant que leurs facultés perceptives demeurent au même degré de développement<sup>1</sup>. Cependant pour Austin, et aussi pour beaucoup d'autres philosophes, la loi de la nature n'était pas dans la formule mentale, mais dans la répétition de la suite des perceptions. Ils projetaient hors d'eux-mêmes cette suite répétée de perceptions et la considéraient comme une partie du monde extérieur non conditionnée par l'homme et indépendante de lui. En ce sens, malheureusement beaucoup trop commun aujourd'hui, la loi naturelle existerait avant d'être reconnue par l'homme. En ce sens, la loi naturelle appartient à une lignée beaucoup plus ancienne que la loi civile, dont elle paraît être l'alliée. Si l'on retrace le développement historique de la loi civile, on trouve son origine

1. La faculté perceptive moyenne change probablement lentement, quoique insensiblement. Néanmoins, parmi les hommes, la faculté perceptive est maintenant de type assez stable, si on la compare au rapide changement qu'elle doit avoir subi pendant l'évolution de l'homme à partir des formes inférieures de la vie.

dans la coutume non écrite. Les coutumes que la lutte pour l'existence a peu à peu développées dans une tribu deviennent, par la suite, ses premières lois. Or, plus nous remontons dans le développement de l'homme, à travers des stages de barbarie de plus en plus accentuée, jusqu'à une condition purement animale, plus nous constatons que les coutumes se fondent dans les habitudes instinctives. Mais l'habitude instinctive d'un animal sociable est tout à fait analogue à ce qu'Austin aurait appelé une loi naturelle. Avec plus ou moins de continuité, on peut faire remonter aux habitudes instinctives des animaux vivant en troupes, les lois relatives à la propriété et au mariage dans les Etats civilisés de l'époque actuelle. Par conséquent, l'origine historique de la loi civile doit être cherchée dans la loi naturelle, au sens plus ancien de ce mot. En fait, les premiers juristes romains le reconnaissaient lorsqu'ils se référaient à une *lex naturæ*, considérée comme existant à côté de la loi civile. Ils considéraient que les animaux avaient une connaissance de cette loi de nature aussi bien que les hommes, et ils s'y référaient spécialement, en ce qui concernait le mariage et la naissance des enfants. Quelque outrée que la métaphore eût pu paraître à Austin, on voit maintenant que, lorsque nous parlons de lois observées par les animaux, l'usage du mot loi avec ce sens, est cependant très ancien, même parmi les juristes.

§ 6. — CONFUSION ENTRE LES DEUX SENS  
DES MOTS LOI NATURELLE

Mais les légistes romains reçurent simplement l'idée de loi naturelle des philosophes grecs ; et c'est principalement aux Stoïciens que nous sommes redevables d'une conception de la loi capable d'éclaircir l'espace d'obscurité dont

s'imprègne encore, dans beaucoup d'esprits, l'expression : loi naturelle. Les Stoïciens définissaient la nature comme l'univers des choses, et ils déclaraient que cet univers était guidé par la raison. Ils appelaient loi la raison, parce que c'est un pouvoir directeur qui défend et qui enjoint. Or, ils considéraient que la loi de nature prend en quelque sorte son origine dans la nature elle-même — il n'y avait pas de source de loi naturelle en dehors de la nature — et par conséquent ils définissaient cette loi de nature comme une force inhérente à l'univers. En outre, ils affirmaient que, puisque la raison ne peut être double et puisque l'homme a la raison aussi bien que l'univers, la raison de l'homme et celle de l'univers doivent être les mêmes. Par suite la loi de nature doit être la loi sur laquelle doivent se guider les actions des hommes.

La série d'assertions dogmatiques et d'inférences douteuses dont s'accompagne cette *argumentation* — qui ne nous est d'ailleurs parvenue que de seconde main<sup>1</sup> — est assez caractéristique. Cependant l'argumentation est digne de remarque car nous y trouvons malheureusement confondues les trois significations du mot loi dont nous avons parlé. Les Stoïciens passent de la loi scientifique à la *lex naturæ* — la simple suite des phénomènes — et ensuite à la loi civile et morale sans remarquer le moins du monde l'amplitude de leur saut ; et ce que les anciens philosophes ont fait dans cette voie a été surpassé par les dévôts de la philosophie et de la théologie naturelle à des époques plus récentes. Un seul exemple suffira peut-être pour le moment. Richard Hooker, théologien du xvi<sup>e</sup> siècle qui acquit une réputation remarquable en exposant des paradoxes basés

1. Marc Aurèle, IV, 4 ; Cicéron, *De legibus*, I, 6-7, Cf. T. C. Sandars, *The Institutes of Justinian*, p. xxii. Longmans, 1878.

sur une confusion entre la loi naturelle et la loi morale, définit ainsi la *loi* en général :

« Nous appelons loi ce qui fixe la manière d'être de chaque chose, ce qui modère la force et le pouvoir, ce qui prescrit la forme et la mesure de l'action » (*Ecclesiastical Polity*, Livre I, II).

Puis, Hooker considère que toutes les choses, y compris la nature, procèdent par opérations « ni violentes ni accidentelles ». Ceci le conduit à affirmer que ces opérations ont « une fin préconçue ». De ce point il poursuit et soutient que la nature est guidée par une loi et que cette loi est un produit de raison. Contrairement aux Stoïciens, Hooker place cette raison dans un créateur, Dieu, situé en dehors de la Nature et ne lui appartenant pas ; à part cela, sa doctrine et les conclusions qu'il en tire ressemblent étroitement aux idées stoïciennes. Cependant, il était averti du caractère élastique de la définition de sa loi, car il écrit :

« Ceux qui ont coutume de parler ainsi n'appliquent le nom de loi qu'à la règle opératoire qu'une autorité supérieure impose ; tandis que nous appelons loi, en étendant quelque peu le sens de ce mot, toute sorte de règle ou de canon qui donne une armature à nos actions » (Livre I, III).

Les vues de Hooker et des Stoïciens, que nous avons ainsi brièvement esquissées, méritent d'être soigneusement considérées par le lecteur, parce qu'elles font comprendre le genre d'erreur dans lequel nous tombons par l'emploi mal défini du mot loi naturelle<sup>1</sup>. Tout d'abord, ces philosophes

1. L'étude de cette erreur sur des exemples concrets devrait jouer un grand rôle dans le cours de notre éducation. A cet égard certains ouvrages ont une valeur permanente. Pour un étudiant en logique ou en jurisprudence, je ne conçois pas de meilleur exercice qu'une analyse des paralogismes du Livre I de Hooker *Ecclesiastical Polity*; pour un étudiant en sciences physiques une recherche des erreurs du livre de M. Grant Allen *Force and Energy*; ou bien pour ces deux catégories

partent de la conception de loi naturelle considérée comme simple enchaînement des phénomènes, comme succession ou routine d'impressions sensibles. Ensuite, de même que les matérialistes, ils projettent ces impressions dans un monde réel extérieur, non conditionné par les facultés perceptives de l'homme et indépendant de celles-ci. Puis ils concluent que la raison est derrière l'enchaînement des phénomènes. Or la raison ne nous est connue qu'associée avec la conscience, et nous ne trouvons la conscience qu'alliée à un certain type d'organisme nerveux. Ainsi il est injustifiable de conclure à la raison en partant de ce que l'on a précédemment admis comme étant en dehors et indépendant de ce type d'organisme nerveux ; ce peut être la matière d'un dogme, ce n'est point de la logique. Il n'y a guère de différence, si nous affirmons, avec les Stoïciens, que la raison est inhérente à la nature, ou si nous plaçons avec Hooker, le législateur hors de la nature, comme son créateur et son directeur tout à la fois. Ces deux affirmations sont complètement hors du domaine de la connaissance ; comme nous l'avons dit d'affirmations analogues, elles se rapportent à un  $x$  sans signification existant parmi un  $y$  et un  $z$  inintelligibles (c'est-à-dire parmi des « réalités » non conditionnées par les facultés perceptives de l'homme).

#### § 7. — LA RAISON DERRIÈRE LA NATURE

Mais on peut se demander comment il se fait que la conception qu'il y a une raison derrière les phénomènes soit si

d'étudiants, une étude critique de l'ouvrage de Drummond *Natural Law in the Spiritual World* ; on aura l'occasion d'un examen plus difficile de pseudo-science dans la première partie de l'ouvrage de J.-G. Vogt. « *Das Wesen der Elektrizität und des Magnetismus* ». Le pouvoir de critique et la connaissance logique que l'on peut atteindre par ce moyen offrent, à beaucoup de points de vue, autant d'avantages qu'une juste appréciation de la méthode acquise par l'étude de la science pure.

répandue ? Pourquoi tant de philosophes et de théologiens, ou même tant d'hommes de science<sup>1</sup> ont-ils adopté « la thèse du dessein « préconçu » (*argument from design*). Le devoir de la science n'est pas rempli lorsqu'elle a montré qu'une argumentation est fautive ; elle doit chercher l'origine de l'erreur et mettre en évidence le processus suivant lequel celle-ci s'est développée. Dans le cas présent, je ne pense pas que nous ayons beaucoup à chercher. Brièvement résumée, « la thèse du dessein préconçu » consiste dans une interprétation des lois de la nature, d'après laquelle celles-ci sont considérées comme l'œuvre d'un être raisonnable, ou bien comme un produit de la raison sous une forme ou sous une autre. Or, quoique dans la loi de nature, définie comme simple enchaînement des phénomènes, comme suite d'impressions sensibles, il n'y ait, autant que je puisse voir, aucune évidence de raison, au sens intelligible du mot, cependant, dans la loi de la science, et dans la branche que nous avons appelée ici loi naturelle, il existe une raison évidente. Aussitôt que l'homme commence à former des concepts à l'aide de ses impressions sensibles, à combiner, à isoler et à généraliser, il commence aussi à projeter sa *propre* raison dans les phénomènes, à remplacer dans son esprit les impressions accumulées des enchaînements antérieurs des phénomènes, par ces brefs *résumés* ou ces formules qui décrivent en sténographie mentale les suites des impressions sensibles. Il commence à confondre la loi scientifique, le produit de sa propre raison, avec le simple enchaînement des phénomènes, la loi naturelle au sens de Hooker et des Stoïciens. Comme il projette ses impressions hors de lui-même, et comme il oublie qu'elles sont essentiellement conditionnées par sa propre faculté de perception, inconsciemment il se

1. Par exemple les *Burnett Lectures on Light* de Sir G. G. Stokes, leçons des plus suggestives à d'autres égards et qui sont d'un maître.

sépare des produits de sa propre raison, les projette dans les phénomènes, à seule fin de les retrouver encore et de s'étonner que la raison les y place. C'est dans le double sens du mot loi naturelle que se trouve l'origine de beaucoup de spéculations obscures.

La raison que nous trouvons dans les phénomènes naturels y est sûrement placée par la seule raison dont nous ayons quelque expérience, à savoir la raison humaine. Dans le processus suivi pour classer les phénomènes et formuler la loi naturelle, l'esprit de l'homme introduit dans la nature l'élément de raison, et la logique que l'homme trouve dans l'univers n'est que le reflet de sa propre faculté de raisonnement. Un chien, s'il était capable de reconnaître l'instinct qui guide ses actions, supposerait très naturellement que l'instinct, et non pas la raison, est la base des phénomènes naturels, réfléchissant sa propre source d'action dans tout ce qu'il a observé autour de lui.

En vérité, il me semble plus logique de placer l'instinct plutôt que la raison derrière le coucher et le lever du soleil, car l'instinct, au moins, ne présuppose pas la conscience. Peut-être que si notre chien était un chien stoïcien, l'instinct lui semblerait inhérent à l'univers lui-même, tandis que s'il avait été élevé dans un presbytère, il imaginerait que sa niche est le produit d'un instinct *supercanin*. Mais tous deux, le chien et l'homme, en raisonnant au delà de la sphère des inférences légitimes, violent par là une règle fondamentale de la méthode scientifique. Cette règle, due pratiquement à Newton, nous défend de rechercher des causes superflues aux phénomènes naturels <sup>1</sup>.

1. *Causas rerum naturalium non plures admitti debere, quam quae et verae sint et earum Phaenomenis explicandis sufficiunt. Natura enim simplex est et rerum causis superfluis non luxuriat.* Principia (Editio Princeps, 1687, p. 402). Cette « simplicité de la nature » est, naturellement, un pur dogme, mais la *regula philosophandi* qui nous défend de

Nous ne devons pas rechercher de nouvelles causes pour expliquer un groupe quelconque de phénomènes, avant d'avoir démontré qu'aucune cause connue ne peut l'« expliquer ». Dans le chapitre suivant, nous verrons plus clairement ce que l'on doit entendre par les mots « cause » et « explication » ; mais pour l'instant, la règle de Newton suffit à nous montrer que les Stoïciens n'étaient pas scientifiques lorsqu'ils cherchaient des « raisons » inconnues ou inconnaissables inhérentes à la nature, avant d'avoir démontré que la seule faculté raisonnable à eux connue — savoir, celle de l'homme — était insuffisante pour rendre compte de l'élément rationnel qu'ils affirmaient observer dans la nature. Qu'est la raison ? Pourquoi pouvons-nous conclure à son existence ? Pouvons-nous partir de la raison admissible pour arriver à l'élément raisonnable de la loi naturelle ? — ce sont là des questions que, logiquement, les Stoïciens auraient dû se poser. Notre étonnement ne doit pas être excité par l'idée « qu'un si vaste ensemble de phénomènes est réglé (*sic*) par une loi aussi simple que celle de la gravitation, » mais nous devons exprimer notre étonnement que l'esprit humain soit capable d'exprimer par une description aussi brève de telles suites d'impressions des sens. Cette capacité de l'esprit humain suggère l'idée d'une harmonie, une relation entre les facultés de perception et d'entendement de l'homme — sujet auquel nous reviendrons plus tard.

§ 8. — RAPPORT ENTRE LES NOTIONS DE LOI CIVILE  
ET DE LOI NATURELLE

Partant de la définition de la loi donnée par Austin, nous nous plonger dans les causes superflues est fondamentale, pour notre vision de la science, en tant qu'économie de pensée.

avons trouvé qu'il était nécessaire de distinguer entre deux idées différentes fréquemment confondues sous la dénomination de « loi naturelle », savoir le simple enchaînement des phénomènes et la formule mentale qui donne l'expression brève de leurs liaisons. Avant de porter notre attention tout entière sur la dernière de ces notions, considérée comme concept scientifique de la loi naturelle, il peut être intéressant d'éclairer un ou deux autres points se rapportant à la loi civile et à la loi scientifique.

Tandis qu'Austin, pensant surtout à la loi naturelle, au vieux sens du mot, établit que toute relation entre la loi civile et la loi scientifique est simplement métaphorique, les Stoïciens et Hooker conçoivent que la raison ou le législateur, dont on reconnaît la présence derrière les phénomènes, doivent guider la conduite morale de l'homme. Si ces philosophes considéraient la loi naturelle comme le produit de la raison humaine, il n'y aurait guère lieu d'exiger de nouveaux commentaires ; mais, ainsi que nous l'avons vu, il est loin d'en être ainsi. Les Stoïciens nous disent que la raison ne peut être double, que la même raison doit agir à la fois chez l'homme et dans l'univers, et que par conséquent la loi civile de l'homme est identique à la loi naturelle<sup>1</sup>. La conclusion ne peut naturellement se justifier, car la *même* raison ne peut opérer dans deux domaines complètement distincts. Cependant, il est important de noter qu'aux deux sens, civil et moral, les lois sont des produits naturels ; ce sont des produits des phases particulières du développement humain. Ce développement est lui-même capable d'être traité par la méthode scientifique, et la suite de ses

1. Quant à « l'identité de la raison » l'argument n'est pas décisif ; mais peu de personnes donneront leur agrément au dicton de ce juge ancien et droit Sir John Powell, à savoir que « rien n'est loi qui n'est pas raison ».

degrés peut être exprimée par des formules scientifiques, ou bien par des lois naturelles, si l'on considère la loi civile et la loi morale comme des phénomènes objectifs. Ainsi la loi civile est un produit naturel, et n'est pas identique à une loi naturelle — pas plus que la configuration particulière du système planétaire à l'époque actuelle n'est identique à la loi de gravitation. Nous sommes maintenant, je pense, en état de tracer une séparation distincte entre la loi civile (ou morale) et la loi naturelle. La loi civile prend son origine dans la loi naturelle, dans l'ancien sens du mot (p. 111); son développement et sa variation peuvent, tout au moins dans leurs grandes lignes, être décrits par les brèves formules de la science, c'est-à-dire par des lois naturelles, au sens scientifique. Les lois civiles et morales sont les produits naturels des sociétés, et des classes à l'intérieur de la société, luttant à l'origine pour leur propre salut et plus tard pour un maximum de confort de l'individu et de la classe.

Suivant Austin, une loi civile est une règle établie pour qu'un être intelligent soit guidé par un être intelligent ayant pouvoir sur lui. Une telle règle varie suivant l'époque et suivant la société. D'autre part, une loi naturelle n'est point établie par un être intelligent pour un autre être intelligent; elle n'implique ni commandement ni devoir correspondant, et elle est valable pour tous les êtres normaux humains. Il a fallu aux hommes des siècles pour arriver à une pleine appréciation de cette distinction; il serait bon que pour marquer cette distinction, le sens du mot *loi* fût limité à l'une ou à l'autre de ses acceptions. Nous avons grand besoin de différencier les termes employés pour représenter, soit la routine des impressions des sens, soit la brève description, ou formule, de la science, soit les canons de la conduite sociale, ou bien encore pour représenter, soit

l'ordre perceptif, soit l'ordre descriptif, soit l'ordre prescriptif. Historiquement nous ne pouvons pas dire qu'aucun de ces ordres a plus de droits que les autres de revendiquer le titre de *loi*, car il sied de faire remonter les idées romaines sur la loi au moins à leur souche grecque. Là, dans le mot grec νόμος, loi, se trouve le nœud de la confusion, et, en même temps, apparaît l'origine historique de cette confusion. Le mot grec indique que la loi civile a eu son origine dans la coutume ; cependant Platon le fait dériver de « distribution de l'esprit »<sup>1</sup>. Pour les Grecs, depuis l'harmonie de la nature jusqu'aux accents d'un chant, il y avait quelque chose de la *loi*. Par conséquent, dans le concept d'ordre, ou de suite, se trouve l'origine historique du mot loi dans toutes ses acceptions ; et ainsi, ni les juristes, ni les hommes de science ne peuvent historiquement prétendre à la priorité. Nul auteur ne peut espérer redresser avec succès un usage aussi anciennement établi que celui qui s'attache au mot loi ; tout ce qu'il peut essayer, c'est de maintenir nettement distincts, dans l'esprit de ses lecteurs, les sens différents dans lesquels à toute occasion le mot est employé.

#### § 9. — SUPRASENSIBLE PHYSIQUE ET SUPRASENSIBLE MÉTAPHYSIQUE

Ayant maintenant analysé nos idées de loi, et obtenu une définition de la loi au sens scientifique, il peut être bon,

1. *Les lois*, IV, 714 ; voyez aussi, III, 700 et VII, 800.

2. Cependant, par commodité, dans le reste de cet ouvrage j'entendrai la loi naturelle au vieux sens du mot, soit comme une simple routine des perceptions, comme loi au sens *nomique*. La loi au sens *nomique* n'est donc pas un produit de la raison, mais un simple *ordre* des perceptions, tandis que le mot *anomie*, création de Bramhall, peut être commodément employé pour désigner une brèche dans la routine des perceptions.

même au prix de répétitions, de développer plus longuement nos conclusions et leur application à une théorie raisonnée de la vie. Des matériaux fournis par les sens, soit directement, soit sous la forme d'impressions accumulées, nous tirons des conceptions. Sur ces conceptions, nous raisonnons, en essayant de fixer leurs relations et d'exprimer leurs successions dans ces exposés concis, dans ces formules que nous avons appelées des lois scientifiques. Dans ce mode d'opérer, nous analysons souvent les matériaux des impressions sensibles en leurs éléments lesquels, en eux-mêmes, ne sont pas capables de former des impressions distinctes des sens. Nous atteignons des conceptions qui ne sont pas susceptibles de vérification directe par les sens ; c'est-à-dire que jamais, ou tout au moins quant à présent, nous ne pouvons affirmer que ces éléments ont une réalité objective (voyez p. 64). Ainsi les physiciens réduisent les groupes d'impressions sensibles que nous appelons substances matérielles aux éléments *molécule* et *atome*, et discutent le mouvement de ces éléments qui n'ont jamais été, et qui peut-être ne deviendront jamais, des impressions directes des sens. Aucun physicien n'a jamais vu ni touché un atome isolé. L'atome et la molécule sont des conceptions intellectuelles à l'aide desquelles les physiciens classent les phénomènes et formulent les relations réciproques de séries de ces phénomènes. D'un certain point de vue, ces conceptions du physicien sont suprasensibles, c'est-à-dire qu'à présent elles ne représentent pas des impressions directes des sens ; mais le lecteur aura soin de ne pas confondre ce genre de suprasensible avec celui du métaphysicien. Le physicien considère l'atome de l'une ou l'autre des deux façons suivantes : ou bien l'atome est réel, c'est-à-dire capable d'être une impression réelle des sens, ou bien il est idéal, c'est-à-dire est une conception purement mentale, à

l'aide de laquelle nous pouvons formuler les lois naturelles<sup>1</sup>. C'est un produit soit de la faculté de perception, soit de la faculté de réflexion, ou de la faculté de raisonnement, chez l'homme. L'atome peut passer de cette dernière classe à la première, de l'état idéal à l'état réel; mais jusqu'à ce qu'il en soit ainsi, l'atome demeure simplement un élément conceptuel servant de base au classement des impressions des sens; ce n'est pas un être actuel. D'autre part, le physicien affirme que l'existence du suprasensible est inconditionnée par les facultés de perception ou de réflexion de l'homme. Son suprasensible ne peut être une impression sensible et pourtant il possède une existence réelle en dehors de l'imagination des hommes. Il n'est pas besoin de dire qu'une telle existence implique un dogme non démontré et indémontrable. Néanmoins, on néglige fréquemment la grandeur de l'abîme qui sépare le suprasensible du physicien et celui du métaphysicien, et l'on dit qu'il est aussi logique de discuter de la « chose en soi » que de s'occuper des molécules et des atomes !

§ 10. — PROGRÈS RÉALISÉS DANS L'ÉNONCÉ  
DE LA LOI NATURELLE

Par la formation de conceptions, qui peuvent ou non avoir des équivalents perceptibles dans la sphère des impressions sensorielles, l'homme de science est capable de classer et de comparer les phénomènes. De leur classement il passe aux formules, ou lois scientifiques, qui décrivent leurs conséquences et leurs relations. Nous considérons qu'il a approché d'autant plus près d'« une loi fondamentale de la nature » que l'ensemble des phénomènes embrassés est plus étendu

1. C'est-à-dire, c'est une partie de la sténographie mentale du physicien.

et que l'exposé de la loi est plus simple. Le progrès de la science consiste dans la découverte continuelle de formules de plus en plus compréhensives, à l'aide desquelles nous pouvons classer les relations et les successions, pour des groupes de phénomènes de plus en plus étendus. Les formules anciennes ne sont pas nécessairement fausses<sup>1</sup> ; elles sont simplement remplacées par d'autres qui décrivent plus de faits dans un langage plus concis.

Nous ne pouvons mieux faire que d'analyser ce processus dans un cas spécial, le mouvement du système planétaire. Une partie facile à observer de ce mouvement est le passage quotidien du soleil, son lever à l'est et son coucher à l'ouest. On donna d'abord une description du mouvement en disant que le *même* soleil, qui se couchait à l'ouest, passait, caché par des montagnes situées au Nord, le long de la surface de la terre supposée *plate* et se levait de nouveau à l'est. Évidemment cette description était très insuffisante, mais c'était un premier effort vers une formule scientifique. On introduisit bientôt un perfectionnement sensible en limitant la surface de la terre et en supposant que le soleil passait sous la terre solide. Le mouvement du soleil observé conjointement avec le mouvement des étoiles conduisit les anciens astronomes à conclure que la terre était fixée au milieu de l'espace et que chaque jour le soleil et les étoiles tournaient autour d'elle. La description ainsi perfectionnée était encore loin d'être complète ; on observa que la position du soleil variait par rapport aux étoiles fixes. Graduellement et laborieusement on accumula des faits, et à un certain moment

1. C'est ce que les mathématiciens appelleraient de « premières approximations » lesquelles sont des vérités lorsque nous négligeons certaines petites quantités. Dans la nature, il arrive souvent que nous ne percevons pas l'existence de ces petites quantités, tant que nous n'avons pas eu pendant un temps assez long la « première approximation » comme terme de comparaison. Nous avons ensuite besoin d'élargir, non de rejeter, la loi.

les anciens astronomes conclurent que le soleil tournait chaque année dans le même cercle, ce cercle lui-même tournant une fois en un jour avec les cieux étoilés. Cette formule embrassait un ensemble plus considérable de phénomènes que les premières formules ; lorsqu'elle fut découverte elle fournit probablement une description aussi exacte que le permettaient les perceptions de l'homme relatives à la terre et au soleil. Hipparque la perfectionna en ne plaçant pas la terre tout à fait exactement au centre du cercle solaire ; il décrivit ainsi plus exactement certaines irrégularités apparentes du mouvement du soleil. Une description encore plus complète fut admise, environ trois cents ans après Hipparque, par Ptolémée (140 av. J.-C.), qui, attribuant à la terre une forme sphérique, considéra que la lune et le soleil se mouvaient circulairement chaque année autour de la terre ; les autres planètes se mouvaient aussi suivant des circonférences, dont les centres décrivaient à leur tour des circonférences autour de la terre. L'ensemble du système, de même que les étoiles, accomplissait une révolution journalière autour de la terre. Dès lors le fameux système de Ptolémée demeura pour un grand nombre de siècles la formule courante ; et même à ce jour les excentriques d'Hipparque et les épicycles de Ptolémée ne sont pas sans utilité comme éléments de la description moderne. Il serait faux, je pense, de dire que le système de Ptolémée était une explication *erronée* ; c'était simplement un essai insuffisant pour *décrire* dans un langage bref et exact un ensemble trop limité de phénomènes. Puis, à la fin du moyen âge vint Copernic, qui nous délivra de la sphère gênante qui portait les étoiles fixes, en considérant que la terre tourne autour de son axe, et aussi des épicycles, sinon des excentriques, en regardant le soleil, et non pas la terre, comme le point central du système. C'était là un progrès

immense dans la concision et l'exactitude de la description ; mais il restait encore plus de faits à comprendre dans la loi, plus de difficultés à analyser et à surmonter. Cette œuvre fut en grande partie exécutée par Képler, qui parvint à la conception que la terre et les planètes se meuvent suivant certaines courbes appelées ellipses, dont le soleil occupe un point non-central appelé foyer. La formule de Képler est une des œuvres les plus grandes de la méthode scientifique ; c'était l'œuvre d'une imagination disciplinée analysant une classification laborieuse et minutieuse de faits <sup>1</sup>.

Un exposé embrassant encore plus de faits que celui de Képler était cependant, non seulement possible, mais nécessaire ; Newton l'a donné dans une formule simple qui embrasse, non seulement le mouvement des planètes, mais encore celui de leurs satellites et des corps placés sur leurs surfaces. Cette formule est la loi bien connue de la gravitation ; exactement, c'est une *description* de ce qui se passe dans le mouvement planétaire, de même que les lois de Képler sont aussi une description ; c'est un exposé plus bref, plus exact et embrassant plus de faits. L'une de ces descriptions peut, tout aussi bien que l'autre, être appelée une loi naturelle.

La loi de la gravitation est une description concise de la *façon* dont chaque particule de matière, dans l'univers, change de mouvement par rapport à toute autre particule. Elle ne nous dit pas *pourquoi* les particules se meuvent ainsi ; elle ne nous dit pas *pourquoi* la terre décrit une certaine courbe autour du soleil. Elle résume simplement, en peu de mots, les relations observées entre un vaste ensemble de phénomènes. Elle économise la pensée en exposant, en

1. A savoir les observations remarquables de Tycho-Brahé. Non seulement Képler établit la forme des orbites planétaires, mais encore il spécifia, dans ses trois célèbres lois, la façon dont elles les décrivent.

sténographie conceptuelle, cette routine de nos perceptions qui forme pour nous l'univers de la matière pondérable.

Nous avons dans la loi de gravitation un excellent exemple d'une loi scientifique. Nous voyons dans son évolution les luttes continuelles de l'esprit humain pour atteindre une formule de plus en plus compréhensive et exacte. Enfin, Newton parvient à une formule si simple et embrassant un si grand nombre de faits que beaucoup ont pensé que rien de mieux ne pourrait être accompli dans cette direction. « Là » dit Paul du Bois-Reymond « se trouve la limite de notre connaissance possible ».

Si le lecteur saisit bien les caractères de la loi de Newton, il comprendra la nature de toute loi scientifique. Les hommes étudient un ensemble de faits — le contenu de leur faculté de perception dans le cas de la nature — ils classent et analysent, ils découvrent des relations et des consécutives, ensuite ils décrivent dans les termes, le plus simples possible, le plus grand nombre possible des phénomènes. Combien il est vain, alors, de dire de la loi de gravitation, ou à la vérité de toute autre loi scientifique, qu'elle *gouverne* la nature. De telles lois *décrivent* simplement ; elles n'*expliquent* jamais la routine de nos perceptions, les impressions sensorielles que nous projetons dans le « monde extérieur ».

La loi scientifique, produit d'une analyse rationnelle des faits, est toujours susceptible d'être remplacée par une généralisation plus large. Le remplacement d'une formule par une autre caractérise en fait la marche régulière du progrès scientifique. La seule preuve définitive que nous ayons de la vérité d'une loi, de la suffisance de sa description, la seule épreuve pour vérifier si notre intelligence a été assez aiguë pour atteindre une formule s'étendant à l'ensemble de tous les faits qu'elle déclare résumer, c'est la comparaison actuelle, effective, des résultats de la formule avec les faits eux-

mêmes, c'est-à-dire, l'observation historique ou l'expérimentation physique. Cette épreuve est tout ce qui marque la distinction entre l'hypothèse scientifique et la loi naturelle ; dès que s'accroît notre puissance de perception, la loi scientifique elle-même doit revenir à l'état d'hypothèse, et être de nouveau soumise à l'épreuve de l'expérience. Cependant, quel système philosophique, quelle imagination de l'esprit métaphysique dans la région du suprasensible est restée, comme la formule de gravitation de Newton, sans le moindre changement, sans la moindre variation dans son exposé, durant plus de deux cents ans. Assurément aucun ; tous les systèmes ont modifié leurs principes à chaque progrès de la connaissance positive. Ils n'ont pu supporter l'épreuve de l'expérience ; ce sont des fantômes, et non des vérités ; car, comme l'a dit Sir John Herschel :

« Le grand et le seul caractère de la vérité est sa capacité de supporter l'épreuve de l'expérience universelle, et de sortir sans changement de toute forme possible de discussion impartiale ».

#### § 11. — L'UNIVERSALITÉ DE LA LOI SCIENTIFIQUE

L'universalité, ou le caractère absolu, que nous attribuons à la loi scientifique est en réalité relative à l'esprit humain. Elle est conditionnée :

1° Par la faculté de perception. Le monde extérieur, le monde des phénomènes, doit être pratiquement le même pour tous les êtres humains normaux.

2° Par la faculté de réflexion. Les procédés d'association et d'inférence logique, le monde intérieur des empreintes accumulées et des conceptions, doivent être pratiquement les mêmes pour tous les êtres humains normaux.

Maintenant, lorsque nous groupons un certain nombre de

choses et que nous leur donnons le même nom, nous voulons seulement faire entendre qu'elles se ressemblent étroitement l'une l'autre en structure et en action. De là, lorsqu'il sera question d'êtres *humains*, nous nous référerons à une catégorie d'êtres qui, dans l'état de civilisation normale, ont des facultés de perception et de réflexion proches parentes. Par conséquent, il n'est pas surprenant que les êtres humains normaux perçoivent le même monde de phénomènes et souvent réfléchissent sur ce monde de la même manière. L'« universalité » de la loi naturelle, la « valeur absolue » de la méthode scientifique dépendent de la ressemblance entre les facultés de perception et de réflexion d'un esprit humain et celles d'un second esprit humain. Dans certaines limites, les esprits humains sont des machines réceptives et des cribles d'un type déterminé. De même que les distributeurs automatiques de bonbons, lorsqu'ils sont bien construits, refusent d'agir pour toute pièce de monnaie autre qu'un penny, les différents esprits n'acceptent que des catégories particulières d'impressions sensorielles; ayant reçu leurs matériaux, pourvu que ceux-ci soient en bon ordre d'élaboration, ils les disposent et les analysent pratiquement de la même manière. S'ils ne les arrangent pas et ne les analysent pas de cette manière, nous disons que l'esprit est dérangé, que la raison fait défaut, que la personne est folle. Les impressions sensibles d'un fou peuvent être pour lui aussi réelles que nos impressions le sont pour nous; mais son esprit ne les examine pas à la manière des êtres humains normaux, et par suite, pour lui, nos lois de la nature n'ont pas de sens.

§ 12. — LA ROUTINE DES PERCEPTIONS EST PEUT-ÊTRE  
UN PRODUIT DE LA FACULTÉ PERCEPTIVE

L'idée de considérer l'esprit humain comme une machine à trier n'est pas sans suggérer des réflexions sur un autre sujet important, à savoir la nature routinière de nos impressions sensibles. Jusqu'à quel point cette routine des impressions sensibles dépend-elle de la faculté de perception ? Jusqu'à quel point est-elle en dehors de cette faculté dans l'au-delà inconnu et inconnaissable de la sensation ? (V. p. 86). C'est une des questions auxquelles on ne peut fournir de réponse définitive à l'heure présente, et peut-être une de celles auxquelles on ne répondra jamais. Si, avec les matérialistes, nous appelons matière, la chose en soi, nous rejetons la routine sur quelque chose placé derrière les impressions des sens et, par conséquent, inconnaissable. Il en est précisément de même si, avec Berkeley, nous attribuons la routine à l'action immédiate d'une divinité. Le matérialiste et l'idéaliste sont ici d'accord pour rejeter dans l'inconnaissable la routine de l'impression des sens. Mais l'affaire de l'homme de science est de savoir ; par conséquent, il ne consentira pas à la légère à rejeter une chose dans l'inconnaissable, aussi longtemps que les « causes » connues ne lui auront pas été démontrées insuffisantes. La tendance scientifique serait donc de considérer la routine de nos perceptions comme due en quelque sorte à la structure de notre faculté de perception, avant de faire appel à une aide suprasensible. Quelque loin, en vérité, que la science soit à l'heure actuelle d'une solution précise du problème, il y a toutefois un ou deux points qu'il peut être profitable de considérer.

En premier lieu avons-nous un témoignage quelconque

que la faculté de perception soit une machine *sélective* ? Nous avons déjà vu qu'il nous est parfois impossible d'avoir conscience des sensations que nous pouvons très finement apprécier dans d'autres occasions (p. 54). Nous avons vu que, selon toute probabilité, le monde extérieur construit par un insecte diffère considérablement du nôtre (p. 107). Donc, affirmer des sensations qui ne forment aucune partie de notre conscience, et ne forment peut-être aucune partie d'une conscience quelconque, n'est pas une induction illogique, car nous passons seulement de ce qui est connu à ce qui est semblable au connu (p. 75), à un *éject*, qui peut avoir été ou qui peut devenir, un jour, un objet<sup>1</sup>. On ne saurait trouver de meilleur moyen de se faire une idée des pouvoirs de sélection des diverses facultés de perception, qu'en faisant une promenade avec un chien. L'homme considère un vaste paysage, et les signes de vie et d'activité qu'il voit au loin peuvent avoir pour lui une profonde signification. Le chien surveille avec indifférence le même paysage ; mais toute son attention est vouée aux objets de son voisinage immédiat, dont l'homme n'est qu'indirectement conscient par l'intermédiaire de l'activité du chien. — Il peut au loin se passer beaucoup de choses qui, si elles étaient proches, auraient un intérêt considérable pour le chien : à quelque distance, l'homme aperçoit les lapins dans le champ qui borde le petit bois ; tout au loin, un troupeau de moutons sur la grand'route, et derrière eux le berger avec son colly — tout ceci reste inobservé par le chien, ou s'il l'a observé, il ne l'a pas raisonné. Évidemment, les impressions sensorielles correspondant au paysage éloigné

1. « Un sentiment peut exister en soi, sans faire partie d'une conscience » écrit Clifford dans un article, dont la conclusion principale ne me semble, cependant, pas absolument démontrée. (« On the Nature of Things in Themselves » *Lectures and Essays*, vol. 1, p. 84).

sont beaucoup moins complexes et moins intenses chez le chien que chez l'homme. La faculté perceptive du chien choisit certaines impressions sensibles, et celles-ci forment pour lui la réalité ; celle de l'homme choisit un ensemble de phénomènes autres et probablement plus complexes qui, à leur tour, forment pour lui la réalité. Tous deux peuvent être encore comparés à des distributeurs automatiques de bonbons, qui ne fonctionnent que lors de l'introduction de pièces de monnaie de valeurs différentes et définies. La réalité objective ne consiste pas dans les mêmes impressions sensorielles pour l'homme et pour le chien.

Si nous descendons de l'homme aux formes inférieures de la vie, l'ensemble des sensations perçues devient de moins en moins complexe, jusqu'à ce qu'elles cessent toutes ensemble, en tant que perceptions, avec la cessation de la conscience. Si nous admettons la théorie de l'évolution de l'homme à partir des types les plus bas de la vie, nous voyons s'ouvrir un territoire encore vierge devant le champ de variation dont est susceptible sa faculté de perception. L'homme cherche à développer un pouvoir d'éprouver les sensations dont la perception l'aidera, somme toute, dans la lutte pour l'existence<sup>1</sup>.

Or, la faculté de réflexion et de raisonnement se développe progressivement avec la faculté de perception ; le pouvoir d'examiner et de mettre en ordre les perceptions, le pouvoir de passer rapidement de l'impression sensible à l'action convenable (p. 58), sont des facteurs d'une importance extrême pour l'homme, dans la bataille de la vie. Si nous n'étions pas capables à présent de comprendre nettement la relation entre la faculté de perception et la faculté de

1. La lumière et la vision, le son et l'ouïe, l'espace et le toucher, on le sait, n'ont point la même étendue. Voir l'ouvrage de lord Kelvin *Popular Lectures and Addresses*, vol. I, pp. 278-90.

réflexion de l'homme, ou bien la nature de leur coordination, il serait encore raisonnable de supposer entre elles une relation étroite; l'une choisit, dans une large mesure, les perceptions que l'autre est capable d'analyser et de résumer en formules brèves ou lois. A l'intérieur de limites suffisamment étendues, l'intensité de la faculté de perception semble proportionnelle à la faculté de raisonnement<sup>1</sup>, dans toutes les formes de la vie. Un monde d'impressions sensorielles ne ressortissant en aucune façon à la raison humaine, serait très préjudiciable à la conservation de l'homme. Dans ces conditions, un homme, tel un idiot ou un fou, serait incapable d'analyse, ou bien analyserait faussement; l'action convenable ne succéderait pas à l'impression des sens; un tel homme aurait peu de chance de survivre parmi les hommes dont les facultés de perception et de raisonnement seraient d'accord. Quelques types d'idiot ou de fou sont peut-être le produit de l'atavisme, un retour à un stade de variations de l'esprit humain dans lequel les facultés de perception et de réflexion n'étaient pas coordonnées — variations qui, somme toute, ont été éliminées dans la lutte pour l'existence. Si cette interprétation est en gros correcte — si, notamment, la faculté de perception, dans la marche de l'évolution, peut être façonnée à tel point qu'elle accepte certaines impressions des sens et rejette les autres; si, en outre, la faculté de perception et la faculté de réflexion se sont développées de conserve, de façon que la première accepte ce qui, dans de larges limites, peut être analysé par la dernière — alors nous avons fait quelque progrès, nous

1. Dire que la femme a un pouvoir plus grand de perception, l'homme une puissance plus grande de réflexion, est une de ces futilités qui ont servi d'excuse pour empêcher le développement des deux facultés chez la femme. Naturellement il y a des exceptions, mais la règle générale semble être que plus la puissance intellectuelle est grande dans les deux sexes, plus l'ensemble des perceptions est considérable et plus est délicate la sensibilité du système nerveux.

comprenons mieux pourquoi la routine des perceptions peut être exprimée en formules brèves par la raison humaine. La relation entre la loi naturelle dans le sens *nomique* (note p. 120) et la loi naturelle dans le sens scientifique devient plus intelligible lorsque nous attribuons ainsi la routine des perceptions au mécanisme de la faculté de perception.

Il ne faut pas, cependant, pousser cette interprétation trop loin ; ou, tout au moins, nous devons nous rappeler avec soin que, puisque la faculté perceptive a développé la capacité de ne percevoir que les impressions sensibles dont la faculté de réflexion est *capable* de traiter, il ne s'ensuit pas que les impressions sensibles ont toujours été mises en œuvre par cette dernière faculté ; autrement nous serions surpris du grand nombre de groupes d'impressions que nous recevons et que cependant nous n'avons ni classés, ni réduits en formules simples. Il est beaucoup de phénomènes à propos desquels, à l'heure actuelle, nous ne pouvons que confesser notre ignorance. Comparons, par exemple, ce que nous savons des marées et de l'état du temps. Si Ulysse et ses compagnons avaient échoué dans l'île de Thrinacrie à un endroit élevé du rivage et à sec, par une grande marée, ils auraient probablement offert une hécatombe à Neptune, le priant de leur envoyer le lendemain une autre grande marée. Un marin moderne, plus sage et moins pieux qu'Ulysse, consumerait en paix les génisses du Soleil pendant une quinzaine, et partirait tranquillement. Cependant, le marin moderne, tel l'Ulysse d'autrefois, peut encore entrer en prière pour calmer le temps : par cet acte, il projette son incapacité à formuler une loi dans son manque d'expérience ou dans le fait que peut-être la suite de ses perceptions n'obéit à aucune loi. Si nous croyons que la faculté de réflexion est capable de réduire en définitive à une formule concise — ou loi — tous les types de phéno-

mènes, si nous croyons à la coordination de la perception et de la réflexion, alors l'incertitude sur l'état de l'atmosphère ne semblera probablement pas un argument bien puissant contre notre hypothèse. On doit avouer, tout au moins, que la découverte d'une période de cent ou de cinq cents ans dans les mouvements de l'atmosphère chagrinerait sérieusement ceux qui se plaisent à admettre qu'un groupe au moins de perceptions doit échapper à l'analyse de la réflexion.

Une telle découverte pourtant ne serait pas plus remarquable aujourd'hui que l'observation du retour périodique des éclipses, par le chaldéen Saros<sup>1</sup>, ne le fut pour les anciens, qui regardaient les éclipses comme un trouble arbitraire de leurs perceptions, qui, pour ramener la lumière du soleil ou de la lune, priaient et tambourinaient vigoureusement. Le développement simultané des facultés de perception et de réception, associé à cette capacité de sélectionner des sensations dans la première de ces facultés, est probablement un facteur important, mais non le seul, du merveilleux pouvoir dont dispose la raison pour décrire de vastes ensembles de phénomènes à l'aide de lois simples. Un autre point, sans aucun doute, mérite attention. Nos impressions sensibles comportent en effet des groupes complexes, mais elles nous arrivent par des voies relativement simples et très peu nombreuses, à savoir, par les organes des sens. La simplicité de la loi scientifique peut donc être en partie conditionnée par la simplicité des modes de réception des impressions des sens.

Les arguments développés dans ce paragraphe sont naturellement fort loin d'être concluants. Ils ont simplement pour but de suggérer que peut-être la faculté perceptive

1. Les Chaldéens avaient découvert que les éclipses de soleil et de lune revenaient tous les dix-huit ans et onze jours; ils étaient ainsi capables de prédire les dates de leur arrivée.

détermine en elle-même plus ou moins complètement la routine de nos perceptions. S'il en est ainsi, on ne sera pas surpris que la faculté de réception coordonnée soit capable de décrire l'« univers extérieur » par des formules relativement simples. C'est là, en somme, semble-t-il, une hypothèse plus scientifique que celles qui font dépendre la routine d'entités suprasensibles et qui alors — pour rendre compte du pouvoir dont dispose la raison humaine d'analyser la nature — dotent ces entités d'une raison semblable à celle de l'homme ; celles-la supposent que la pensée et la conscience sont séparées du mécanisme physique qui leur est associé, et qui seul justifie notre jugement de leur existence.

L'hypothèse que nous avons examinée, quelque loin qu'elle soit d'être vérifiée, ne postule pas la raison plus loin que nous pouvons logiquement en juger ; en même temps, elle essaie de rendre compte du pouvoir d'analyser la routine des perceptions, pouvoir dont dispose, sans aucun doute, la faculté humaine de réflexion.

### § 13. — L'ESPRIT CONSIDÉRÉ COMME CRIBLE

Par analogie avec les machines existantes, il n'est pas difficile d'imaginer un grand appareil à trier des pierres, d'un caractère tel que, si à une de ses extrémités on jette pêle mêle un amas de pierres confondues, les pierres d'un certain calibre seraient rejetées tandis que les autres sortiraient à l'autre extrémité de la machine, triées et classées suivant leurs tailles. Ainsi une personne, qui ne regarderait que le résultat final, pourrait considérer que seules les pierres de certaines dimensions ont une existence, et que ces pierres seront toujours classées d'après leurs dimensions. Nous pouvons, peut-être, envisager d'une manière analogue

ce vaste crible, qu'est la faculté humaine de perception. En elle circulent des sensations de toute sorte et de toute importance ; les unes sont rejetées immédiatement, les autres sont triées, toutes en bon ordre, disposées en place et dans le temps. Ce peut être la faculté de perception elle-même qui, sans que nous en ayons directement conscience, contribue à ordonner la suite de nos impressions sensibles dans le temps et dans l'espace. La routine des perceptions peut être due au récipient, et non au caractère des matériaux. S'il en est en quelque mesure ainsi (sous réserve d'une coordination des facultés de perception et de raisonnement), lorsque l'esprit humain parvient à analyser des phénomènes dans le temps et dans l'espace, on sera moins surpris qu'il soit à même de décrire brièvement le passé et de prédire les conséquences futures de toutes sortes d'impressions sensibles. De ce point de vue, la loi naturelle *nomique* est un produit inconscient du mécanisme de la faculté de perception, tandis que la loi naturelle, au sens scientifique, est le produit conscient de la faculté de réflexion quand elle analyse le mode de perception, le travail de la machine à trier. On est ainsi conduit à regarder l'ensemble de la nature *ordonnée* comme le produit d'un esprit — le seul esprit que nous connaissions — ; et le fait que la routine des perceptions peut être exprimée en formules brèves cesse d'être aussi mystérieux que lorsque nous postulons une double raison, un type caractéristique de « choses en soi », au delà de nos impressions sensibles, et un autre type associé au mécanisme de l'organisation nerveuse.

#### § 14. — SCIENCE, THÉOLOGIE NATURELLE ET MÉTAPHYSIQUE

Le lecteur, je pense, voudra bien regarder le sujet des deux derniers paragraphes comme une pure suggestion et

rien de plus. Ce dont nous sommes sûrs, c'est d'une certaine routine de perceptions et d'une capacité de l'esprit à les résumer dans la sténographie mentale de la loi scientifique. Ce que nous n'avons pas le droit de supposer, c'est que l'ordre, l'esprit ou la raison — tous les caractères humains ou toutes les conceptions humaines qui se trouvent d'un côté des impressions sensibles — existent de l'autre côté de ces impressions, dans la partie inconnue des sensations, c'est-à-dire dans la chose en soi. Quoi qu'il y ait d'un côté, nous ne pouvons logiquement conclure qu'il existe quelque chose d'analogue de l'autre côté. Comme hommes de science nous devons demeurer agnostiques. Si, cependant, nous pouvons concevoir l'ordre, la routine des perceptions comme due à quelque chose de ce côté-ci de l'impression sensible, nous aurons retiré de l'au delà le dernier élément anthropomorphique, et lui aurons laissé, de l'autre côté, le chaos auquel il serait absurde d'appliquer le mot connaissance.

A la théologie positive, à la *révélation*, la science n'oppose pas d'argument. Elle travaille dans un plan tout différent. C'est seulement lorsque la croyance entre dans la sphère de la connaissance possible, dans le plan de la réalité, que la science doit faire des remontrances sévères ; c'est seulement lorsque la croyance remplace la connaissance comme base de la conduite que la science est poussée à critiquer, non pas la réalité, mais la moralité de la croyance. Tout autres, cependant, sont les relations de la science et de la théologie naturelle ou de la métaphysique, lorsque ces dernières affirment que la raison peut nous aider à acquérir quelque connaissance du suprasensible. Ici la science est sur un terrain parfaitement net et défini ; la théologie naturelle et la métaphysique sont des pseudosciences. L'esprit est absolument limité à ses échanges

nerveux ; au delà des murs de l'impression sensible, il ne peut logiquement rien juger. L'ordre et la raison, la beauté et la bonté sont des caractéristiques et des conceptions exclusivement associées à l'esprit de l'homme, sur la face de l'impression sensible qui est tournée vers lui. Comme hommes de science, nous ne pouvons les projeter derrière, dans le chaos ; rien ne nous permet d'affirmer qu'une conception humaine soit capable de décrire ce qui peut exister dans ce chaos placé hors des limites des impressions sensibles, dont sont finalement tirées toutes les conceptions humaines. Bref, le chaos, c'est tout ce que la science peut logiquement affirmer du suprasensible — sphère hors de la connaissance, hors de tout classement à l'aide de concepts mentaux. Si les Brahmanes croient que le monde naquit de l'instinct d'une araignée infinie, car cela leur a été *révélé*, nous pouvons nous étonner que les conceptions *araignée* et *instinct* coexistent dans leurs esprits, et remarquer que leur croyance n'a pas de signification pour nous. Mais s'ils affirment que le monde des phénomènes témoigne en soi qu'il a été tissé des entrailles de ce monstre, alors nous sortons du plan de la croyance pour passer dans celui de la raison et de la science, et nous sourions de telles fantaisies.

#### § 15. — CONCLUSION

Le lecteur trouvera peut-être que nous avons discuté avec une ampleur injustifiée la nature de la loi scientifique. Cette discussion pourtant nous a permis d'atteindre un point d'importance primordiale, où les luttes des systèmes et des croyances ont été longues et acharnées. Ici les matérialistes ont jeté le gant aux théologiens naturels, et ces derniers à leur tour ont essayé de recouvrir le dogme du manteau de la science. Pour les matérialistes, le monde des phéno-

mènes était un monde extérieur non conditionné par la faculté perceptive de l'homme, un monde de matière « morte » soumis en tout temps à des lois nomiques (p. 120), fixes, d'où découlait la routine de nos perceptions. Les Stoïciens, avec une plus grande pénétration, trouvaient ces lois pleines de raison ; mais, dogmatiques à leur tour, ils postulaient une raison semblable à celle de l'homme, inhérente à la matière. Les théologiens naturels, de même que les matérialistes, admettaient une matière « morte » ; mais, comme les Stoïciens, ils voyaient dans ses lois un puissant témoignage de raison ; ils plaçaient cette raison dans un législateur externe. Le métaphysicien et le philosophe comblerent la mesure de l'obscurité par des hypothèses sur la contenance de l'esprit, sur la volonté et sur la conscience qui n'était point encore conscience, existant au delà de la barrière de l'impression sensible. Refusant de conclure comme le font les sauvages là où elle ignore, répugnant à admettre de nouvelles causes là où l'insuffisance des anciennes n'a point été démontrée, la science traite la « matière morte » du matérialiste comme un monde d'impressions sensibles. Ces impressions paraissent suivre une routine invariable capable d'expression par les formules brèves de la science, parce que les facultés de perception et de réflexion sont des machines pratiquement du même type chez tous les êtres humains normaux. De même que les Stoïciens, l'homme de science trouve des témoignages de raison dans l'examen des phénomènes naturels ; mais il se contente de penser que cette raison peut être la sienne propre jusqu'à ce qu'il découvre l'évidence contraire.

Il reconnaît que ce qu'on appelle la loi de nature n'est qu'un simple *résumé*, une description succincte d'un vaste ensemble de ses propres perceptions, et qu'il n'est point impossible de remonter à l'origine de l'harmonie qui existe

entre ses facultés de perception et de raisonnement. La loi naturelle lui semble un produit intellectuel de l'homme, et non une routine inhérente à la « matière morte ». Le progrès de la science est ainsi réduit à une analyse de plus en plus complète de la faculté perceptive, analyse que trop souvent nous traitons, inconsciemment et sans logique quoique assez naturellement, comme une analyse de quelque chose situé au delà de l'impression sensible. Ainsi, tout à la fois, la matière et les lois de la science sont inhérentes à nous-mêmes plutôt qu'à un mode extérieur. Nos groupes de perceptions forment pour nous la réalité ; les résultats de notre raisonnement sur ces perceptions, et les concepts qui en dérivent forment exclusivement notre pure connaissance. Là seulement nous sommes à même d'atteindre la vérité — de découvrir des uniformités et de décrire des suites de choses — et nous devons soumettre à une critique impitoyable tout pas fait au delà, si nous voulons éviter la « spéculation fan-geuse » qui surgira toujours quand nous essayerons d'étendre le champ du savoir par d'obscurcs définitions de la loi naturelle.

S'il paraît au lecteur que j'ai trop étroitement délimité, non pas le champ du savoir *humain possible*, mais la signification du mot savoir lui-même, il se rappellera qu'il y a péril à employer des termes sans signification précise et sans limites nettement définies. Le droit de la science à s'occuper de ce qui est au delà des impressions sensibles n'est point en discussion, puisque, de son propre aveu, la science ne réclame pas ce droit. Ce n'est que dans le champ de la connaissance, spécialement sur les points où la connaissance est seulement en formation, que l'on a mis en question le droit de la science. Il est facile de remplacer l'ignorance par l'hypothèse ; et comme, dans bien des cas, ce n'est qu'après avoir acquis la connaissance réelle que l'on

peut démontrer la fausseté de l'hypothèse, beaucoup de personnes de mérite, d'excellents esprits à d'autres égards affirment l'exactitude d'une hypothèse, parce que la science n'en a pas encore positivement démontré la fausseté. C'est dans la partie en friche de l'héritage de la science que se trouve la cour de récréation de l'imagination non disciplinée. La science dit : *A moi* l'intérieur du domaine sensible, et elle se hâte autant que possible de rendre son occupation effective. Elle ne réclame pas le suprasensible, car cette sphère est exclue de son domaine par la définition qu'elle donne de la connaissance.

La science, nous dit-on, n'explique pas l'origine de la vie ; la science n'explique pas le développement des hautes facultés de l'homme ; la science n'explique pas l'histoire des nations. Si, par le mot expliquer<sup>1</sup>, on entend « décrire dans une formule brève », admettons que la science soit encore bien loin d'analyser complètement ces phénomènes. Qu'en résulte-t-il alors ? Eh bien ! mais la confession honnête de notre ignorance et non un doute quant à nos principes fondamentaux. Mais pas de poursuite sans signification pour atteindre des origines inconnues dans le suprasensible, tant que le champ connu des perceptions ne s'est point montré incapable de fournir la base d'opérations nécessaire. Aujourd'hui, dans nos églises, on adresse des prières pour faire changer le temps, et le mystère des anneaux de Saturne n'est guère pleinement résolu ; il y a cinquante ans, nous ne pouvions rendre compte d'une manière plausible, de l'origine des espèces. Son mystère servait de preuve frappante pour démontrer l'insuffisance de la

1. On ne peut élever aucune objection à propos du mot *explication*, si on l'emploie dans le sens descriptif de *comment*, et non pas dans le sens déterminatif de *pourquoi*. La première interprétation est la seule admise dans cet ouvrage.

science, et l'*anomie* de la création, la création séparée de chaque type de vie. Chassés d'une des forteresses de l'ignorance, ceux qui se plaisent dans l'imagination non disciplinée plutôt que dans la connaissance positive cherchent simplement un refuge dans une autre forteresse. La partie qui s'est jouée il y a des années à propos de notre ignorance quant à l'origine des espèces, se joue maintenant à propos de notre ignorance supposée sur l'origine des facultés supérieures de l'homme. On arguerait aussi bien de notre ignorance du temps qu'il fera, ou bien du mystère des anneaux de Saturne, car ces phénomènes appartiennent aussi au monde des impressions sensibles, et cependant ce sont des éléments auxquels la méthode scientifique peut et veut finalement s'attaquer.

La science dissipe-t-elle tous les mystères ? Tout au contraire, elle proclame le mystère là où les autres professent la connaissance. Il y a assez de mystère dans l'univers de la sensation et dans sa capacité à contenir ces petits coins de la conscience qui projettent leurs propres produits, d'ordre, de loi et de raison, dans un monde inconnu et inconnaissable. Il y a là assez de mystère ; seulement distinguons nettement le mystère et l'ignorance à l'intérieur du domaine de la connaissance possible. Le premier est impénétrable ; nous soumettons l'autre chaque jour.

#### SOMMAIRE

1. — La nature de la loi scientifique diffère totalement de la nature de la loi civile ; elle n'implique pas un législateur intelligent, un commandement et un devoir correspondant. C'est une description brève en sténographie mentale d'un ensemble aussi vaste que possible de la suite de nos impressions sensibles.

2. — La loi naturelle comporte deux significations distinctes : la simple routine des perceptions, et la loi scientifique ou formule décrivant le domaine de la nature. La « raison » dans la loi natu-

relle n'est évidente que lorsque nous entendons la loi dans le dernier sens, et en réalité elle y est alors placée par l'esprit humain. Ainsi la raison supposée derrière la loi naturelle ne nous permet pas de passer de la routine des perceptions à quelque chose de la nature de la raison; placé au delà du monde des impressions.

3. — Le fait que la faculté humaine de réflexion est capable d'exprimer en formules mentales la routine des perceptions peut être dû à ce que cette routine est un produit de la faculté perceptive elle-même. La faculté perceptive paraît être sélective et s'être développée de concert avec la faculté réflexive. En dehors des sensations, la science ne peut logiquement inférer que le chaos, ou bien l'absence des conditions de la connaissance; aucun concept humain, tels que l'ordre, la raison ou la conscience, ne peut être projeté avec logique dans ce chaos.

## BIBLIOGRAPHIE

- Austin (J.). — *Lectures on Jurisprudence*. Londres 1879 (Principalement leçons I à V).
- Hume (D.). — *Dialogues concerning Natural Religion*, (pp. 375-468 du vol. II des œuvres philosophiques, éditées par Green et Grose).
- Stuart (J.). — *A Chapter of Science; or, What is a Law of Nature?* Londres 1868; (Série de six leçons, dont les cinq premières peuvent encore être lues avec quelque profit, si on y apporte quelque circonspection, tandis que la dernière constitue pour l'étudiant en logique une bonne étude de paralogismes).
-

## CHAPITRE IV

### CAUSE ET EFFET. — PROBABILITÉ

#### § 1. — LE MÉCANISME

La discussion du chapitre précédent nous a conduit à reconnaître qu'une loi, au sens scientifique, ne fait que décrire, en sténographie mentale, les suites de nos perceptions. La loi n'explique pas *pourquoi* ces perceptions suivent un certain ordre ni *pourquoi* cet ordre se répète ; la loi découverte par la science n'introduit pas d'élément de nécessité dans la suite de nos impressions sensibles ; elle dit seulement, dans un exposé concis, *comment* les changements ont eu lieu. Qu'une certaine succession de faits se produise et se reproduise dans le passé, c'est un fait d'expérience que nous exprimons en faisant appel au concept de *causation* ; que la même succession persiste à se représenter dans l'avenir, c'est un fait de croyance que nous exprimons en faisant appel au concept de *probabilité*. En aucun cas la science ne peut établir de nécessité interne dans une succession, ni prouver avec parfaite certitude que celle-ci doive se reproduire. La vérité scientifique est, pour le passé une description, pour le futur une croyance ; elle n'est pas, elle n'a jamais été, une explication, si l'on entend par ce mot que la science met en évidence la *nécessité* d'une certaine suite des perceptions. La science ne peut démontrer qu'un

cataclysme n'engloutira pas l'univers demain. Cependant, même en tenant compte de ce que nous ignorons si la suite de nos perceptions est soumise à la nécessité, la science peut prouver que l'expérience passée, loin de fournir le moindre témoignage en faveur d'une telle éventualité, assure une probabilité écrasante à l'encontre d'un semblable cataclysme. Si le lecteur a bien compris que la science est un *résumé* intellectuel de l'expérience passée, et une pesée mentale de la probabilité de l'expérience future, il ne risquera pas d'opposer l'« explication mécanique » de la science à la « description intellectualiste » de la mythologie.

Il y a vingt-cinq ans (1885) feu M. Gladstone, dans un article remarquable de la *Nineteenth Century* se répandait en invectives contre le « mécanisme sans vie » à quoi il affirmait que les hommes de science réduisaient l'univers. Il opposait le *mécanique* et l'*intellectuel* et plaçait fermement ce qu'il appelait le « majestueux processus de la création », décrit dans le premier chapitre de la Genèse, en face de la théorie darwinienne de l'évolution. Il a repris depuis plusieurs de ses arguments dans une œuvre plus travaillée<sup>1</sup>. Or, si des hommes d'un pareil talent peuvent soutenir de tels paradoxes, soyons bien certains que leur erreur provient de quelque confusion dans l'usage des termes ; il convient donc de rechercher comment diffèrent l'usage populaire et l'usage scientifique du mot *mécanique*.

Malheureusement, certains ouvrages plus ou moins superficiels de science naturelle répandent cette idée que la mécanique fournit un code de lois auxquelles la nature obéit par une nécessité inhérente à son être. On nous dit dans des livres, même dans des livres récents, que la mécanique est

1. *The Impregnable Rock of Holy Scripture*. Londres, 1890.

la science de la force, que la force est la cause qui produit ou tend à produire un changement de mouvement, et que la force est inhérente à la matière. La force apparaît ainsi à la pensée populaire comme un agent inhérent à la matière inconsciente et produisant le changement. Cet agent est tout naturellement comparé à la volonté d'un être vivant, à la conscience d'une capacité à produire le mouvement. On ne peut inférer l'existence de cette conscience dans la matière, et ainsi l'on oppose la force, agent « sans vie », à la volonté agent « vivant ». L'esprit qui n'a pas sondé les axiomes anti-philosophiques et les définitions des manuels ordinaires de physique, sympathise avec la révolte de M. Gladstone contre le « mécanisme sans vie » à quoi, pour les deux esprits, la science réduit l'univers. Or, pour nous, la « matière » est un groupe d'impressions sensibles et la « matière en mouvement » est une suite d'impressions sensibles. Désormais ce qui cause un changement de mouvement<sup>1</sup> sera ce qui détermine une suite d'impressions sensibles, ou, en d'autres termes, c'est la source d'une routine de perceptions. Mais la source d'une telle routine, comme nous l'avons vu, réside ou bien dans le domaine de l'inintelligible situé au delà des impressions sensibles, ou bien dans la nature de la faculté perceptive elle-même. Ainsi, la « cause du changement de mouvement » ou bien reste dans l'inconcevable, ou bien est une part substantielle de l'appareil de perception ; en aucun cas, si l'on accorde aux mots une signification intelligible, il ne peut s'agir d'un « agent sans vie ». Dans le premier cas la cause de changement est inconnaissable, dans le dernier

1. Nous verrons plus loin les raisons de dire que le « mouvement » est un concept plutôt qu'une perception — un mode scientifique de représenter un changement d'impressions sensibles plutôt qu'une impression sensible elle-même. Dans ce chapitre pourtant le terme « mouvement » est employé dans son sens populaire pour exprimer une catégorie définie de suites d'impressions sensibles.

elle est inconnue, et peut longtemps rester telle, puisque nous sommes encore très loin de comprendre comment la faculté perceptive peut conditionner une routine de perceptions.

La science ne s'occupe pas de l'inconnaissable ; si la force n'est pas inconnaissable, mais inconnue, la mécanique en tant que science de la force n'aurait fait jusqu'ici aucun progrès. La réalité est en fait différente. Un des plus grands physiciens allemands, Kirchhoff, commence ainsi son traité classique de mécanique<sup>1</sup> « La mécanique est la science du mouvement ; son objet est, pour nous, la *description* complète, de la manière *la plus simple* possible, des mouvements tels qu'ils se produisent dans la nature. »

Dans cette définition de Kirchhoff réside, à mon humble avis, la seule vue consistante de ce qu'est le mécanisme et la véritable conception de la loi scientifique. La mécanique ne diffère pas, comme on l'a affirmé si souvent, de la biologie, ou de toute autre branche de la science, dans ses principes essentiels. Les lois du mouvement n'expliquent pas plus que les lois du développement cellulaire la routine des perceptions. Ces lois essaient seulement, les unes et les autres, de décrire aussi complètement et aussi simplement que possible les suites d'impressions sensibles qui se répètent. La science mécanique ne rend pas compte des mouvements d'une molécule ou d'une planète, ni ne les explique, pas plus que la science biologique n'explique l'accroissement d'une cellule. La différence entre les deux branches de la science est plutôt quantitative que qualitative ; c'est-à-dire que les descriptions de la mécanique sont plus simples et plus générales que celles de la biologie. Les lois du mouvement sont si étendues et si générales, elles décrivent si

1. *Vorlesungen über mathematische Physik.*, Band I, Mechanik, S. 1, Berlin, 1876.

complètement notre expérience passée de nombreuses formes de changement, que nous les croyons fermement capables de décrire toutes les formes de changement. Il n'est pas question de réduire l'univers à un « mécanisme sans vie », mais de mesurer le degré de probabilité qu'une description d'un genre très général et très simple sera finalement reconnue apte à remplacer une autre description d'un caractère plus spécial et plus complexe. Il ne s'agit pas de faire sortir la biologie d'une branche qu'on pourrait appeler science *descriptive* et de la transporter dans une autre branche qui serait science *prescriptive*. Par les mots science *prescriptive* j'indique ici un aspect imaginaire de la science, que l'on attribue trop souvent aujourd'hui à la mécanique ; je veux dire qu'on lui demande de démontrer l'existence de quelque nécessité inhérente à la routine des perceptions, au lieu de lui demander de décrire simplement cette routine par une formule succincte. Quand donc nous disons que nous possédons une « explication mécanique » d'un groupe de phénomènes, nous voulons dire seulement que nous avons décrit dans la langue concise de la mécanique une certaine routine de perceptions. Nous ne sommes capables ni d'expliquer pourquoi des impressions sensibles ont une succession définie, ni d'affirmer qu'il y a réellement un élément de nécessité dans les phénomènes. Envisagées de ce point de vue, les lois de la mécanique sont essentiellement un produit intellectuel, et il semble absolument déraisonnable d'opposer mécanique à intellectuel quand ces mots sont définis d'une manière correcte.

## § 2. — LA FORCE COMME CAUSE

Si la force est regardée comme la cause du changement, en ce sens qu'elle implique la nécessité d'une certaine rou-

tine de perceptions, alors nous n'avons aucun moyen d'étudier la force. Celle-ci peut résider dans la structure de la faculté perceptive, ou ce peut être un de ces fantômes dont les métaphysiciens peuplent l'arrière-plan des impressions sensibles. La force, par conséquent, ne nous aidera pas dans notre recherche d'une conception scientifique de la *cause*. De même que nous avons trouvé deux ou même trois idées impliquées dans le seul terme de loi, de même il y a au moins deux idées associées au mot cause, et leur confusion a également conduit au même degré de « spéculation fangeuse ». Nous allons d'abord étudier la notion vulgaire de cause, et nous verrons alors comment elle se relie à la définition scientifique. Une très faible dose d'observation a montré aux hommes que certaines suites de changements provenaient *en apparence* de l'action volontaire, d'un agent vivant. Je ramasse une pierre; personne ne peut prédire avec certitude ce que je vais en faire. Ce qui suit mon geste de ramasser la pierre est selon toute apparence une nouvelle suite d'actions tout à fait indépendante de ce qui précède. Je peux laisser tomber la pierre, je puis la mettre dans ma poche, ou la lancer en l'air dans une certaine direction et, dans une direction donnée, avec des vitesses très variées. Le résultat de mon action peut être une longue suite de phénomènes physiques dont la description mécanique exigerait la solution de problèmes complexes d'acoustique, de chaleur, d'élasticité. La suite, en tous cas, apparaît comme ayant son point de départ dans un acte de moi, dans *ma* volonté. On *me* regarde comme ayant appelé à l'existence l'ensemble de ces faits; en langage ordinaire on me désignera comme la *cause* des phénomènes résultant. En ce sens, il semble que je diffère qualitativement de tout autre élément de la série. Si la main d'un homme plus fort m'avait contraint à lancer la pierre,

je serais devenu un anneau de la chaîne des phénomènes ; cet homme, et non plus moi, eût été *la* cause du mouvement résultant.

Assurément, même dans la terminologie populaire, des éléments intermédiaires de la série sont quelquefois appelés causes. Si la pierre échappée de ma main casse une vitre, la pierre en mouvement peut très bien être regardée comme la cause du bris de la vitre. Mais bien que, comme nous le verrons plus loin, cet usage se rapproche de l'usage scientifique du mot cause, il implique encore dans l'opinion populaire une idée de contrainte, absente de la signification scientifique. Que la pierre se mouvant avec une certaine vitesse *doive* produire la destruction de la vitre, c'est, je pense, ce que l'on entend quand on dit que la pierre en mouvement est la cause du bris de la vitre.

Si nos organes de perception étaient suffisamment puissants, la science conçoit que nous verrions, avant le choc, des particules de vitre et des particules de pierre se mouvant d'une certaine manière et, après le choc, les mêmes particules se mouvant d'une manière très différente. Nous pourrions *décrire* avec exactitude ces mouvements, mais nous serions incapables de dire pourquoi une phase suit l'autre, exactement comme nous pouvons *décrire comment* une pierre tombe à terre, mais non pas dire *pourquoi* elle le fait. Scientifiquement l'idée de *nécessité* dans les moments de la suite — pierre en mouvement, vitre brisée — ou l'idée de contrainte disparaîtrait ici ; nous aurions une routine d'expérience, mais une routine inexpliquée. En tous cas, quand nous désignons les phases d'une série de faits, dans la vie ordinaire, comme des causes, je ne pense pas que ce soit pour nous rapprocher du point de vue scientifique : je crains que cela ne provienne de ce que, par suite d'une longue habitude, nous associons l'idée de *force* à la pierre. La pierre

est la cause de certains mouvements nouveaux, juste de la façon dont on me regarde comme la cause de certains mouvements de la pierre — en ce sens que tous deux, la pierre et moi, nous sommes supposés *gouverner* les phases subséquentes de la série. Maintenant le lecteur, qui a définitivement dissocié la notion de force de celle de cause, ce à quoi je pense il sera probablement disposé, admettra peut-être que, dans les mouvements des particules de pierre et de verre, il n'y a pas d'élément d'obligation, mais seulement une routine de faits. Il pourrait dire aussi que la volonté d'un être vivant lui semble la cause du mouvement, au sens de nécessité. Et cela ne serait pas déraisonnable car, je l'avoue, attribuer des séries de mouvements à la volonté semble à première vue une hypothèse plus scientifique que de les attribuer à une source inconnue, et peut être inconnaisable, la *force*.

### § 3. — LA VOLONTÉ COMME CAUSE

Il est naturel que, dès les toutes premières étapes, l'être humain soit pénétré du progrès mental que lui permet le pouvoir, soit effectif, soit en quelque mesure apparent, dont sa volonté dispose pour provoquer un « mouvement ». C'est ainsi que les peuples primitifs attribuent tous les mouvements à quelque volonté agissant derrière le corps en mouvement ; leur première conception de la cause du mouvement étant que cette cause réside dans leur propre volonté. Ils considèrent alors le soleil comme conduit par un dieu-soleil, la lune par un dieu-lune, tandis que les rivières coulent, que les arbres croissent, et que le vent souffle, de par la volonté d'esprits variés qui les habitent. C'est seulement au cours des siècles que le genre humain a reconnu plus ou moins clairement que la volonté était associée avec

la conscience et avec une structure physiologique définie ; alors l'explication spiritualiste du mouvement a été peu à peu remplacée par la description scientifique ; dans les divers cas, nous supprimons successivement l'action directe de la volonté sur le mouvement des corps naturels<sup>1</sup>. Cependant, l'idée de contrainte, de nécessité, dans une sériation de phénomènes, reste profondément enracinée dans les esprits des hommes, comme un vestige de l'explication spiritualiste qui voit dans la volonté la cause du mouvement. Cette idée restant par malheur associée à la description scientifique du mouvement, et à la notion matérialiste de la force, — celle-ci étant ce qui *nécessite* certains changements ou certaines suites de mouvements, — est comme le fantôme de l'ancien spiritualisme. La force du matérialiste est analogue à la volonté de l'ancien spiritualiste, laquelle se distingue de la conscience. Matérialiste et spiritualiste nous transportent au delà de nos impressions sensibles, tous deux sont donc des *métaphysiciens* ; mais peut-être l'induction du vieux spiritualiste était-elle, encore qu'illégitime, moins absurde que celle du matérialiste moderne, car pour le spiritualiste la volonté n'avait pas d'existence au delà de la sphère de la conscience à laquelle il avait toujours vu la volonté associée.

La force considérée comme cause du mouvement<sup>2</sup>, ou un dieu-arbre que l'on regarde comme la cause de la croissance, sont deux choses parfaitement équivalentes ; toutes deux ne sont que des noms qui masquent notre ignorance du

1. L'explication spiritualiste subsiste naturellement là où l'analyse scientifique est incomplète. Nous continuons à faire appel à l'esprit « au commandement duquel le vent souffle et soulève la mer et qui en apaise les vagues », ou qui « envoie une trombe d'eau et amène l'humidité. »

2. On verra dans le chapitre relatif aux « lois du mouvement » que le mot force employé pour désigner une *mesure* particulière ne comporte pas d'obscurité et constitue un terme commode en soi.

*pourquoi*, dans le développement de nos perceptions. La nécessité, dans une loi naturelle, ne possède pas le caractère *impératif* logique d'un théorème de géométrie, ni le caractère *obligatoire* catégorique d'un législateur humain ; c'est simplement notre expérience d'une routine, dont les moments n'obéissent à aucun ordre, soit de logique, soit de volition.

§ 4. — LES CAUSES SECONDAIRES  
N'IMPLIQUENT NULLE CONTRAINTE

Nous essaierons de voir d'un peu plus près comment l'idée d'une nécessité interne dans l'ordre particulier suivi par nos perceptions disparaît de la conception scientifique d'une suite de mouvements — au moins pour toutes les phases autres que la première, si la suite tire son origine d'un acte apparent de volonté. Employant encore le langage courant, nous appellerons cause première l'acte de volonté, quand il existe, et causes secondaires les stades successifs de la série. Notre thèse présente est que la description scientifique du mouvement n'implique pas l'idée de contrainte dans les phases successives du mouvement. Nous verrons dans la suite que la tendance générale de la physique moderne a été de décrire les phénomènes naturels en les réduisant à des mouvements idéaux. En partant de ces mouvements idéaux, nous construisons les mouvements plus complexes à l'aide desquels nous décrivons les suites réelles d'impressions sensibles. Mais en aucun cas nous n'avons découvert *pourquoi* ces mouvements ont eu lieu ; la science décrit comment ils ont eu lieu : le *pourquoi* reste un mystère. Désigner ce pourquoi par le mot force ne serait point aussi obscur si, dans les manuels élémentaires, on trouvait quelque indication que la cause du mouvement, ou

du changement de mouvement, peut être la structure de la faculté perceptive, ou la volonté, ou la divinité, ou quelque  $x$  inconnaissable au milieu d'inconcevables  $y$  et  $z$ . Le passage glissant de la force, cause du mouvement, à la force, mesure du mouvement, cache trop souvent une ignorance que la science doit crier sur les toits, de même qu'il est de son devoir d'affirmer sa connaissance en d'autres points. L'homme primitif plaçait un dieu-soleil derrière le soleil (comme certains d'entre nous placent un dieu-tempête derrière la tempête), parce qu'il ne voyait pas comment ni pourquoi il se mouvait. Le physicien d'aujourd'hui décrit *comment* le soleil se meut, en décrivant comment une particule de terre et une particule de soleil se meuvent en présence l'une de l'autre. La description de ce mouvement est donnée par la loi newtonienne de la gravitation, mais le *pourquoi* de ce mouvement est tout aussi mystérieux pour nous que le mouvement du soleil pour les barbares<sup>1</sup>. Personne ne sait pourquoi deux ultimes particules influent chacune sur le mouvement de l'autre. Même si l'on analyse la gravitation en décrivant le mouvement de particules plus simples ou de l'élément éther, le tout sera encore une description, et non une explication, du mouvement. La science devra encore se contenter d'ex-

1. Le lecteur trouvera profit à approfondir le sens de cette affirmation que la loi de la gravitation est *cause* que les corps tombent à terre. En réalité, cette loi décrit comment les corps tombent selon notre expérience passée. Elle nous apprend qu'un corps à la surface de la terre tombe de seize pieds vers le sol dans la première seconde, et, à la distance de la lune, de  $\frac{1}{37\ 000}$  de cette distance dans le même temps. La loi de la gravitation décrit la manière dont le corps tombe, ou, mieux, la manière dont son mouvement change à diverses distances; la force de gravitation est en réalité une certaine mesure de ce changement de mouvement: il ne peut servir à rien de la définir comme la cause du changement de mouvement. Les autres lois physiques doivent être interprétées de la même manière anti-métaphysique.

poser le comment. Dans ce que nous avons appelé les causes secondaires, par conséquent, la science ne trouve pas d'élément de contrainte, mais seulement la routine de notre expérience. Mais l'idée de volonté cause première a été constamment et toujours associée à des causes secondaires. Aristote, remarquant la difficulté d'expliquer pourquoi les mouvements ont lieu, non seulement introduisait Dieu comme cause première, mais, de même que l'homme primitif, il faisait de Dieu une source immédiate d'obligation à propos de toute cause secondaire. Dieu, pensait Aristote, communique continuellement le mouvement à tous les corps de l'univers, et produit ainsi les phénomènes. La doctrine d'Aristote fut acceptée par la scolastique du moyen âge et, pendant des siècles, resta la base des écrits des philosophes et des théologiens. Schopenhauer, le métaphysicien allemand, voyant bien que la seule cause première de mouvement apparemment connue était la volonté, plaçait la volonté derrière tous les phénomènes, tout à fait comme le barbare qui postule la volonté d'un dieu-tempête derrière la tempête<sup>1</sup>. Mais quelque faible base logique que possèdent ces spéculations métaphysiques — aucune ne satisfaisait à nos règles d'inférence légitime (p. 74) — elles suffirent pourtant à marquer la distinction entre la conception populaire ou métaphysique de cause considérée comme obligation, et la conception scientifique dans laquelle la cause représente la routine de l'expérience. Toute association aux causes secondes d'une nécessité inhérente constitue un passage de la physique à la métaphysique, de la science à la fantaisie. Historiquement, je pense, on peut retracer le

1. Sir John Herschel allait jusqu'à identifier gravitation et volonté ! (*Outlines of Astronomy*, art. 439-40). D'autres exemples de la même tendance animiste se trouvent dans les écrits de feu le Dr J. Martineau et de feu le Dr W.-B. Carpenter.

chemin suivi par cette idée de l'association parfaite des causes secondes et de la nécessité interne, depuis l'ancien spiritualisme jusqu'à la conception de séries de mouvements dont la volonté est la cause première. Ici donc nous avons à nous poser deux questions : la volonté rend-elle compte en quelque manière du mouvement ? Y a-il quelque raison de supposer que la volonté soit une cause première arbitraire ?

§ 5. — LA VOLONTÉ EST-ELLE UNE CAUSE PREMIÈRE ?

En cherchant à répondre scientifiquement à ces questions, il faut nous souvenir que ce que nous appelons volonté ne nous est connu qu'en association avec la conscience, et que nous ne pouvons inférer la conscience que si nous trouvons un certain type de système nerveux. Si l'on considère la volonté comme produisant spontanément en apparence le mouvement, jette-t-on quelque lumière sur le mystère du mouvement ? Explique-t-on de quelque manière les suites particulières de mouvements ? Pour être logique, nous devrions supposer, avec Aristote, que chaque phase du mouvement est le produit direct d'un être conscient. Revenons à l'exemple de la pierre. En apparence, par l'action arbitraire de ma volonté, je mets la pierre en mouvement. Je discerne dans cet acte une cause première. Mais il se produit alors une suite complexe des mouvements. De chaque phase de cette suite, je puis concevoir la *description* mécanique, mais je suis tout à fait incapable d'affirmer la nécessité, le *pourquoi* de ces phases. Par exemple, la pierre tombe sur le sol ; je puis dire approximativement de combien de pieds elle tombera dans la première seconde, puis dans les secondes suivantes. C'est le résultat de l'expérience passée, servant à prédire l'avenir, le résultat de la classification des phénomènes résumés dans la loi de la

gravitation ; mais cette loi n'explique pas le *pourquoi* du mouvement. Si j'affirme que ma volonté met la pierre en mouvement, je ne puis supposer que la pierre continue à se mouvoir pour la même raison car, en général, après que la pierre a quitté ma main, aucune dose de volonté ne sera le moins du monde capable d'influencer son mouvement. Par conséquent, même dans le cas d'un mouvement dont le point de départ serait dans un être conscient, il existe en somme un mystère. Ma volonté peut expliquer l'origine, elle ne peut expliquer la continuation du mouvement. Si l'on doit avoir recours à la volonté pour le tout, il faut admettre qu'elle produit le mouvement à chaque instant. Mais il est clair que cette volonté n'est pas la mienne : ce doit être quelque autre volonté. Nous retrouvons la solution de l'homme primitif avec son spiritualisme derrière la nature, celle de Schopenhauer avec sa volonté indéterminée derrière chaque phénomène, celle d'Aristote quand il dit que Dieu met toutes choses en mouvement. Mais cette solution implique une extension de la notion de volonté au delà de la sphère où nous pouvons légitimement supposer son existence, c'est-à-dire en dehors de la structure physiologique à laquelle, au cours de notre expérience, nous l'avons toujours trouvée associée. Comme l'hypothèse de la force, cela suppose un  $x$  inconcevable au delà de nos impressions sensibles. Cela ne mène à rien. La volonté ne peut donc être regardée, ni comme gouvernant une suite de mouvements, ni comme ce que nous avons appelé une cause secondaire, car, dans la grande majorité des cas, si l'on suppose que la volonté fasse naître un mouvement, elle ne peut déterminer la continuation de ce mouvement dans une série particulière : pour ce qui regarde la volonté, le mouvement cesserait dès sa naissance.

## § 6. — LA VOLONTÉ CAUSE SECONDAIRE

La volonté est ainsi, de même que la cause secondaire, un stade dans la routine des perceptions. Notre expérience nous apprend qu' un acte de volonté se présente à un certain moment dans une routine de perceptions, mais nous ne pouvons affirmer qu' il y avait quelque chose dans cet acte même qui *obligeât* le moment suivant. La volonté, pourtant, diffère-t-elle en dernière analyse des autres causes secondaires parce qu'elle serait la *première* phase d'une routine observée? Cela nous amène à notre seconde question (p. 156), et la réponse est en réalité contenue dans les idées relatives à la conscience qui ont été développées au cours de notre second chapitre.

Nous avons vu que la différence entre une action volontaire et une action involontaire réside en ce que cette dernière est conditionnée seulement par l'impression immédiate des sens, tandis que la première est conditionnée par les impressions sensibles emmagasinées et par les conceptions qui en dérivent. Là où la conscience existe il peut y avoir un intervalle entre l'impression sensible et l'action, cet intervalle étant rempli par la « résonance », en quelque sorte, des impressions sensibles accumulées et associées aux concepts corrélatifs. Si l'action est déterminée par les impressions immédiates des sens (que nous associons à une construction projetée *hors* de nous-même), il ne peut être question de volonté, mais bien d'acte réflexe, d'habitude, d'instinct, etc. En ce cas, impression sensible et action apparaissent toutes deux comme des stades dans une routine de perceptions, nous ne regardons pas l'action comme une cause première, mais bien comme un effet direct de l'impression sensible ; toutes deux sont des causes secon-

dares susceptibles de description mécanique. D'autre part, si l'action est conditionnée par les impressions sensibles accumulées, il semble qu'elle soit conditionnée par quelque chose qui est *en* nous, par la façon dont la mémoire et le souvenir ont enchaîné mutuellement les impressions accumulées et les conceptions qui en dérivent. Aucune autre personne ne peut prédire avec une absolue certitude ce que sera l'action, car le contenu de notre esprit n'est pas pour elle un objet.

Non moins que les traits héréditaires de notre cerveau, que sa condition physique présente, eu égard à la manière de vivre antérieure, à l'activité et à la santé générale, notre éducation antérieure et notre expérience sont les facteurs qui déterminent le fonds des impressions sensibles accumulées, le mode d'association de ces impressions, et les conceptions auxquelles celles-ci donneront naissance. Par là nous parvenons à comprendre que, si nous pouvions porter dans la sphère de la perception les opérations qui interviennent dans le cerveau entre l'impression sensible immédiate et l'action consciente, nous constaterions alors des changements routiniers dans ces opérations, tout autant que dans ce qui précède l'impression sensible ou ce qui suit l'action. En d'autres termes, la volonté, d'après cette analyse, n'apparaît pas comme la cause première d'une routine de perceptions, mais simplement comme une cause secondaire ou un anneau intermédiaire de la chaîne.

La « liberté de la volonté » réside en ce fait que l'action est conditionnée par notre propre individualité, que la routine du processus mental, qui intervient entre l'impression sensible et l'action, n'est perçue physiquement ni par nous ni par personne autre, qu'elle n'est perçue psychiquement que par nous seul. Ainsi la volonté supposée la cause première d'une suite de mouvements n'explique rien du tout; c'est

seulement une limite à laquelle très souvent notre pouvoir de décrire une suite de faits s'arrête brusquement.

Cela est à tel point reconnu par la science moderne que des branches particulières de la science sont entièrement consacrées à décrire les suites de causes secondaires, ou la routine qui précède les déterminations particulières de la volonté. La science essaie d'exposer comment la volonté est influencée par les désirs et par les passions ; à leur tour, désirs et passions, dérivent de l'éducation, de l'expérience, de l'hérédité, du tempérament physique, des maladies, tous éléments associés avec le climat, la classe sociale, la race, ou avec d'autres facteurs importants de l'évolution. Ainsi, étant donné les progrès de notre connaissance positive, nous en arrivons de plus en plus à regarder les actes individuels de volonté comme des causes secondaires intervenant dans une longue série, comme des moments d'une routine qui peut être décrite. D'ailleurs, le caractère de ce que nous connaissons actuellement de ces moments, se transforme de psychique en physique. Un acte de volonté devient ainsi une cause secondaire, et n'est plus une cause première arbitraire. Les mauvaises actions dérivent il est vrai d'une volonté anti-sociale, — et en tant qu'elles sont hostiles à la société, celle-ci s'efforce de les réprimer — ; mais la volonté anti-sociale elle-même est considérée comme un héritage d'une mauvaise hérédité, ou comme ayant son origine dans les conditions de la vie passée et de l'éducation. La société tend de plus en plus à regarder les criminels incorrigibles comme des fous, et les délinquants peu sérieux comme des enfants mal élevés.

Du point de vue de la science, il n'y a pas deux cerveaux semblables, la complexité des lobes et de leurs commissures diffère d'individu à individu. La différence constitue l'individualité mentale d'un homme, quand on l'envisage du

côté psychique. Du côté physique nous ne pouvons qu'en partie décrire l'action du cerveau et rattacher son centre ou ses ramifications à quelque acte psychique.

Détruisons une circonvolution, et l'homme peut comprendre le langage, mais il a perdu la faculté de relier les empreintes accumulées des mots-concepts à l'organe qui contrôle les mots-sons : il souffre d'*aphasie*. Détruisons d'autres ramifications, et d'autres groupes d'empreintes accumulées peuvent disparaître, la conscience et le sens moral peuvent finir par s'éteindre. Le psychique est étroitement lié au physique, l'individualité à ce qui admet une description mécanique.

Le libre arbitre et la conscience dépendent de l'intervalle qui existe entre l'impression sensible et l'action ; le physique du monde extérieur devient le physique du monde intérieur (p. 84) : c'est le jeu de l'individualité, d'un cerveau formé par une certaine hérédité, une certaine éducation, une certaine expérience. Si notre connaissance était suffisante, nous douterions difficilement que nous ne puissions décrire « mécaniquement » toute cette action cérébrale. Cela n'expliquerait pas le moins du monde le côté psychique des mouvements du cerveau, mais cela montrerait que le libre arbitre n'interrompt pas la routine mécanique, que l'acte de volonté n'apporte aucun arbitraire dans le jeu des « forces vitales », que, dans le « monde extérieur » de l'action, il s'introduit un mécanisme « intérieur », l'individualité. J'agis de telle façon, parce que je suis moi, et que le merveilleux « moi » psychique, bâti d'hérédité, d'éducation et d'expérience, est associé avec un « moi » physique, bâti en même temps, merveilleux « mécanisme » qui le représente du côté physique. Y a-t-il là quelque chose de semblable au libre arbitre ? Certainement, si libre arbitre signifie action en accord avec le caractère, l'individualité

de l'*ego*. Libre arbitre implique-t-il une brèche dans la causation mécanique, dans les lois du mouvement ou dans le principe de l'énergie? Nous n'avons aucune raison de supposer qu'il en soit ainsi, car l'intervalle entre l'impression sensible et l'action — l'intervalle de pensée et de délibération — est rempli par le jeu du cerveau physique, ce merveilleux complexe sur quoi aucun élément de race, d'hérédité, d'éducation ou d'expérience n'a manqué de laisser une empreinte peut-être indélébile. C'est le mécanisme physique correspondant à l'individualité psychique, qui fait de la nécessité et du libre arbitre une seule et même chose. Mais la « nécessité » du mécanisme n'est pas un *devoir* catégorique, c'est le *comment* descriptif de la formule, le simple résumé de ce qui a été observé, de l'inexplicable routine.

§ 7. — LES CAUSES PREMIÈRES N'EXISTENT PAS  
POUR LA SCIENCE

Nous sommes maintenant parvenus à quelques conclusions très importantes sur la volonté en tant que cause.

En premier lieu, la seule volonté connue de nous (ou la seule chose *semblable* à la volonté dont nous puissions supposer logiquement l'existence) ne nous paraît pas liée à un pouvoir arbitraire de faire naître, de changer ou d'arrêter un mouvement. Elle apparaît simplement comme une cause secondaire, comme un stade dans une routine, mais un stade au cours duquel le côté connaissable de la routine se change de psychique en physique. En outre on ne trouve dans cette volonté aucun pouvoir de commander une série de mouvements. La volonté cause première est simplement une limite tenant à ce que nous ne pouvons suivre assez loin le côté physique d'une routine, ou

découvrir son côté psychique ; c'est simplement un autre moyen de dire : En ce point commence notre ignorance. Du moment où nous savons ou jugeons que la volonté cesse de paraître le créateur arbitraire ou le gouverneur d'une suite de faits, aussitôt que la volonté se réduit à n'être qu'un stade — un stade remarquable — d'une routine : alors il devient oiseux de considérer la volonté comme l'épine dorsale des phénomènes naturels. Appliquée à ce qui crée et entretient la nature, ou bien le mot volonté est un terme familier encore employé pour représenter quelque être inconnu et inconcevable, ou bien, — si on l'emploie dans le seul sens intelligible, celui d'une cause secondaire ou d'un stade dans une routine, — le mot volonté n'est d'aucun secours pour comprendre une routine.

Il est sage de renoncer à l'idée d'une volonté agissant derrière les phénomènes, et de nous borner à constater la routine des perceptions. En fait, c'est ce que fait la science, qui ne multiplie pas les causes sans nécessité, tant que leur introduction ne simplifie pas nos perceptions.

Nous avons vu que la conception de la volonté source arbitraire du mouvement était née historiquement, et naturellement, d'une partie de la routine. La volonté est un moment de cette routine, masqué pour l'observateur sur les deux côtés physique et psychique, car ce moment est dans la profondeur, dans l'individualité d'une autre personne. Nous avons en outre remarqué, par une analyse soigneuse de la volonté et du mouvement, que la conception de la volonté productrice de mouvement n'a plus aucune consistance. Mais en supprimant la volonté comme cause première, nous avons détruit toute possibilité d'atteindre par expérience les causes premières. Nous ne pouvons même plus conclure à la possibilité de l'existence des causes premières, car il n'y a rien de semblable dans notre expé-

rience et nous ne pouvons, d'après le second canon de l'inférence logique (p. 75), passer du connu à quelque chose de totalement différent dans l'inconnu. La science ne sait rien des causes premières. Contrairement à l'avis de Stanley Jevons<sup>1</sup>, celles-ci ne peuvent être inférées d'aucune branche des recherches scientifiques ; là où nous les voyons affirmées, nous pouvons être bien sûrs que l'affirmation marque une limite permanente ou temporaire de la connaissance. Ou bien nous inférons quelque chose dans l'au delà de nos perceptions sensibles, là où connaissance et inférence sont des mots vides de sens, ou bien nous enveloppons l'ignorance du manteau de la connaissance<sup>2</sup>, et en ce cas il est plus honnête de dire : « Ici, pour le moment, commence notre ignorance, » que de dire : « Ici il y a une cause première. »

#### § 8. — CAUSE ET EFFET CONSTITUENT LA ROUTINE D'EXPÉRIENCE

Nous sommes maintenant, je pense, en mesure d'apprécier la valeur scientifique du mot cause. Pour la science, le mot cause, en tant qu'il indique la création ou la nécessité

1. Dans le chapitre fort peu scientifique, intitulé « Réflexions sur les résultats et les limites de la méthode scientifique », par lequel se termine ses *Principles of Science*, excellents sous tant de rapports.

2. Cette « limite temporaire placée dans l'ignorance » a été l'origine de l'idée des « causes premières ». Tant que l'enchaînement historique ne pouvait remonter plus haut que quelques siècles, nous ne trouvions aucune difficulté à affirmer que le monde a commencé il y a 6 000 ans. Tant que nous ne saisissons pas l'évolution de la vie, depuis ses types les plus primitifs, nous admettons une cause première, cause créatrice de chaque type (Paley). Tant que nous n'observions pas les degrés variés de l'intelligence animale et de la conscience, nous supposions une âme insufflée à chaque humain à sa naissance. Tant que nous méconnaissions que les mouvements mutuels de deux atomes sont aussi mystérieux que les changements vitaux dans une cellule, nous supposons que les deux espèces de mouvements sont totalement différentes et nous admettons une création distincte de la vie.

d'une suite particulière de perceptions, est un mot vide de sens — nous n'avons aucune expérience de quelque chose qui crée ou qui nécessite quelque chose d'autre. Pourtant le mot cause, employé pour marquer un stade dans une routine, correspond à une conception claire et valable qui fait entièrement rentrer l'idée de cause dans le domaine des impressions sensibles, dans la sphère où nous pouvons raisonner et où nous pouvons atteindre la connaissance. En ce sens, la cause est une phase d'une routine constatée par l'expérience, et non pas d'une routine résultant d'une nécessité interne. La distinction est, peut-être, un peu difficile à saisir, mais il importe beaucoup que le lecteur la saisisse pleinement. Si j'écris ci-dessous cent nombres au hasard — par exemple en ouvrant négligemment les pages d'un livre — il en résulte une suite de nombres, commençant, par exemple, ainsi :

141, 253, 73, 477, 187, 585, 57, 353, ... etc. ;

l'observation d'un, de deux, de trois ou plus de ces nombres, ne me permet pas de prédire ceux qui suivront. Le nombre 477 ne me permet pas de dire que 187 le suivra, les nombres qui précèdent 187 ne nécessitent ni ne déterminent en rien ceux qui le suivent. D'autre part, si je prends la série :

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, ...

chaque nombre pris isolément conduit (par l'addition de 1) au nombre qui le suit immédiatement ou, en un certain sens, le détermine. On peut cependant écrire la première série si souvent qu'on l'apprenne par routine, c'est-à-dire qu'elle devienne une routine d'expérience.

L'analogie ne doit pas, bien entendu, être poussée trop loin, mais elle peut cependant rendre service. Il n'y a rien dans une cause scientifique qui nous force, de par une néces-

sité interne, à prédire l'effet. L'effet est associé à la cause simplement comme un résultat de l'expérience passée directe ou indirecte. Ce point sera peut-être plus facile à saisir à l'aide d'une analogie géométrique. Si je forme la conception d'un cercle, il en résulte, par une nécessité intrinsèque, que l'angle inscrit dans la demi-circonférence est un angle droit. Cette conception découle de l'autre, non comme un résultat d'expérience, mais comme une nécessité logique. Aucune suite d'impressions sensibles n'implique en soi une nécessité logique. La suite peut être un chaos, semblable à notre première série de nombres ; elle est devenue pour nous une routine par la répétition de l'expérience. Dans une routine de perceptions, le fait remarquable n'est pas tant l'ordre particulier des termes de la série que la possibilité, démontrée par l'expérience, de la répétition de ces termes dans le même ordre.

Le lecteur s'étonnera peut-être de ce que, si les suites d'impressions sensibles sont réellement de nature chaotique, comme les nombres de notre première série, il nous soit possible de les décrire, indépendamment de leur répétition, par ces brèves formules que nous appelons lois scientifiques. En fait la faculté de perception nous présente des suites sous une forme assurément plus semblable à la seconde qu'à la première des deux séries de nombres ci-dessus, car les phénomènes naturels peuvent sans aucun doute être décrits, dans une large mesure, par certaines lois de forme concise. On doit plutôt envisager le cas qui nous occupe de la manière suivante. Nous observons une personne dont les motifs nous sont tout à fait inconnus et qui écrit la série :

$$1, 2, 4, 8, 16, 32, \dots$$

La voilà arrivée au nombre 32. La loi qui décrit la série est

évidente — chaque nombre est double du précédent. Avec une grande probabilité, nous inférons que la personne observée écrira maintenant 64, surtout si auparavant nous l'avons déjà vue écrire la série jusqu'à 32 et au delà. Mais il n'y a aucune nécessité logique à ce qu'elle écrive 64 après les nombres précédents. Ces nombres, si nous en connaissons la loi, suggèrent qu'elle le fera, mais ne l'y obligent pas.

Nous sommes maintenant en état de définir la *cause* telle qu'on l'entend dans la science. Toutes les fois qu'une suite de perceptions, D, E, F, G est invariablement précédée par perception C, au que les perceptions C, D, E, F, G se rencontrent toujours dans cet ordre, c'est-à-dire forment une routine d'expérience, C est appelé une *cause* de D, E, F, G, lesquels sont dits ses effets. Aucun phénomène, aucun stade d'une série n'a qu'une seule cause, tous les stades précédents sont des causes successives, et, comme la science n'a aucune raison d'inférer une cause première, on peut remonter dans la succession des causes jusqu'à la limite des connaissances existantes, et au delà *ad infinitum* dans le domaine des connaissances possibles. Quand nous établissons scientifiquement des causes, nous décrivons en réalité les stades successifs d'une routine d'expérience. Causalité, dit John Stuart Mill, est antériorité uniforme, et cette définition est parfaitement d'accord avec le concept scientifique.

### § 9. — ÉTENDUE DE L'ACCEPTION DU MOT CAUSE

Le mot *cause*, même dans son sens scientifique, est quelque peu élastique. On l'a employé pour marquer la conjonction uniforme dans l'espace, aussi bien que l'antériorité uniforme, dans le temps; et si nous considérons un groupe

de perceptions actuellement existant, disons un frêne particulier de mon jardin, on peut concevoir les causes de sa croissance d'une manière assez large pour y comprendre une description des divers états antérieurs de l'univers. Une des causes de sa croissance est l'existence de mon jardin, qui est conditionnée par l'existence de la métropole ; une autre cause est la nature du terrain sablonneux, légèrement argileux, laquelle d'ailleurs est conditionnée par la structure géologique et l'histoire passée de la terre. Les causes de chaque objet *particulier* s'élargissent ainsi dans l'histoire insondable de l'univers. Le frêne est semblable à la « fleur éclosée dans le mur crevassé » de Tennyson : connaître toutes ses causes, ce serait connaître l'univers. Suivre les causes, en ce sens, ce serait chose aussi complexe que de remonter toutes les lignées d'ancêtres qui convergent vers un individu ; nous atteignons bientôt un point que nous ne pouvons dépasser à cause du volume des matériaux. Évidemment la science, en recherchant les causes, n'essaie pas d'entreprendre semblable tâche, pourtant il est utile de se rappeler comment, dans l'espèce, la recherche des causes d'une portion finie de l'univers aboutit irrésistiblement à l'histoire de l'univers entier. Cette réflexion fait comprendre à quel degré les branches les plus diverses de notre connaissance positive sont en fait étroitement liées. Elle nous montre combien il est difficile que le grand édifice de la science avance rapidement, et cela est surtout difficile, assurément, tant que les diverses parties n'avancent pas de la même allure. Pratiquement la science doit se contenter de suivre une seule lignée d'ancêtres, une seule rangée de causes à une époque donnée, et cela non seulement pour un objet spécial et indi-

1. « Uniformité » et « ressemblance », dans le monde de la perception, doivent pas s'entendre que dans le sens relatif (voir chapitre V, § 6.

viduel comme le frêne de mon jardin, mais pour les frênes ou les hêtres, pour les arbres en général. C'est parce que la science, pour remplir son objet descriptif, traite d'idées générales ou de concepts, que les mots cause et effet ont été tirés de la sphère des impressions sensibles, des phénomènes auxquels ils conviennent strictement, et appliqués au monde des concepts et des idées, où, à la vérité, il existe une nécessité logique mais où il n'y a pas de véritable cause et de véritable effet. Sur ce point je renverrai au paragraphe 11.

§ 10. — L'UNIVERS DES IMPRESSIONS SENSIBLES  
CONSIDÉRÉ COMME UNIVERS DE MOUVEMENTS

Au cours de ses lectures passées, et de son expérience le lecteur aura difficilement été satisfait par la masse d'explications dont on a entouré cette malheureuse conception métaphysique de la *force*. Il aura sans doute entendu parler des « forces mécaniques » qui régissent l'univers, des « forces vitales » qui dirigent le développement de la vie, et des « forces sociales » qui gouvernent la croissance des sociétés humaines<sup>1</sup>. Il aura peut-être conclu, comme l'auteur de ce livre, que souvent ce mot est un fétiche qui symbolise plus ou moins l'obscurité de l'esprit. Mais il ne faut pas chercher bien loin la raison pour laquelle on trouve ce mot si souvent répété. Partout où l'on supposait mouve-

1. Un bon exemple de l'obscurité qui s'attache à l'emploi des mots *force* et *cause* peut être empruntée à la récente (1900) *History of Human Marriage*, de E. Westermarck. L'auteur écrit : « Rien n'existe sans une cause, mais on ne cherchera pas cette cause dans un agrégat de forces extérieures et intérieures ». Il veut dire ici qu'il ne faut pas chercher une cause dans cet inintelligible « agrégat de forces extérieures et intérieures ». L'auteur essaie de *décrire* les diverses phases par lesquelles le mariage a passé, puis d'exprimer la suite de ces phases par de courtes formules, telles que celles de la sélection naturelle. L'emploi du mot *force* obscurcit malheureusement son exposé.

ment, changement, ou croissance. on trouvait dans la vieille métaphysique qu'une force était la cause du changement de mouvement. L'emploi fréquent du mot force était dû à l'association presque invariable du *mouvement* à nos perceptions, ou, plus exactement, à l'analyse de presque toutes nos impressions sensibles par le moyen de mouvements idéaux. Par exemple on peut dire qu'un feu de charbon est une cause de chaleur. Nous entendons ici que le groupe d'impressions sensibles que nous nommons charbon, suivi du groupe que nous nommons combustion, a été invariablement accompagné, dans notre expérience, par l'impression sensible de chaleur. Si nous sommes chimistes, nous serons à même de décrire le processus chimique, les changements ou mouvements atomiques auxquels le phénomène de combustion a été réduit; si nous sommes physiciens, nous pourrions décrire le mouvement du milieu éther auquel on ramène le phénomène de la chaleur rayonnante; si nous sommes physiologistes, nous serons peut-être capables de décrire les mouvements nerveux à l'aide desquels le mouvement moléculaire des bouts des doigts est interprété par le cerveau comme impression sensible de la chaleur. Dans tous ces cas, des suites de divers types de mouvement nous aident à analyser ou à condenser diverses impressions sensibles. Exactement comme dans le cas spécial de la gravitation, nous pouvons ainsi décrire ces suites de mouvements, nous pouvons souvent mesurer les mouvements dont nous concevons la production, mais nous sommes toujours absolument incapables d'établir *pourquoi* ces mouvements se produisent. Nous pouvons énumérer, si cela nous fait plaisir, des forces de combustion, des forces de radiation, ou même des forces intérieures de la substance nerveuse; nous pouvons assurément dire que la chaleur, dont la combustion est la cause, est due à « un agrégat de forces exté-

rieures ou intérieures » mais en nous servant de telles formules nous n'introduisons pas un iota de connaissance nouvelle, nous ajoutons trop souvent tout un alphabet d'obscurités. Nous masquons le fait que toute connaissance est une description concise, que toute cause est une routine.

Maintenant il convient de noter spécialement que les suites de causes dont nous nous occupons sont toutes réductibles à des descriptions de mouvements ou de changements. Nous ne sommes pas forcés de prendre arbitrairement comme point de départ la combustion du charbon ; les changements de sa constitution chimique qui forment des éléments de la série des causes peuvent, par exemple, être suivis en remontant leur longue histoire passée au cours de l'évolution du charbon, et nous ne pouvons logiquement inférer (p. 164) aucun commencement, aucune cause première, dans cette série. Les séries de mouvements ou de changements des phénomènes naturels se prolongent dans le passé et dans l'avenir par une infinité de causes ; leur fixer un commencement ou une fin quelque part, avec une cause première ou dernière, est simplement dire qu'en tel point la sphère de la connaissance se termine par un  $x$  inconcevable. L'univers est pour l'homme de science un univers de mouvements variés, de mouvements dont le *pourquoi* est inconnu, mais dont les suites, selon notre expérience, se répètent invariablement. La cause du mouvement au sens scientifique, en restant dans la sphère des impressions sensibles<sup>1</sup>, ne peut être le *pourquoi* des mouvements, nous devons la chercher dans quelque *antécédent uniforme* du mouvement — par exemple, dans l'histoire passée du mou-

1. La « sensation musculaire de force » dont il est souvent question n'est en réalité qu'une impression sensible interprétée comme impression de mouvement, ainsi qu'on le verra dans la dernière partie de l'ouvrage.

vement, dans la position relative des corps en mouvement et ainsi de suite. Comment de tels antécédents constituent les vraies causes scientifiques du mouvement, c'est ce que nous verrons dans notre chapitre VIII consacré aux « Lois du mouvement. »

§ 11. — LA NÉCESSITÉ RÉSIDE DANS LE MONDE  
DES CONCEPTIONS, NON DANS CELUI DES PERCEPTIONS

Arrivé en ce point le lecteur peut se sentir porté à dire : « A coup sûr il y a autant de nécessité à ce qu'une planète, décrivant son orbite elliptique, soit à une certaine époque en une certaine position, qu'il y en a à ce que les angles inscrits dans une demi-circonférence soient des angles droits ? » J'en conviens parfaitement. La *théorie* du mouvement planétaire est en soi aussi logiquement nécessaire que la théorie du cercle ; mais, dans les deux cas, la logique et la nécessité proviennent des définitions et des axiomes formulés mentalement ; elles n'existent pas dans la suite d'impressions sensibles que nous espérons décrire avec leur concours, au moins approximativement. La nécessité réside dans le monde des conceptions, et ce n'est qu'inconsciemment et illogiquement qu'on la transporte dans le monde des perceptions. La différence est bien mise en lumière par un exemple dû à M. James Stuart, ancien professeur de mécanique à Cambridge. Supposons que je place une pierre sur un terrain plat et que je me promène autour en suivant la courbe particulière, appelée ellipse, qu'une planète quelconque décrit autour du soleil. Supposons en outre que la pierre soit en ce point particulier appelé foyer qui, dans le cas d'une orbite elliptique, est effectivement occupé par le soleil. Enfin, je marche de telle façon que la droite joignant la pierre à mon corps

balaie des aires égales dans des temps égaux, ce qui est une caractéristique fondamentale des lois du mouvement planétaire. Mon mouvement peut être très complètement décrit par la loi de la gravitation, mais il est bien clair qu'aucune force ne s'exerçant de la pierre sur moi, aucune loi de gravitation, ne saurait être logiquement invoquée comme la cause de mon mouvement sur l'ellipse. Nous pouvons en *imagination* concevoir un point qui modifie son mouvement suivant la loi de la gravitation et qui décrive mon ellipse ; ce point peut se mettre au pas avec moi et couvrir, par nécessité logique, des aires égales dans des temps égaux. Cette nécessité logique découlerait de notre définition, de notre conception : dans l'espèce, de la conception d'un point gravitant. Ce point peut servir à décrire mon mouvement elliptique, à prédire mes positions dans l'avenir, mais aucun observateur ne pourrait logiquement conclure que la suite nécessaire de position impliquée dans le concept d'un point gravitant pourrait être transportée, ou projetée, comme une nécessité, dans la suite de ses perceptions de mon mouvement. Je pourrais parcourir l'ellipse cent fois de la même manière, et ensuite m'arrêter ou partir sur un chemin entièrement différent. La seule inférence légitime de l'observateur serait alors que la loi de la gravitation ne constitue pas une formule assez vaste pour décrire plus qu'une partie de mon mouvement<sup>1</sup>. Cette différence entre nécessité dans la conception et routine dans la perception doit être soigneusement ancrée dans l'esprit.

1. L'exemple cité est donné par M. Stuart à la page 168 de son *Chapter of Science*. Il s'en sert pour exposer l'argumentation de l'homme primitif : ma volonté est cause que je tourne suivant l'ellipse, donc la volonté est cause que les planètes tournent suivant des ellipses, et de là M. Stuart passe au dieu d'Aristote, moteur continuuel de toutes choses. Que la volonté ne se trouve qu'associée avec certains types des systèmes nerveux matériels. M. Stuart n'en conclut pas, logiquement, à la nature matérielle de sa cause première. Il passe en jonglant

Les théories corpusculaire, ondulatoire, et électro-magnétique de la lumière impliquent toute une série de conclusions de nécessité logique, et nous pouvons nous servir de ces conclusions comme d'un moyen de rendre compte de nos perceptions. Tant qu'elles sont confirmées, les théories demeurent valables comme descriptions ; si, d'autre part, nos impressions sensibles diffèrent des conclusions, les conclusions ont autant de nécessité mentale ; mais la théorie, encore que valable pour l'esprit, n'est plus valable comme description de la routine de perceptions. Ce n'est que la très grande probabilité fournie par notre expérience passée de la routine des faits qui nous permet de signaler « l'ordre invariable de l'univers », ou qui permet aux hommes de science d'affirmer que les faits dont ils ont prouvé la permanence jusqu'à présent demeureront jusqu'à la fin soumis aux lois naturelles qui ont été bien édifiées. Ce n'est pas dans le domaine des causes, c'est dans le domaine des conceptions que nous opérons avec certitude.

§ 12. — LA ROUTINE DES PERCEPTIONS EST UNE CONDITION  
NÉCESSAIRE DE LA CONNAISSANCE

Encore que dans la nature des perceptions elles-mêmes rien n'apparaisse qui nécessite un ordre, D, E, F, G, plutôt que F, G, D, E, nous avons pourtant un besoin réel, pour la possibilité de la pensée, que la faculté de percevoir répète toujours la suite des perceptions à *peu près* dans le même

avec un nom commun du connu à l'inconcevable, situé au delà de la sphère de la connaissance et de la science. La part très réelle de vérité que contient son *Chapter of Science* est malheureusement viciée par son point de vue théologique. « Je ne connais, dit-il, aucun résultat scientifique qui puisse jeter le discrédit sur quelque partie de la Bible » (p. 184). La « science » de M. Stuart, est ainsi incomparablement plus rétrograde que la théologie moderne de Cambridge qui émet des doutes à propos de l'arche de Noé,

ordre. En d'autres termes, la répétition ou la routine est une condition essentielle de la pensée ; l'ordre actuel de la suite est immatériel ; quel qu'il soit, cet ordre doit se répéter approximativement pour que la connaissance soit possible. Ce que nous traduisons brièvement par la loi suivante : (chapitre v, § 6) *le même ensemble de causes est toujours accompagné du même effet*. Que l'avenir soit semblable à ce que nous savons du passé, c'est la seule condition sous laquelle nous puissions prédire ce qui dépasse les événements actuels et guider ainsi notre conduite. Mais la lutte pour l'existence a développé la pensée comme guide de la conduite ; sans cette lutte, la pensée n'aurait pu se développer. Si après les impressions sensibles D, E, F, G l'impression sensible H ne suivait pas uniformément ; si contre toute attente, A, J, ou même Z, se présentait tout aussi souvent, alors toute connaissance deviendrait impossible pour nous ; il nous faudrait cesser de penser.

Le pouvoir de penser — ou d'associer des groupes et des suites d'impressions sensibles, immédiates ou emmagasinées — s'évanouirait si ces groupes et suites ne comportaient pas des éléments permanents grâce à quoi l'on peut les classer et les comparer.

Dans la lutte pour l'existence, l'homme a conquis sa dictature sur les autres formes de vie par sa faculté de prévoir les effets qui dérivent des causes antécédentes — non seulement grâce à sa mémoire de l'expérience passée, mais aussi par sa capacité à codifier les lois naturelles, c'est-à-dire à généraliser l'expérience dans des formules scientifiques. Il n'était pas indispensable pour réussir qu'il sût *pourquoi* les phénomènes ont lieu, mais seulement qu'il sût *comment* ils ont lieu, qu'il fût capable d'y observer une routine, des répétitions pouvant servir de base à sa connaissance. Nous n'avons qu'à considérer dans un cas simple —

par exemple le cas de la combustion du charbon — ce qui arriverait si les impressions sensibles résultantes n'étaient pas uniformes — s'il se produisait par exemple, tantôt chaleur intense, tantôt froid intense — pour apprécier qu'un ordre invariable dans la suite des impressions sensibles est une condition absolue de la connaissance humaine, nécessaire par conséquent à la faculté de prévision qui a permis à l'homme de conquérir sa dictature.

Dans le chaos qui se trouve derrière les sensations, dans l'« au delà » des impressions sensibles, nous ne pouvons inférer une nécessité, un ordre ou une routine, car ce sont-là des concepts formés par l'esprit de l'homme *de ce côté-ci* des impressions sensibles. Si la suprématie de l'homme est due à sa faculté de raisonner, la condition de l'existence de l'homme, comme être raisonnant, est qu'il y ait une routine dans ses perceptions, un ordre invariable ou presque invariable dans les suites de ses impressions sensibles. Nous ne pouvons ni affirmer ni nier que cette routine soit due à quelque chose au delà de l'impression sensible, car dans cet « au delà » le mot routine est vide de sens, et nous ne pouvons ni affirmer ni nier qu'il s'agisse d'un domaine où le mot connaissance ne peut plus s'appliquer.

Tout ce que nous pouvons affirmer, c'est que la faculté de raisonner chez l'homme implique une faculté de perception présentant les impressions des sens dans un ordre à peu près invariable. Que cette routine soit due à la nature de la faculté de perception elle-même — à des facteurs inconnus analogues à l'association consciente et à la mémoire qui composent la faculté de raisonner — c'est une hypothèse plausible encore que non vérifiée. C'est d'ailleurs, comme nous l'avons vu, une hypothèse suggérée par la croissance simultanée de la perception et de la raison, et confirmée par l'impossibilité que certaines formes de la faculté de per-

ception, telles que celle de l'aliéné, survivent dans la lutte pour l'existence (p. 132).

Tandis qu'un ordre presque invariable dans la suite des impressions des sens constitue ainsi une caractéristique essentielle de la faculté de perception d'un être raisonnable, il n'en est pas de même du pouvoir de comprendre le pourquoi d'une suite. Il serait sans doute d'un grand intérêt intellectuel de savoir *pourquoi* les corps tombent à terre, mais savoir *comment*, pratiquement, ils tombent invariablement, cela nous permet de construire des machines, cela a permis à nos grands pères de lancer des pierres, et ce savoir les a aidés, comme il nous aide nous-mêmes, dans la lutte pour l'existence.

En termes plus généraux, ici comme dans d'autres circonstances, la faculté de perception s'est développée selon les directions qui fortifient les pouvoirs de conservation de l'homme, et non selon les directions qui serviraient simplement sa curiosité intellectuelle.

Tout ce qui tend, remarquons-le, à affaiblir notre confiance dans l'ordre uniforme des phénomènes, dans ce que nous avons appelé la routine des perceptions, tend aussi à dérégler notre faculté de raisonner en détruisant la seule base de notre savoir. Il en résulte une diminution de notre puissance de prévision, un amoindrissement de nos forces pour les luttes de la vie. Pour cette raison, théosophes et spirites, dont les miracles modernes contredisent la routine des perceptions éprouvées depuis longtemps, semblent parfaitement incapables de former une société suffisamment stable pour survivre dans la lutte pour l'existence. Tout état extatique et mystique affaiblit l'ensemble du caractère intellectuel de ceux qui l'éprouvent, car un tel état affaiblit la croyance dans la norme des perceptions. La faculté de perception anormale, que ce soit celle du fou ou celle du mys-

tique, sera toujours un danger pour la société humaine, car elle sape l'efficacité de la raison comme guide de la conduite. Donc, la conviction qu'il y a dans les phénomènes un ordre uniforme est essentielle au bien-être social.

Cependant le lecteur objectera peut-être : bien que cette conviction soit essentielle au bien-être social, il ne s'ensuit pas qu'elle soit fondée. La croyance en un fétiche peut être essentielle au bien-être d'une tribu primitive, quiconque ne croit pas en lui peut être exterminé ; cela ne démontre pourtant pas le caractère rationnel de la croyance. Il est donc bon de rechercher si notre croyance est fondée ; nous consacrerons à cette recherche les derniers paragraphes de ce chapitre.

Pour conclure le présent paragraphe nous résumerons les résultats obtenus comme suit :

Dans l'ordre des perceptions (cause et effet) on ne peut démontrer qu'il existe aucune nécessité intrinsèque.

Dans l'uniformité suivant laquelle les suites de perceptions se répètent (la routine des perceptions) il n'existe non plus aucune nécessité interne, mais c'est une condition nécessaire de l'existence de l'être pensant que les perceptions se reproduisent par une routine. La nécessité réside ici dans la nature de l'être pensant et non dans les perceptions elles-mêmes ; on conçoit donc que cette nécessité soit un produit de la faculté de perception.

### § 13. — PROBABLE ET PROUVABLE

Stanley Jevons, dans sa discussion de la théorie des probabilités — l'une des parties de ses *Principles of Science* dont la valeur et l'intérêt sont le plus marqués — constate que l'étymologie du mot *probable* ne nous aide pas à comprendre ce qu'est la probabilité ni s'il existe une probabilité :

« Car, chose assez curieuse, *probable* est en somme le même mot que *prouvable* — bon exemple d'un mot qui se différencie en deux sens opposés ».

Nous avons vu que la certitude n'appartient qu'à la sphère des conceptions, que nécessité interne a un sens dans le domaine mental de la logique, mais que nous ne pouvons supposer la nécessité dans l'univers des perceptions; que la « nécessité des lois naturelles » est en réalité une expression injustifiable. Le mot *preuve*, par conséquent, employé dans le sens d'une certitude qui puisse être démontrée, ne s'applique qu'à la sphère des conceptions. Que comprendre dès lors quand le mot *preuve* est appliqué à des phénomènes naturels? Dira-t-on qu'il est incorrect d'employer le mot *preuve* pour tout ce qui touche à ce domaine? Cependant les hommes de science qui nous guident en font usage. Il y a sur ce point un passage d'une leçon de Lord Kelvin sur « Les six voies d'accès à la connaissance »<sup>2</sup>. Lord Kelvin discute la possibilité que nous ayons un « sens magnétique », et il écrit :

« Je ne puis croire que cette qualité de la matière dans l'espace — la faculté magnétique, — qui produit un si prodigieux effet sur une pièce de métal, puisse être absolument sans effet — et elle n'est sûrement pas sans effet — sur la substance d'un corps vivant; il ne me paraît pas non plus prouvé, qu'elle ne puisse avoir absolument aucun effet *perceptible* sur la substance que voilà, bien que le fait n'ait point encore été observé.

Le mot *prouver* est ici nettement appliqué à une chose susceptible d'être démontrée dans le domaine de la per-

1. L'étymologie des deux mots doit être cherchée, je pense, dans le bas latin *proba*, échantillon, épreuve, expérience. C'est ainsi que *probare* est employé dans le sens d'arracher l'aveu d'un fait par la torture, et *probabilité* est ce qui, à l'aide de la *proba*, a été attesté et prouvé.

2. *Popular Lectures and Addresses*, vol. I, p. 261, Londres 1889.

ception. Son emploi comporte évidemment une supposition et l'on aperçoit aisément que cette supposition est qu'il existe une routine de perceptions, c'est-à-dire que si une chose a été perçue une fois, elle sera de nouveau perçue, à condition que les mêmes circonstances se reproduisent exactement. Notre conviction de cette routine n'est pas une certitude, mais, comme nous l'avons vu, une probabilité. Donc, quand il est question de la sphère des perceptions il faut nous souvenir que prouvable est en somme le même mot que probable. L'association des deux mots ne semble donc pas sans profit ; l'étymologie peut après tout servir à nous rappeler le caractère de notre connaissance dans le domaine de la perception.

Le problème est pour nous le suivant : un certain ordre de perceptions a été expérimenté dans le passé, quelle est la probabilité que les perceptions se répéteront les mêmes dans le même ordre à l'avenir ?

La probabilité est conditionnée par les deux facteurs, suivants : 1° Dans la plupart des cas, l'ordre des faits s'est répété précédemment souvent dans le même ordre ; 2° l'expérience passée nous apprend que les séries de perceptions se sont reproduites jusqu'ici sans manquer. Ainsi, il y a une expérience passée, tant de la répétition de la classe de faits que de la répétition des faits individuels, qui fortifie la probabilité d'un retour ultérieur de la même suite. La probabilité que le soleil se lèvera demain n'est pas seulement conditionnée par l'expérience qu'ont les hommes du mouvement du soleil, mais par leur expérience de l'ordre uniforme des phénomènes naturels. Il n'est pas nécessaire de répéter une expérience conduite avec précaution un grand nombre de fois pour donner la *preuve* d'une certaine succession de perceptions, c'est-à-dire pour établir une probabilité écrasante en sa faveur. L'énorme probabilité que, d'après l'ex-

périence passée, toutes les séries se reproduisent, s'applique à la série nouvelle réalisée. Supposons la solidification de l'hydrogène réalisée *une fois* par un expérimentateur d'une probabilité et d'une habileté connues, et par une méthode où la critique ne puisse découvrir aucune fissure. Quelle est la probabilité que la répétition du même procédé entraîne la solidification de l'hydrogène? D'après Laplace, la probabilité pour qu'un événement qui s'est produit  $p$  fois sans faillir se reproduise une fois de plus est représentée par la  $\frac{p+1}{p+2}$  fraction. Dès lors, dans le cas de l'hydrogène la probabilité de la répétition serait seulement de  $\frac{2}{3}$ , ou, comme l'on dit communément, il y aurait deux chances contre une en sa faveur. D'un autre côté, si le soleil s'est levé sans manquer un million de fois, les chances pour qu'il se lève demain seraient de 1.000.001 contre 1. Dans ces conditions, on aurait évidemment la certitude pratique que le lever du soleil se reproduira et seulement quelque vraisemblance que l'hydrogène se solidifiera de nouveau.

En fait, les nombres précédents ne représentent pas du tout les degrés de croyance de l'homme de science quant à la répétition des deux phénomènes. Nous devrions plutôt poser le problème de cette façon :  $p$  suites différentes de perceptions obéissent à une même routine toutes les fois qu'elles se répètent; aucune n'a été trouvée en défaut; quelle est la probabilité que la  $(p+1)^{\text{e}}$  suite de perceptions obéisse à la même routine? D'après le théorème de Laplace il y aurait  $(p+1)$  chances contre une pour que la nouvelle série de faits se conforme à cette routine. En d'autres termes,  $p$  représentant ici l'infinie variété des phénomènes pour lesquels l'expérience passée des hommes a établi que les mêmes causes en se répétant sont suivies des mêmes effets, il y a énormément de chances pour que tout phénomène nouvellement observé se range sous cette loi

de causation<sup>1</sup>. Notre croyance en cette loi de causation est si grande — et, à bien considérer les chances, elle est raisonnablement grande — que si une suite de perceptions ne paraît pas se répéter, nous affirmons avec une entière confiance que les mêmes causes n'étaient pas présentes à la fois dans la suite primitive et dans la suite répétée.

§ 14. — LA PROBABILITÉ D'INTERRUPTIONS  
DANS LA ROUTINE DES PERCEPTIONS

Laplace a également donné le moyen de tenir compte des « miracles » possibles, des anomalies, ou des brèches qui se produisent dans la routine des perceptions. Il nous montre que si un événement est arrivé  $p$  fois et à manqué  $q$  fois, la probabilité qu'il se produira la prochaine fois est  $\frac{p+1}{p+q+2}$ , ou bien que les chances en faveur de son arrivée sont de  $p+1$  contre  $q+1$ . Or, si généreux que nous soyons pour ceux qui rapportent des miracles, nous pouvons difficilement affirmer que, dans notre expérience passée, une brèche bien authentique dans la routine des perceptions s'est produite *une fois* sur 1.000 millions de cas de routine ininterrompue. En d'autres termes, nous avons à poser  $p$  égal à 1.000 millions de fois  $q$  : les chances pour qu'un miracle ne se produise pas dans la prochaine suite de perceptions seraient d'environ 1.000 millions contre une. D'après cela il est évident que, dans notre expérience immédiate, la croyance au miracle ne peut en aucune façon constituer un facteur de notre conduite pratique. A la vérité, les chances contraires à la production d'un miracle sont tellement grandes ; le nombre proportionnel des mala-

1. On donnera plus loin une valeur un peu plus grande à la probabilité qu'une suite qui s'est répétée  $r$  fois se répète à la  $(r+1)^{\text{e}}$  épreuve.

dies permanentes ou des désordres temporaires des facultés de perception est si élevé comparativement à la proportion des brèches survenues, d'après des témoignages, dans la routine ; puis pour le genre humain, l'avantage de dégager une base absolument certaine de la connaissance est si grand<sup>1</sup>, que nous sommes bien fondés à dire : on a *prouvé* qu'il ne faut pas croire aux miracles. Le mot *prouvé* est pris ici dans le seul sens où il a une signification véritable en ce qui concerne les perceptions (p. 180).

§ 15. — LA BASE DE LA THÉORIE DE LAPLACE EST DANS NOTRE  
EXPÉRIENCE RELATIVEMENT A L'IGNORANCE

J'en ai dit assez, je pense, pour montrer que si le théorème de Laplace est correct et peut être légitimement appliqué à mesurer la probabilité d'une répétition d'événements, notre croyance à la routine des perceptions est fondée sur l'existence d'un haut degré de probabilité, en vertu duquel probable et prouvable sont pratiquement le même mot. Examinons d'un peu plus près la base de la théorie de Laplace. Jetons une pièce de monnaie, les chances pour qu'elle tombe face ou pile sont exactement égales ; l'unité marquant la certitude, nous disons que la probabilité de face est  $\frac{1}{2}$ . Si nous lançons la pièce encore une fois, la chance pour qu'elle retombe face n'est pas changée, ce sera encore  $\frac{1}{2}$ , et il en sera de même chaque fois qu'on lancera la pièce, la chance restant toujours  $\frac{1}{2}$ . Puisque dans deux expériences nous pouvons avec une

1. Cela se rapporte à l'hypothèse de la page 175 : dans le cours de son évolution, l'homme a acquis une faculté de perception qui, dans son état normal, ne peut lui présenter des suites de perceptions que sous forme de routine. Cette notion de routine étant, comme nous l'avons vu, la seule base de la connaissance, elle constitue un énorme avantage pour l'homme.

égale probabilité avoir l'un des quatre cas : face, face ; pile, pile : face, pile : pile, face, il s'ensuit que le retour de face comporte seulement une probabilité de  $\frac{1}{4}$  ou  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ . De même, en comptant tous les cas possibles, on obtient la probabilité d'une série de trois faces, soit  $\frac{1}{8}$  ou  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ , c'est-à-dire que les chances contre le triple retour de face sont de sept contre une. En étendant le même calcul à des séries de vingt ou trente faces, on obtient une énorme probabilité à l'encontre du retour ininterrompu du même fait.

Au lieu de la pièce de monnaie, prenons un sac et mettons y en nombre égal des boules blanches et des boules noires. La probabilité de tirer, au hasard, une boule blanche sera  $\frac{1}{2}$ , et à chaque tirage, pourvu que les boules soient remises dans le sac, on aura la même probabilité en faveur d'une boule blanche. Considérons maintenant le monde des perceptions comme un sac contenant des boules blanches et des boules noires, une boule blanche représentant un ordre routinier et une boule noire un ordre anormal ou une rupture de routine. Puisque nous ne voyons pas de raison pour que les perceptions suivent ou ne suivent pas une routine, ne pouvons nous pas affirmer que les deux hypothèses sont également vraisemblables, ou qu'il y aura le même nombre de boules noires ou de boules blanches dans notre sac ? S'il en est ainsi, évidemment les chances sont alors de sept contre une qu'un certain ordre routinier ne se reproduira pas uniformément trois fois de suite sans une seule anomalie ; il y a énormément de chances contre l'hypothèse d'une absence complète d'interruption de la routine, dans la totalité des perceptions. Cependant la seule supposition que nous ayons faite est celle-ci : ne connaissant rien de la nature, nous devons considérer routine et irrégularité comme également vraisemblables. Mais rien ne justifie même cette supposition, car elle implique, relativement à la nature, une connaissance ue

nous ne possédons pas. Nous nous servons de notre *expérience* de la constitution et du mouvement des pièces de monnaie en général pour affirmer que face et pile sont également probables, mais nous n'avons pas le droit d'affirmer avant expérience que, comme nous ne savons rien de la nature, routine et absence de routine sont également probables. Dans notre ignorance nous devons considérer, avant l'expérience, que la nature peut consister soit toute en routine, soit toute en anomalies, soit en un mélange des deux systèmes, dans une proportion quelconque, et que tous ces systèmes sont également probables. Quelle est, après expérience, la manière d'être la plus probable, cela dépend évidemment de l'expérience.

Pour revenir à l'exemple de la pièce de monnaie, il faut supposer que nous n'avons aucune expérience de la façon dont se comportent les pièces de monnaie ; il faut que nous ignorions si les pièces de monnaie sont faites de telle sorte qu'il y ait une face des deux côtés, un revers des deux côtés, ou une face d'un côté et un revers de l'autre. La probabilité d'une de ces trois manières d'être serait avant toute expérience  $\frac{1}{3}$ . Maintenant supposons que nous ayons fait l'expérience de jeter deux fois la pièce en l'air et que les deux fois nous ayons obtenu face. Avec la première constitution du corps le résultat obtenu serait certain, sa probabilité serait représenté par 1 ; avec la seconde constitution le résultat serait impossible, la probabilité serait zéro, tandis qu'avec la troisième constitution — celle de la pièce ordinaire — la probabilité du résultat serait  $\frac{1}{4}$ . L'expérience, par conséquent, nous montre qu'un des modes de constitution de la pièce est impossible, qu'un autre mode donnera certainement le résultat observé, que les chances contre le troisième mode de constitution — la disposition ordinaire de la pièce — sont de 3 : 1. Évidemment double face est une

disposition de la pièce plus probable que face et pile. Mais dans quel rapport cette disposition est-elle plus probable que l'autre ? On détermine ce rapport à l'aide d'un principe dû à Laplace, que nous pouvons énoncer comme suit : « Si un résultat peut provenir de l'une quelconque d'un certain nombre de dispositions différentes, toutes également probables avant l'expérience, les diverses probabilités pour que, après l'expérience, chaque disposition considérée soit la disposition réelle sont proportionnelles aux probabilités que le résultat dérive de chacune des dispositions considérées. »

Ainsi, dans notre exemple, la constitution face et face donne une probabilité égale à 1 pour que le résultat observé se produise, tandis que face et pile ne donne qu'une probabilité égale à  $\frac{1}{4}$ . Donc, d'après le principe de Laplace, les chances sont de quatre contre une pour que notre pièce ait une face des deux côtés. Notons-le soigneusement, ce résultat dépend entièrement de la présomption que les pièces de monnaie peuvent avoir *une constitution quelconque* ; il ne s'applique plus si nous avons déjà éprouvé par expérience que les pièces de monnaie ont habituellement une face et un revers. Mais on peut dire : ne faut-il pas une *expérience* actuelle de la constitution des pièces de monnaie avant de pouvoir prédire que la pièce particulière qui est retombée deux fois face est probablement une pièce à deux faces ? Pouvons-nous présumer sans une semblable expérience que, si nous sommes totalement ignorants, toutes les constitutions sont *a priori* également probables ? Pouvons-nous pour la seule raison que nous ne savons rien « distribuer également notre ignorance » ? La logique de ce procédé a été mise en question par plus d'un auteur, notamment par feu George Boole<sup>1</sup>. Nous pouvons à la vérité

1. *An Investigation on the Laws of Thought* (Londres, 1854), chap. xx. *Problems Relating to the Connexion of Causes and Effects*, notamment pp. 363-375.

douter raisonnablement qu'il soit possible de tirer quelque connaissance d'une ignorance complète. Mais avant de convenir avec Boole que la méthode de Laplace est sans portée, nous devons nous demander si, après tout, son principe n'est pas fondé sur la connaissance, à savoir sur ce fait d'expérience que, dans les cas où nous ignorons, sur une longue série toutes les constitutions apparaîtront également probables.

Un bon exemple en a été donné par le professeur Edgeworth. Supposons que nous divisons 143.678 par 7. Arrêtons nous au quatrième chiffre du quotient, nous trouvons 2.052. Nous pouvons supposer que nous ne savons rien du chiffre suivant ; dans notre ignorance *tous* les chiffres de 0 à 9 sont également probables. Pourquoi ? Parce que si nous divisons une très grande quantité de nombres de six chiffres par 7, nous arrêtant au quatrième chiffre dans le quotient, les nombres de fois que chacun des chiffres de 0 à 9 se présente à la cinquième place seraient pratiquement égaux. En d'autres termes, la statistique justifierait l'« égale distribution de notre ignorance », ou encore, l'*expérience* nous montre que dans notre ignorance toutes les constitutions seraient également probables. Cet exemple suffit peut-être pour montrer que l'hypothèse de Laplace comporte un élément d'expérience humaine. Le lecteur qui désire poursuivre l'étude de cette question peut se reporter en premier lieu à l'article du professeur Edgeworth<sup>1</sup>. « A mon sens, écrit-il, l'hypothèse qu'une constante de probabilité, relative à des choses dont nous ne savons rien de particulier, peut avoir aussi vraisemblablement une valeur qu'une autre, est fondée sur l'expérience grossière mais solide qu'en fait de telles constantes ont aussi souvent l'une ou l'autre valeur ».

1. « The Philosophy of Chance », *Mind*, vol. IX, pp. 223-35, 1884.

Le lecteur peut, cependant, demander pourquoi la « nature » ne changerait pas après une série d'expériences et avant une autre ? La seule réponse à cette question se trouve dans les vues exprimées en partie dans les premiers chapitres de cet ouvrage, en partie dans les chapitres suivants sur *l'espace et le temps*. La nature, nous l'avons vu, est une construction de l'esprit humain (pp. 52, 129, 135, 136) ; temps et espace ne sont pas les attributs d'un monde extérieur, mais sont des manières de distinguer des groupes d'impressions sensibles (pp. 230, 267). Donc la nature est essentiellement conditionnée par notre faculté de perception, et le « changement » ne peut être conçu en dehors de nous mêmes. Que la « nature » soit identique « avant et après l'expérience », on l'admettra, comme on estime probable que temps et changement sont relatifs à la perception, et non à l'« au delà » des impressions sensibles. L'uniformité de la faculté de perception est très vraisemblablement la clé de l'uniformité des modes de perception. Dans cette manière de voir, la permanence des conditions de chaque épreuve résulte de l'identité de la faculté perceptive.

#### § 16. — NATURE DES RECHERCHES DE LAPLACE

Nous sommes maintenant en état de revenir à notre sac de boules blanches et noires, mais nous ne pouvons plus supposer en nombre égal les boules des deux sortes, admettre que routine et absence de routine sont également probables. Nous devons supposer que notre « sac naturel » peut avoir toute composition possible ou que tout rapport possible des boules noires aux blanches est également vraisemblable ; pour cela nous supposons au total un nombre infiniment grand de boules. Nous pouvons alors calculer, pour chacune des compositions possibles, la probabilité que le résultat

observé, soit  $p$  boules blanches et  $q$  boules noires (ou  $p$  cas de routine et  $q$  cas d'anomie, se présente dans  $p + q$  tirages<sup>1</sup>. D'après le principe de Laplace, on en déduira la probabilité pour que chaque composition hypothétique soit la composition réelle du sac. Soient ces probabilités représentées par les lettres  $P_1, P_2, P_3, \dots$ , etc, nous pouvons alors déterminer, pour chacune de ces compositions, les probabilités qu'une boule blanche soit tirée au  $(p + q + 1)^{\text{e}}$  tirage. Si ces nouvelles probabilités sont représentées par les lettres  $C_1, C_2, C_3, \dots$ , etc., alors, d'après la règle bien connue des probabilités composées<sup>2</sup>, la probabilité totale en faveur de la sortie d'une boule blanche au  $(p + q + 1)^{\text{e}}$  tirage, ou d'une suite de  $p$  cas de routine et  $q$  cas d'anomie, est :

$$P_1 C_1 + P_2 C_2 + P_3 C_3 + \dots$$

D'ailleurs tout cela est pur calcul et n'implique aucun principe *nouveau*, rien que le lecteur ne puisse admettre, s'il n'est pas familiarisé avec l'analyse mathématique. Nous supposerons donc le calcul conduit<sup>3</sup> comme Laplace l'a fait, le résultat est celui que nous avons indiqué page 182, c'est-à-dire que la probabilité du tirage d'une boule blanche est  $\frac{p+1}{p+q+2}$ . Comme  $q$  est ou nul ou infiniment petit en comparaison de  $p$ , nous avons une énorme probabilité que la routine des perceptions se conserve lors de la *prochaine* expérience.

1. Le lecteur supposera que les boules sont remises dans le sac après chaque tirage.

2. Le lecteur trouvera cette règle établie dans n'importe quel traité élémentaire d'algèbre. Voir, par exemple, l'*Algèbre* de Todhunter, §§ 732 et 746.

3. Voir : Todhunter, *History of the theory of Probabilities*, arts. 374, 847-8 ; Boole, *Laws of Thought*, chap. xx, § 23 ; ou T. Gallonay, *A Treatise on Probability*, § 5. « On the Probability of Future Events deduced from Experience. »

## § 17. — PERMANENCE DE LA ROUTINE DANS L'AVENIR

Voici un cas particulier digne de remarque. Supposons que nous ayons expérimenté sur  $m$  suites de perceptions qui se répètent  $n$  fois sans aucune anomalie. Supposons, de plus, une nouvelle suite se répétant elle-même  $r$  fois, sans irrégularité. Il y a en tout en  $m(n-1) + r - 1$  répétitions, ou cas de routine, et aucune défaillance, donc, la probabilité que la nouvelle séquence se répétera à la  $(r+1)^{\text{e}}$  occasion s'obtient en posant  $p = m(n-1) + r - 1$  et  $q = 0$  dans le résultat du paragraphe 16. Les chances pour qu'une routine se produise à la prochaine occasion avec la nouvelle séquence sont de  $m(n-1) + r$  contre 1. Par conséquent si  $m$  et  $n$  sont très grands, il y aura une masse énorme de chances pour que la nouvelle suite suive une routine, bien que  $r$ , c'est-à-dire le nombre d'observations de cette nouvelle suite, soit très petit<sup>1</sup>.

Notre discussion de la probabilité qui gouverne la routine des suites de perceptions a forcément été succincte ; elle n'a fait qu'effleurer un sujet vaste et difficile. Pourtant ce qui précède suffit peut-être pour montrer l'énormité des chances

1. Quand on applique cette formule, avoir soin de prendre une suite de perceptions assez significative. Il faut voir si les causes sont réellement « les mêmes » avant de prédire, d'après l'expérience passée d'une routine de perceptions, la répétition d'une suite particulière. Que j'aie vu deux fois déborder certaine rivière, et que je n'aie jamais vu cette rivière sans crue, cela ne me permet pas de prédire que la crue se produira toujours quand je verrai la rivière. Je dois ajouter à ces perceptions celles de la saison de l'année, de la quantité de chaleur solaire qui a agi sur les névées et les glaciers à sa source, de l'état de ses rives, etc., etc., avant que la liste des causes soit assez étendue pour me permettre de prédire d'après deux répétitions du même fait l'arrivée d'une troisième. Je dois démontrer que mes suites supposées identiques comprennent réellement les mêmes éléments. Le lecteur qui désire étudier ce point plus complètement se reportera aux « canons de l'induction » de Mill (*System of Logic*, livre III) exposés d'une façon élémentaire dans les « Leçons sur l'induction » pp. 210-64 des *Elementary Lessons in Logic* de Stanley Jevons.

que cette routine se conserve dans l'avenir immédiat, c'est-à-dire pour un intervalle fini, à la fois dans les anciens et dans les nouveaux groupes de perceptions<sup>1</sup>. Nous pouvons être absolument incapables de démontrer l'existence d'une nécessité inhérente à la routine de nos perceptions elles-mêmes, mais notre complète ignorance à cet égard, combinée avec notre expérience passée, nous permet d'apprécier grossièrement, à l'aide de la théorie des probabilités, combien il est invraisemblable que la possibilité de la connaissance et le pouvoir de penser soient détruits dans notre génération par ces brèches de la routine que l'on appelle vulgairement des miracles. La science nous dit tellement de choses à présent que nous pouvons d'autant mieux espérer *savoir* plus de choses, si nous admettons que la routine dérive de la nature de notre faculté perceptive et non pas de la sphère extérieure à nos impressions sensibles.

Si, dans son état présent, la science doit forcément se contenter de la *croiance* à la permanence immédiate de l'univers (basée sur une probabilité que, dans la vie pratique, nous appellerions certitude), nous devons en même temps nous souvenir que, parce qu'une proposition n'a pas encore été démontrée, nous n'avons pas le droit d'en conclure que la proposition inverse est vraie. Ce n'est point là un cas où l'on pèse des témoignages contradictoires, car, dans toute la série des expériences humaines, on ne peut trouver un seul argument valable pour permettre de conclure à l'existence d'une première ou d'une dernière cause. Il peut y avoir un commencement et une fin de la vie, sur notre planète, ou bien, pouvons nous dire, une « première et une dernière catas-

1. Les chances qu'une suite se répète  $s$  fois quand il y a eu  $p$  répétitions, sans défaillance, sont de  $p + 1$  contre  $s$ . Le nombre des suites répétées dans l'univers, ou  $p$ , est pratiquement infini, si bien que les chances sont en nombre énorme tant que  $s$  est fini. Mais nous ne pouvons tirer argument de ce résultat pour un avenir *infini* de répétitions.

trophe ». Mais parmi les myriades de systèmes planétaires que nous voyons par une nuit claire il doit sûrement y avoir des myriades de planètes qui ont atteint notre propre état de développement et qui produisent, ou ont produit, de la vie. La première et dernière catastrophe doit s'être produite une myriade de fois, et si nous étions capables d'observer pendant de nombreux milliers d'années les changements d'éclat des étoiles, la première et la dernière catastrophe ne nous apparaîtraient pas comme une première et une dernière cause : nous y verrions une routine de perceptions tout autant que dans la naissance et la mort des individus.

#### SOMMAIRE

1. — Scientifiquement, le mot cause sert à indiquer un stade antécédent dans une routine de perceptions. En ce sens, la force en tant que cause n'a pas de signification. Une cause première n'est qu'une limite, permanente ou temporaire, de la connaissance. Il n'y a, dans le cours de notre expérience, aucun exemple — la volonté n'en est certainement pas un — d'une cause première arbitraire, au sens vulgaire du mot.

2. — Il n'y a pas de nécessité interne dans la routine des perceptions, mais l'existence permanente d'êtres raisonnables nécessite une routine des perceptions ; avec la cessation de la routine cesse la possibilité d'un être pensant. La seule nécessité que nous connaissions existe dans la sphère des conceptions ; il se peut que la routine de nos perceptions soit due à la constitution de la faculté perceptive.

3. — La preuve, dans le champ des perceptions, est la démonstration de l'existence d'une énorme probabilité. Logiquement nous ne devrions employer le mot *savoir* que pour nos conceptions, et réserver le mot *croire* pour nos perceptions. « Je sais que l'angle inscrit dans une demi circonférence est droit, » mais « je crois que le soleil se lèvera demain. » La preuve que, dans un avenir fini, il ne se présentera aucune brèche dans la routine dépend de cette solide expérience que, si nous sommes dans l'ignorance, du point de vue statistique toutes les manières d'être de l'inconnu sont également probables.

## BIBLIOGRAPHIE

Boole (G.). — *An Investigation of the Laws of Thought*, chap. xvi-xx, Londres 1854.

De Morgan, (A.). — *The Theory of Probabilities*, Londres, 1838.

Edgeworth (F. X.). « *The Philosophy of Chance* », *Mind*, vol. IX, 1884, pp. 223-35.

Galloway (T.). — *A Treatise on Probability*, Edimbourg, 1839.

Jevons (W. Stanley). — *The Principles of Science*, chap. x-xii.

Mill (John Stuart). — *System of Logic*, livre III, Induction. 1<sup>er</sup> édit., 1843; 8<sup>e</sup> édit., 1872. Traduction franc. de Louis-Peisse, 5<sup>e</sup> édit., 1904, F. Alcan édit.

Venn (J.). — *The Logic of Chance*, 3<sup>e</sup> édition, Londres 1888.

Le lecteur qui désire étudier de première main les travaux de Laplace trouvera un guide et quelques indications sur les diverses éditions de sa *Théorie analytique des probabilités*, dans l' *History of the Theory of Probability* de Todhunter, chap. xx. Il peut aussi consulter les art. 841-847 du même ouvrage.

---

CHAPITRE V

CONTINGENCE ET CORRÉLATION.  
INSUFFISANCE DE L'IDÉE DE CAUSATION

§ 1. — LA ROUTINE DES PERCEPTIONS  
EST RELATIVE PLUTÔT QU'ABSOLUE

Dans le chapitre précédent nous avons vu que le fondement de l'idée de cause est dans la routine des perceptions. Il n'y a pas de nécessité interne dans la nature de cette routine même mais, sans elle, l'existence d'êtres raisonnables capables de se conduire serait pratiquement impossible. Penser est peut-être une preuve de l'existence, mais agir, conduire sa vie et ses affaires, témoignent de la nécessité d'une *routine* de perceptions. C'est cette nécessité pratique que nous avons cristallisée en une nécessité existant dans les « choses en soi », et que nous avons prise comme base de notre conception de cause et d'effet. Cette routine est d'une telle importance pour la conduite d'êtres raisonnables, que nous avons peine à comprendre un monde où la notion de cause et effet ne s'appliquerait pas. Nous avons fait de cette notion le facteur dominant des phénomènes, et la plupart d'entre nous sont fermement convaincus, non seulement de son absolue vérité, mais de sa correspondance avec quelque réalité existant derrière les phénomènes et à l'origine de toute existence. Cependant, comme nous l'avons vu,

même dans la plupart des phénomènes purement physiques, la routine est une donnée de l'expérience, et notre croyance en cette routine est une conviction basée sur une probabilité ; mais si nous sommes à même de décrire l'expérience, jamais nous n'atteindrons une « explication », impliquant nécessité. Si bizarre que cela paraisse, quand nous en venons à analyser la catégorie de cause et d'effet, comme nous le faisons actuellement, nous la voyons fuir loin de nous dans le domaine intangible des concepts plutôt que se réaliser dans notre expérience actuelle des phénomènes. C'est une limite conceptuelle fixée d'après notre expérience, plutôt qu'un facteur des phénomènes tels que nous les connaissons.

Pour des êtres raisonnables, vivant dans le temps et dans l'espace, une certaine routine des perceptions est essentielle ; sans cela toute prévision, et par conséquent toute conduite rationnelle, devient impossible. Mais routine est un mot dont l'« atmosphère » a plus d'importance que la définition. Routine indique une certaine uniformité, mais non pas nécessairement une identité absolue. Une identité absolue est-elle nécessaire à la conduite d'un être raisonnable ? L'identité absolue est-elle toujours atteinte dans la répétition des phénomènes ? Si l'on répond négativement à ces questions, comme nous croyons qu'on doit le faire, nous voyons alors que notre routine de perceptions s'est transformée en une idée relative, qui marque un certain degré de ressemblance dans la répétition, dont la limite, — identité absolue — est un pur concept. Ce concept n'est pas dans l'expérience humaine, il a été tiré de cette expérience de la même manière que d'autres concepts limites, tels que les surfaces géométriques ou les infiniment petits. Notre être pensant exige pour son existence active un certain degré d'uniformité de perceptions, il n'exige pas, pour sa conduite, une

identité *absolue*. S'il suit exactement la même marche aujourd'hui, il attend fermement le même résultat qu'hier ; si la préparation de ce qui formait sa nourriture hier, quand on la recommence aujourd'hui, produit relativement la même nourriture et non un poison ; si la conduite qui tendait au bien-être dans le passé, quand on la tient de nouveau, tend en grande partie au même degré de bien-être dans le présent : alors le degré d'uniformité est pratiquement suffisant pour l'être raisonnable. C'est ce degré relativement grossier de la routine de nos perceptions qui a conduit finalement le genre humain au concept limite de causation. Cependant, ceux qui n'ont pas réfléchi très soigneusement sur ce sujet s'écrient : « Mais avec des causes exactement pareilles nous aurions exactement les mêmes effets. » Peut-être que oui, et peut-être que non. Aussi loin que s'étend notre expérience, rien dans l'univers ne s'est jamais répété et ne se répétera jamais exactement. Vous ne pouvez avoir exactement les mêmes causes, parce que toute chose qui est arrivée antérieurement ou qui arrive en même temps dans l'univers est, dans une mesure plus ou moins grande, une cause de chaque autre chose. C'est là une des raisons pour lesquelles la définition de la cause et de l'effet est en réalité si vague. L'uniformité de la « routine », familière à l'homme qui passe, peut être beaucoup plus flottante que celle de la routine que le physicien ou le chimiste idéalise comme identité absolue ; mais dans les deux cas l'uniformité est une question de degré. L'homme qui passe ne fait peut-être pas attention qu'il n'y a pas deux échantillons auxquels les physiciens et les chimistes donnent le même nom, qui soient toujours absolument identiques ; les constantes numériques que ceux-ci obtiennent diffèrent toujours si les mesures ou les déterminations sont faites avec une extrême précision. Sans doute le physicien dira

que si ses matériaux étaient les mêmes, son appareil le même, son entourage le même, et lui-même le même, l'identité absolue de la loi de causalité serait démontrée. C'est possible, mais cela revient en somme à admettre que cette loi de causalité ne réside pas dans les phénomènes tels que nous les observons, qu'elle est simplement une limite mentale tracée idéalement, comme toute autre limite, à l'aide de l'expérience réelle; c'est une conception utile, mais nullement une réalité agissant comme une assise placée sous les phénomènes. Les conclusions des physiciens et des chimistes sont basées sur des expériences *moyennes*, il n'y en a pas deux qui concordent exactement; à tout le moins ce sont des routines de perceptions qui possèdent une certaine variabilité. Cette variabilité, ils peuvent l'attribuer à des erreurs d'observation, à des impuretés de leurs échantillons, aux facteurs physiques de l'entourage, mais elle n'en existe pas moins. Si on l'élimine à l'aide de moyennes, on passe aussitôt du domaine des perceptions au domaine des conceptions, et l'on construit un univers modèle, non l'univers réel.

§ 2. — LES ÉLÉMENTS ULTIMES DE L'UNIVERS INORGANIQUE, AUSSI BIEN QUE CEUX DE L'UNIVERS ORGANIQUE, SONT PEUT-ÊTRE DES ÉLÉMENTS INDIVIDUELS DISSEMBLABLES.

Ce modèle conceptuel est devenu si familier que si nous parlons d'un élément de l'univers, l'auditeur pensera probablement à un espace vide peuplé d'un nombre immense de molécules identiques, chacune ayant le même dessin géométrique et possédant des propriétés physiques identiques! Pourtant, même en supposant qu'un tel système, ou quelque chose de semblable, serve de base à la réalité, nous n'apercevons qu'une certaine moyenne ou qu'une ressem-

blance statistique, et non une identité absolue. Imaginons un certain nombre de cailloux pris sur la grève et distribués en groupes : premier groupe, cailloux pesant moins de 1 once, second de 1 à 2 onces, troisième de 2 à 3 onces, et ainsi de suite. Prenons alors les groupes de 1 à 2 onces, de 5 à 6 onces, de 13 à 14 onces, de 20 à 21 onces, etc. ; il est clair qu'on pourrait, même à la main, séparer exactement ces groupes, même s'ils étaient mélangés. Les membres de chaque groupe ont un certain degré d'uniformité, et ils pourraient être triés mécaniquement. La mer pourrait agir sur eux pendant des années, et pourtant les classes que nous avons choisies se différencieraient pratiquement. Pour les Grecs, les différences entre les étoiles étaient groupées sous la notion d'éclat relatif; ils classaient les étoiles d'après leur « grandeur ». Il est extrêmement peu probable que, si un démon eût échangé pendant le jour deux étoiles de même « grandeur », un Grec eût eu les moyens de s'apercevoir du changement. Ce changement serait passé inaperçu même si l'« uniformité » de grandeur eût été très grossière, du point de vue de notre appréciation actuelle. Les étoiles étaient, pour les Grecs, tout à fait analogues aux cailloux de la côte que nous avons classés. Mais l'astronome moderne peut affirmer que chaque étoile étudiée a sa propre individualité physique et chimique. Il classe les étoiles d'innombrables façons, à peine concevables pour le Grec. Il remarque leurs différences avec leurs voisines; il connaît leurs changements progressifs. Dans la plupart des cas il pourrait découvrir un échange d'étoiles; il sait que l'individualité et le changement progressif sont les caractéristiques de corps qui, eu égard à leurs grandeurs relatives, seraient identiques pour les Grecs.

Quelle est donc la morale de ces comparaisons? C'est que

dans le seul cas où nous ayons actuellement l'expérience d'une infinité de corps nous apercevons individualité et changement, bien que, par une classification plus grossière, nous puissions regarder ces corps comme les mêmes, du point de vue statistique. L'absence d'individualité et la persistance dans le temps du même état de nos molécules est une pure conception, non un trait nécessaire de réalité actuelle. L'expérience révèle une certaine ressemblance et une certaine variation, les deux choses sont en réalité des résultats statistiques, et nous ne savons pas, quand même l'entourage et l'observateur seraient ou pourraient être identiques, s'il serait possible d'obtenir deux spécimens qui, pour l'observateur des éléments ultimes, seraient absolument les mêmes.

On ne discréditera pas le grand édifice de la chimie physique moderne en affirmant que l'uniformité absolue de la molécule n'est qu'une uniformité statistique, et que l'on peut regarder l'individualité ultime, la variation au sein de la classe, comme un moyen de fournir de nouveaux éléments d'étude, susceptibles d'être observés dans l'avenir si le pouvoir de discrimination devient plus subtil. L'individualité, sous la différenciation de classe, a été jusqu'ici confinée dans les formes vitales; l'absence d'individualité et la persistance de la forme sont considérées comme les caractères de la matière inorganique. Qu'arriverait-il si uniformité et persistance étaient simplement une distinction toute relative ?

Qu'arriverait-il si la tentative de quelques biologistes de remplacer la variation vitale par l'« unité » des caractères était en réalité une régression, si la persistance et l'absence d'individualité qu'ils invoquent, par comparaison avec les changements chimiques, étaient finalement une fausse analogie, parce que l'uniformité chimique est une observation

*statistique* susceptible, en dernière analyse, de différenciation au sein de la classe !

§ 3. — SUBSTITUTION DE LA CATÉGORIE D'ASSOCIATION  
A CELLE DE CAUSATION

Si nous regardons l'individualité comme la condition de toute existence, et l'uniformité comme un terme relatif dépendant de la finesse de la classification, nous voyons que le lien de cause à effet, mesuré par la routine des perceptions, implique seulement un certain degré de ressemblance, non une répétition absolue. La loi de causalité est une fiction conceptuelle tirée des phénomènes, elle ne réside véritablement pas dans leur essence. Le problème actuellement posé devant l'homme est un problème beaucoup plus vaste que celui de « causation », et peut se résumer comme il suit : Si les « causes » ont tel ou tel degré de ressemblance, dans quelle mesure les « effets » seront-ils semblables ? Ici, au sens le plus général, une cause est quelque chose qui précède ou accompagne un phénomène, et la question est de savoir, si nous faisons varier cette cause, dans quelle mesure variera ou changera le phénomène. Si la variation de la cause ne produit aucun effet sur le phénomène, nous sommes dans le cas d'indépendance absolue ; si nous constatons que la cause a fait varier complètement et seule le phénomène, nous dirons qu'il y avait dépendance absolue. Une pareille dépendance absolue à l'égard d'une cause mesurable unique est certainement l'exception, si même elle se présente jamais quand l'observation est suffisamment précise. Elle correspondrait à une limite conceptuelle — dont l'existence réelle est très douteuse. Mais, entre ces deux limites : indépendance absolue et dépendance absolue, tous les degrés d'association peuvent se rencontrer. Quand

nous faisons varier la cause, le phénomène change, mais pas toujours dans la même mesure ; il change, mais son changement comporte une variation. Plus faible est la variation, plus la cause définit étroitement le phénomène, plus exactement nous pouvons affirmer qu'il y a association ou corrélation. Ce concept de corrélation entre deux événements embrassant toute relation, depuis l'indépendance absolue jusqu'à la dépendance complète, forme la catégorie la plus vaste par laquelle nous ayons à remplacer la vieille idée de causation. Toute chose ne se produit qu'une fois dans l'univers, il n'y a pas d'identité absolue, ni de répétition. Les phénomènes individuels ne peuvent être qu'ordonnés. Le problème que nous avons en vue revient à chercher jusqu'à quel point un groupe de choses semblables, mais non absolument les mêmes, choses que nous appellerons « causes », sera accompagné ou suivi par un autre groupes de choses semblables, mais non absolument les mêmes, choses que nous appellons effets.

Appelons ces deux groupes A et B, et voyons combien le nouveau concept de corrélation est plus vaste et pourtant mieux défini que le vieux concept de causalité. Dans le groupe A nous plaçons un certain nombre de choses,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ..., définies comme ayant un certain degré de ressemblance.

Elles ne sont pas absolument les mêmes, parce qu'elles dépendent, en réalité, quant à leur ressemblance, d'une infinité de caractères, dont un très petit nombre sont ou peuvent être, pour le moment, examinés et identifiés. Le degré de ressemblance peut être faible, par exemple si A désigne un homme, ou bien il peut être grand, par exemple si A est un échantillon chimiquement pur d'hydrogène ; dans les deux cas pourtant il n'y a uniformité absolue, ni dans la chose même, ni dans son milieu ; le milieu est d'ailleurs un

facteur qui n'est pas, comme certains le supposent, absolument distinct ni indépendant de la chose.

Observons maintenant notre second groupe B, il contient des choses  $B_1, B_2, B_3, \dots$ , choses qui peuvent être des phénomènes, ou des qualités, ou des attributs des choses du groupe A. Si, à un certain degré de précision de l'observation ou de la mesure, nous ne distinguons pas, ou ne pouvons pas distinguer,  $A_1$  de  $A_2$  ou  $A_3$ , etc., et si nous ne distinguons pas ou si ne pouvons pas distinguer  $B_1$  de  $B_2$  ou  $B_3$ , etc., nous dirons que A produit B, ou est la cause de B, et nous sommes dans le cas de la causation idéale du physicien. Mais dans la plupart des cas, même si nous faisons tous nos efforts pour arriver à l'uniformité des A, nous trouvons des différences observables et mesurables des B. Pour un A donné, nous obtenons une file, un groupe de valeurs de B. Par exemple pour un  $A_p$  particulier — que nous ne pouvons distinguer d'un autre de la sous-classe  $p$  de A — nous trouvons une série de B visiblement différents, soit  $B_1$  se présentant  $n_{p1}$  fois,  $B_2$  se présentant  $n_{p2}$  fois, et ainsi de suite. Ce groupe d'objets B comporte une *variation*.

Plus les B se rassemblent exactement dans un même groupe, plus faible est la variation ; mais l'étendue de la variation est une question de degré : plus nos instruments d'observation et de mesure sont fins, plus on est loin de l'accord avec le principe de causalité, plus le résultat de l'observation diffère de l'uniformité que suppose ce principe.

Si, au lieu de  $A_p$ , nous partons d'un  $A_q$  distinct de  $A_p$ , nous constatons que  $B_1$  se présente  $n_{q1}$  fois,  $B_2$  se présente  $n_{q2}$  fois, et ainsi de suite. Nous pouvons ainsi obtenir une

1. Mesurés avec une balance d'autrefois, nos cailloux (p. 198) sont « les mêmes » ; mesurés avec une balance de laboratoire ils se distinguent en sous-groupes.

distribution générale des B pour chaque classe de A. Passant successivement à tous les individus A, en nombre N, nous obtenons une table telle que la suivante :

TYPES OBSERVÉS DE A

	A <sub>1</sub> .	A <sub>2</sub> .	A <sub>3</sub> .	...	...	A <sub>p</sub> .	...	...	...	Total.
TYPES OBSERVÉS DE B	B <sub>1</sub>	$n_{11}$	$n_{21}$	$n_{31}$	...	...	$n_{p1}$	...	...	$n_{a1}$
	B <sub>2</sub>	$n_{12}$	$n_{22}$	$n_{32}$	...	...	$n_{p2}$	...	...	$n_{a2}$
	B <sub>3</sub>	$n_{13}$	$n_{23}$	$n_{33}$	...	...	$n_{p3}$	...	...	$n_{a3}$
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	B <sub>s</sub>	$n_{1s}$	$n_{2s}$	$n_{3s}$	...	...	$n_{ps}$	...	...	$n_{as}$
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Total.	$n_{1b}$	$n_{2b}$	$n_{3b}$	...	...	$n_{pb}$	...	...	...	N

Une table de ce genre s'appelle une table de *contingence*. Le résumé scientifique définitif, ou la description de la relation entre deux choses, peut toujours être ainsi présenté sous forme d'une table de contingence. Si nous considérons la population « N », où la relation entre A et B a été observée ou mesurée, nous remarquons alors que la chose, le phénomène ou la qualité A se présente  $n_{pb}$  fois sous la forme A<sub>p</sub>. En classant les manières dont A<sub>p</sub> est associé avec B, sous ses différentes formes, nous notons, en lisant la colonne verticale dont l'entête est A<sub>p</sub>, que A<sub>p</sub> se présente avec B<sub>1</sub>  $n_{p1}$  fois, avec B<sub>2</sub>  $n_{p2}$  fois, avec B<sub>s</sub>  $n_{ps}$  fois. En d'autres termes  $n_{ps}$  indique le nombre de fois que A<sub>p</sub> est associé avec B<sub>s</sub>; le nombre noté dans chaque « case » est le nombre de fois que se présente l'association de l'A placé en tête de la colonne, avec le B placé à la gauche de la rangée, à l'intersection desquelles se trouve la case. Quand le lecteur aura bien pénétré la nature de cette table, il aura saisi

l'essence du concept d'association entre la cause et l'effet et la nature de la limite idéale qui constitue la causation<sup>1</sup>.

§ 4. — MESURE SYMBOLIQUE DE L'INTENSITÉ D'ASSOCIATION  
OU DE CONTINGENCE

Qu'entendons-nous maintenant, quand nous disons que B est indépendant de A ? Évidemment ceci : quelque soit l'A que nous choisissons nous ne changerons pas la proportion des B observés.

En d'autres termes, la distribution proportionnelle des B, sous chaque  $A_p$ , doit être la même que la distribution totale des B, dans la population ou l'univers en question, c'est-à-dire que la distribution donnée dans la colonne des totaux à droite. Exprimons le symboliquement :

$$\frac{n_{ps}}{n_{pb}} \text{ doit être égal à } \frac{n_{as}}{N},$$

ou :

$$n_{ps} = \frac{n_{pb} \times n_{as}}{N}.$$

Si  $n_{ps}$  n'est pas égal à cette fraction, B n'est pas indépendant de A mais lui est *contingent*<sup>2</sup>. L'écart

$$n_{ps} - \frac{n_{pb} \times n_{as}}{N}$$

est appelé la contingence de la case  $p_s$ ; c'est l'écart entre, d'une part le nombre observé des  $A_p$  et  $B_s$  associés, et d'autre part le nombre qu'on obtiendrait dans le cas d'indépendance absolue. Une table de contingence telle que

1. Un « solide » formé de cellules analogues, dans un espace à plusieurs dimensions, constitue le point de départ des théories logistiques modernes.

2. Puisqu'évidemment on peut remplacer N par  $n_{ab}$ , l'algèbre des variables non contingentes entre elles peut se développer en partant de  $(ab) \times (ps) = (pb) \times (as)$  expression qui fournit une définition symbolique de la multiplication.

nous en avons figuré le schéma ci-dessus, représente le syllogisme quantifié de la science d'observation, lequel remplace dans toutes les applications le syllogisme stérile de la vieille logique d'Aristote. Nous ne disons pas : « quelque B est A », mais nous indiquons numériquement combien des B de chaque classe sont associés avec chaque catégorie des A.

Pratiquement, d'ailleurs, il est impossible de former un tableau de toute la population et de tout l'univers des choses A et B. Comme dans bien d'autres cas, nous prenons ici un échantillon pour représenter cet univers, et nous devons prendre de grandes précautions non seulement pour que notre échantillon soit une véritable éprouvette, mais encore pour que nos conclusions basées sur l'échantillon soient applicables à l'univers en question. La théorie des épreuves — leurs erreurs probables et leur emploi légitime — forme le sujet principal de la statistique scientifique moderne ; on ne peut s'en occuper ici, mais on peut développer la notion de contingence, notion fondamentale et facile à saisir. C'est la base du vaste concept d'association, qui se substitue aux anciennes notions trop limitées de cause et effet.

Éprouvons et fouillons cette notion de contingence. Soit  $v_{ps}$  le contenu de la case  $ps$  si A et B étaient indépendants ;  $n_{ps} - v_{ps}$  mesure alors, pour cette case, l'écart à partir de la grandeur correspondant à l'indépendance. Il est clair qu'un tel écart doit être rapporté au nombre total des unités contenues dans cette case, c'est dire que le rapport  $\frac{n_{ps} - v_{ps}}{v_{ps}}$  constitue une mesure convenable de la contingence de la case.

Cet écart peut être, soit par excès, soit par défaut, en plus ou en moins ; comme, dans les deux cas, sa signification est la même, élevons-le au carré pour le mesurer, soit :  $\left(\frac{n_{ps} - v_{ps}}{v_{ps}}\right)^2$ . Enfin il faut rapporter cette mesure à la population totale, c'est-à-dire la multiplier par le facteur

$\frac{y_{ps}}{N}$  qui mesure le rapport du contenu de la case particulière à l'univers observé. En sommant les quantités, telles que :

$$\frac{(n_{ps} - v_{ps})^2}{v_{ps} \times N}$$

ainsi obtenues, pour toutes les cases, on obtient ce qu'on appelle le *moyen carré de contingence*, pour l'ensemble du tableau. Comme une somme de carrés multipliés par des facteurs numériques positifs ne peut être nulle que si chaque carré est nul, c'est-à-dire dans le cas présent, si  $n_{ps} = v_{ps}$  pour chaque case, la condition essentielle de l'indépendance de deux caractères est que le moyen carré de contingence soit nul.

Passons au cas extrême opposé, et supposons que la classe des B soit rigoureusement définie par la classe des A. Notre tableau prend alors la forme typique suivante, une catégorie seulement des B correspondant à chaque catégorie des A :

TYPES DES A

	A <sub>1</sub> .	A <sub>2</sub> .	A <sub>3</sub> .	...	...	A <sub>p</sub> .	...	...	...	Total.
B <sub>1</sub>	n <sub>11</sub>	0	0	...	...	0	...	...	...	n <sub>11</sub>
B <sub>2</sub>	0	n <sub>22</sub>	0	...	...	0	...	...	...	n <sub>22</sub>
B <sub>3</sub>	0	0	n <sub>33</sub>	...	...	0	...	...	...	n <sub>33</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
B <sub>p</sub>	0	0	0	...	...	n <sub>pp</sub>	...	...	...	n <sub>pp</sub>
...	...	...	...	...	...	0	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	0	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	0	...	...	...	...
Total.	n <sub>11</sub>	n <sub>22</sub>	n <sub>33</sub>	...	...	n <sub>pp</sub>	...	...	...	N

Ici B<sub>1</sub> est rigoureusement associé avec A<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> avec A<sub>2</sub> etc. On peut toujours le supposer puisqu'il n'y a pas d'ordre spé-

cial pour chaque genre des A et des B; ce sont de simples groupes de classification. Cherchons maintenant le moyen carré de contingence pour une distribution telle que celle du tableau ci-dessus, qui comprend, sur une ligne diagonale, des cases comportant les fréquences finies,  $n_{11}$ ,  $n_{22}$ ,  $n_{33}$ ...  $n_{pp}$ ... les fréquences étant nulles dans toutes les autres cases.

Considérons, par exemple, la première colonne : la valeur de  $v_{1,1}$  est  $n_{1,1} \times \frac{n_{1,1}}{N}$ , et en substituant à  $v_{1,1}$  cette valeur dans l'expression  $\frac{(n_{11} - v_{11})^2}{v_{11} N}$  nous avons :

$$\frac{(n_{11} - v_{11})^2}{v_{11} N} = \left(1 - \frac{n_{11}}{N}\right)^2 = 1 - \frac{2n_{11}}{N} + \frac{n_{11}^2}{N}.$$

Pour l'ensemble des cases vides de la première colonne, on obtient la somme :

$$\begin{aligned} & \frac{\left(0 - \frac{n_{11}n_{22}}{N}\right)^2}{\frac{n_{11}n_{22}}{N}N} + \frac{\left(0 - \frac{n_{11}n_{33}}{N}\right)^2}{\frac{n_{11}n_{33}}{N}N} + \dots \\ &= \frac{n_{11}}{N} \left(\frac{n_{22}}{N} + \frac{n_{33}}{N} + \dots\right) = \frac{n_{11}}{N} \left(1 - \frac{n_{11}}{N}\right). \end{aligned}$$

Ajoutant cette valeur à celle qui correspond à la première case nous obtenons le moyen carré de contingence de la première colonne, soit, après réduction,  $1 - \frac{n_{11}}{N}$ . Opérant de même pour les autres colonnes et formant la somme pour les  $m$  colonnes s'il y a  $m$  valeurs de A, le moyen carré de contingence pour l'ensemble du tableau est égal à  $m - \frac{n_{11} + n_{22} + n_{33} + \dots}{N} = m - 1$ , valeur qui ne dépend que du nombre des classes que l'on peut distinguer parmi les A. Ce résultat peut se traduire en disant que si une classe A particulière détermine rigoureusement une classe B particulière, le moyen carré de contingence ne dépend que du nombre des classes susceptibles de différenciation, sa grandeur est d'une unité inférieure à ce nombre.

En langage mathématique, quand A détermine rigoureusement B, B est dit une fonction de A. Si, pour toute variation de A, il y a une variation de B, et s'il n'y a pas deux B correspondant à des A différents qui soient semblables, il est clair qu'alors  $m$  devient infini. Ce qui revient à dire que si une quantité est fonction d'une autre, le moyen carré de contingence tend vers l'infini. Nous avons ainsi obtenu une certaine quantité, le moyen carré de contingence, qui, dans le cas d'indépendance absolue, prend la valeur 0, dans le cas de dépendance absolue, c'est-à-dire quand il existe une relation fonctionnelle, prend une valeur infinie. Ce sont les deux limites extrêmes des modes de relations, limites que, sous l'influence dominante des idées physiques, nous sommes trop enclins à considérer comme les deux seules catégories possibles, celle de l'indépendance et celle de la causation absolue. En fait, ce sont les limites extrêmes de la table de contingence à l'aide de laquelle nous pouvons résumer toute notre expérience de l'association de couples de phénomènes. Ces limites extrêmes, nous le soupçonnons fortement, ne sont que les limites conceptuelles de l'expérience réelle. A tout le moins, beaucoup de choses passent, dans l'univers, pour absolument indépendantes, dont, par une analyse plus fine ou une observation plus délicate, on démontrerait l'association. Beaucoup d'autres sont considérées comme unies par des liens de causalité parce que nous ne pouvons encore percevoir la variation qui existe dans la file des B associés à un A donné, tandis que nous pouvons percevoir la différence entre cette file et la file qui correspond à un second A. Dans le premier cas le moyen carré de contingence est si petit que nous ne pouvons déterminer sa valeur, dans l'autre cas il est si grand que pratiquement on le regarde comme infini.

Cependant, dans la présente étude, nous ne ferons pas

usage du moyen carré de contingence pour mesurer l'interdépendance de deux choses. Si  $S$  représente le moyen carré de contingence nous emploierons comme mesure de l'interdépendance un coefficient de contingence  $C^1$  lié à  $S$  par la formule  $C = \sqrt{\frac{S}{1+S}}$ . La raison qui nous conduit à choisir cette expression est que, sous certaines restrictions, la grandeur  $C$  est la même que celle dont on se sert pour mesurer les relations réciproques et que l'on appelle coefficient de corrélation<sup>2</sup> : celle-ci est très utile quand les deux choses à comparer sont des quantités qui varient d'une manière continue. On voit immédiatement que le coefficient de contingence dépend rigoureusement du moyen carré de contingence ; il est nul si les phénomènes en question sont absolument indépendants, il devient égal à l'unité si, pour toute altération de l'un, il se produit un changement correspondant dans l'autre ; c'est-à-dire si l'un des phénomènes est fonction de l'autre. Entre ces valeurs, zéro et un, le coefficient peut prendre une valeur quelconque ; chaque valeur mesure l'écart à partir de l'indépendance, c'est-à-dire apprend de combien le lien entre les phénomènes se rapproche de la limite conceptuelle de causation, du lien fonctionnel qui limite le domaine étroit dans lequel les physiciens ont travaillé jusqu'à présent. Les brillants résultats acquis dans ce domaine ont conduit l'homme de science et le philosophe à s'apercevoir qu'aucune expérience ne démontre de causation ; toute expérience révèle une association plus ou moins étroite, à un degré variable.

1. Le moyen carré de contingence et le coefficient de contingence sont sujets à des corrections qui dépendent du nombre des groupes de classification des  $A$  et des  $B$ , de la grandeur de « l'échantillon », qui dépendent aussi d'autres questions d'une grande importance pratique, mais qu'on laissera de côté ici ; il suffit d'insister sur les concepts logiques fondamentaux.

2. On reprendra ultérieurement (dans la 2<sup>e</sup> partie) l'examen de ce coefficient.

La véritable démonstration de la loi de causalité implique des antécédents — c'est-à-dire des causes — qui sont purement conceptuels et jamais réels. La permanence et l'absence d'individualité des éléments de l'univers physique, apparaissent seulement de la même façon que la conformité des briques d'un bâtiment, dans nombre de cas où l'on ne les regarde que d'un point de vue statistique. La répétition exacte de tous les antécédents n'est jamais possible ; tout ce que nous pouvons faire est de classer les choses en catégories semblables, à un certain degré de précision, et de noter si les choses que nous observons comme dérivant des premières leur sont semblables à un autre degré de précision. Que nous opérions en physique, en zoologie, en botanique, en sociologie, en médecine, ou en toute autre science, nous formons en réalité une table de contingence. La causalité du physicien résulte uniquement — non du fait que le coefficient de contingence de tout ce qui est physique soit égal à l'unité — mais de ce qu'il a pénétré profondément, pour son plus grand profit, dans le domaine où la contingence est très voisine de l'unité et où il a pu idéaliser les rapports sous forme de fonctions mathématiques. Que des effets *analogues* dérivent de causes analogues (ici le mot *analogue* est employé en opposition avec le mot *même* de la loi conceptuelle de causalité), ou que pour beaucoup de phénomènes le degré de contingence soit élevé, c'est là la source de la routine que nous avons constatée dans les perceptions. D'ailleurs, faire entrer tous les phénomènes de l'Univers dans la catégorie de contingence plutôt que dans celle de causalité, c'est là une opération qui fait époque dans l'histoire des idées.

## § 5. — LA CAUSALITÉ ET LA CONTINGENCE DE L'UNIVERS

Presque toutes les traditions qui ont embarrassé la marche de la pensée humaine ont été le produit, non de l'expérience directe, mais d'une déduction mentale fondée sur une trop petite série d'expériences. Il suffit de considérer les systèmes précoperniciens de l'univers ou les notions étroites telles que « matière » et « force », « atome » et « éther », pour voir comment le concept mental domine l'expérience, et parvient même souvent à être accepté comme un fait d'expérience. C'est dans une telle enceinte idéale qu'on finira par établir la loi de causalité entendue au sens sec et absolu.

L'univers est formé d'entités innombrables, chacune probablement individuelle, chacune probablement non permanente ; tout ce dont l'homme peut venir à bout, c'est de classer ces entités par la mesure, ou par l'observation de caractéristiques, en classes d'individus analogues. Grâce à cette classification on peut noter des variations dans les classes, et le problème fondamental de la science est de découvrir comment la variation dans une classe est corrélative ou contingente à la variation dans une seconde classe. Consciemment, plus souvent inconsciemment, l'homme de science forme toujours des tables de contingence. Si pour tout individu défini dans une classe A le savant trouvait un unique individu défini associé avec le premier dans la classe B, il dirait que B est une fonction de A ; mais en fait, si ses instruments d'observation et de mesure sont assez précis, il trouve invariablement, pour chaque A choisi, une série — concentrée ou non — d'individus B. De cette série il passe, par un processus purement conceptuel, à une limite où B est conçu mentalement comme une

fonction de A. A est considéré comme définissant absolument B; nous sommes passés des faits d'expérience à la limite conceptuelle de fonction, ou à la loi dite de causalité. D'après les vues les plus nouvelles, et je pense les plus vraies, sur l'univers, toutes les choses existantes sont, à quelque degré, plus ou moins fortement associées. Les êtres sont individuels; on les classe par un processus humain, rationnel, pour économiser la pensée. Toute variation dans les êtres d'une classe doit être associée à une variation correspondante dans les êtres d'une seconde classe. La science détermine à quel degré le lien qui unit ces variations concomitantes est serré ou lâche. Avec les anciennes notions de cause et d'effet on tentait de faire tenir l'univers dans ces deux limites conceptuelles de l'expérience — et cela ne pouvait qu'échouer; dans notre expérience les choses ne sont pas, soit indépendantes, soit cause et effet. Toutes les classes de phénomènes sont liées ensemble, et, dans chaque cas, le problème est de voir à quel degré l'association est étroite. La similitude des causes produit la similitude des effets; nous pouvons mesurer le degré de similitude, soit qu'il s'agisse d'une réaction chimique ou de la ressemblance d'une aptitude entre parent et enfant. Il n'est question d'identité absolue en aucun cas; il y a une grande marge de différence dans la ressemblance, mais les deux problèmes ne sont que des variantes d'un seul et même problème logique: le problème de la contingence placé à la base de la science moderne.

L'attitude intellectuelle par laquelle on assigne à tous les êtres des degrés divers d'association, et non pas les seuls états de dépendance ou d'indépendance, idéalise l'univers sous une nouvelle catégorie. Elle se libère définitivement des anciennes distinctions entravantes entre les phénomènes vitaux et les phénomènes physiques, distinctions qui n'exis-

tent pas dans ces phénomènes mêmes, mais dans les limites conceptuelles que l'intelligence en a tirées, que l'homme — selon son habitude — oublieux de sa propre facilité créatrice, a converties en une réalité qui domine au delà de ses perceptions et est extérieure à lui. Tout l'univers dont l'homme est pourvu est ressemblance et variation ; l'homme y a introduit l'idée de fonction, parce qu'il désirait économiser son énergie intellectuelle, laquelle est limitée.

§ 6. — CLASSIFICATION DE A ET DE B PAR LA MESURE  
FONCTION MATHÉMATIQUE

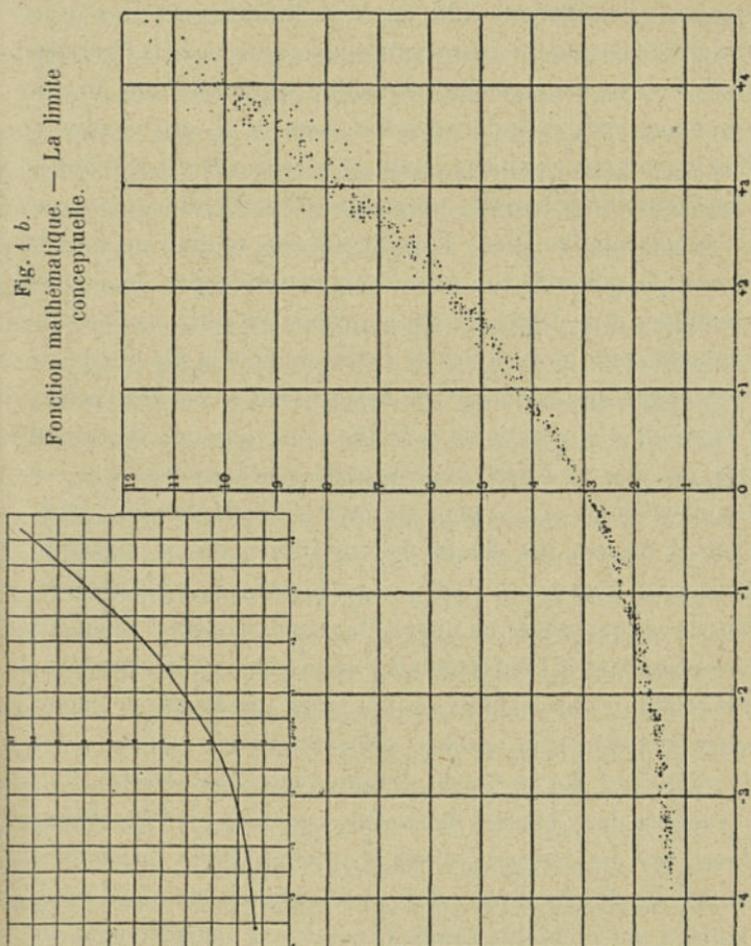
Jusqu'ici nous avons considéré avec soin, de la manière la plus large, les variations survenues dans nos deux classes A et B d'individus. Les changements que nous avons notés dans A peuvent être purement qualitatifs et relatifs à la classification ; les changements associés dans B peuvent être de semblable nature. Il peut n'y avoir rien de quantitatif ni de continu dans chaque suite de variations. Si un changement déterminé de classe dans A est associé à un autre changement déterminé de classe dans B, nous dirons que B est une fonction de A. Mais cette limite conceptuelle de l'expérience partielle a été restreinte par le mathématicien et le physicien à une conception beaucoup plus spéciale. L'idée de variation a généralement été associée à celle de variation continue. Une quantité B est considérée comme fonction d'une autre quantité A quand un changement graduel et continu dans A est accompagné d'un changement graduel et continu dans B. En fait, toutes les variations dans les deux existences A et B ne peuvent être soumises à des mesures quantitatives ou à l'observation, et notre table de contingence n'exige pas que les variations de B ou de A offrent ce caractère. Cependant la notion générale de contingence et sa

relation avec la causalité peuvent être si commodément illustrées par l'idée de variation continue, et par l'emploi d'une fonction mathématique, qu'il est bon de nous arrêter un instant à ce cas particulier.

Supposons la quantité A susceptible de mesure, et cette mesure représentée par l'écart, en plus ou en moins par rapport à un certain milieu, à une moyenne. Cet écart de A peut être porté en plus ou en moins sur une ligne horizontale. Pour chaque A particulier mesurons le B particulier qui lui est associé, et portons une longueur correspondant à ce B sur une ligne verticale représentée au milieu de la figure (fig. 1 a) par l'échelle 1, 2, 3, ...12. En marquant sur la figure un point pour chaque couple d'A et de B associés on forme ainsi un amas de points.

Six cents observations traitées de cette façon donnent un pointillé semblable à celui qui est figuré ci-contre. Si chaque physicien faisait de 600 à 1000 observations reliant deux variables A et B, et les figurait sur une feuille de papier suffisamment grande, il obtiendrait précisément le pointillé ci-contre. Il reconnaîtrait, comme le lecteur, qu'ici, en quelque mesure, A n'est pas déterminé par B ; il y a association et non causation. Il nous dirait probablement que la dispersion des points est due aux différences qui existent entre les observations et entre les mesures individuelles. Or cela revient à admettre que, dans l'univers réel, aucune chose n'est la même qu'une autre, que rien ne peut jamais se répéter réellement. En résumé, nous ne pouvons que classer des semblables et mesurer le degré d'association entre les semblables consécutifs. Que fera maintenant le physicien, s'il prend toujours le temps et la peine d'obtenir un diagramme de ce genre ? Eh bien, il le photographiera à cinquante mètres de distance, ou il le regardera à travers un télescope retourné, de manière à obtenir le résultat qu'on

voit sur la figure 1*b*. Ce faisant, il a remplacé l'expérience par une limite conceptuelle. la table de contingence avec ses files des B correspondant aux A donnés a été réduite par la



photographie, c'est-à-dire par la méthode mathématique des moindres carrés, ou bien par un télescope retourné, c'est-à-dire sous une autre forme de langage, en ajustant les moyennes des files à une courbe adoucie. Le résultat de

l'expérience a été remplacé par une fonction mathématique. La connaissance de deux ou trois constantes numériques définira maintenant pour lui : ...quoi ? le résultat de l'expérience ? — nullement ; elle fixera la limite conceptuelle de l'expérience actuelle représentée par la courbe de la figure 1b. Cette courbe est la loi de « causalité » que l'homme tire de son expérience et qu'il introduit dans la nature comme si elle y avait une existence réelle. Que représente-t-elle donc ? Une économie de pensée, une routine de perceptions moyenne ou approximative. Dans l'avenir aucune routine ne sera la *même* que celle-là, une autre lui sera *semblable*, mais non identique ; et le degré d'écart par rapport à cette routine conceptuelle sera mesuré par la variation dans la file des B qui correspond aux A donnés. Si cette variation est très petite, l'expérience approche de la limite conceptuelle ; si elle est très grande, la limite conceptuelle a peu de valeur, — si toutefois elle en a, — pour permettre la prédiction d'expériences futures. Le degré de variation dans la classe B, pour un A donné, est ainsi une mesure du degré d'association de ces quantités, ce degré étant compris entre la valeur correspondant à l'indépendance et la valeur correspondant à la relation causale. Mais, en fait, avec une feuille de papier assez grande et un nombre suffisant d'observations, c'est le pointillé et non la courbe continue que l'on obtient.

Prenons deux classes mesurables quelconques de choses dans l'univers des perceptions, d'ordre physique, organique, social ou économique : des observations étendues nous donnent un semblable semis de points, un éparpillement du même genre. Dans certains cas les points sont dispersés sur tout le papier, il n'y a pas d'association entre A et B ; dans d'autres cas les points se distribuent suivant une large bande, il y a seulement relation peu marquée ; enfin le pointillé se rétrécit jusqu'à devenir tel qu'une « queue de comète »

et l'association est étroite. Cependant la série des tracés est continue ; nulle part vous ne pouvez tirer une ligne de démarcation et dire : ici la corrélation cesse et la causation commence. La causation est seulement la limite conceptuelle de la corrélation quand la bande devient si mince qu'elle paraît semblable à une courbe. Sous l'une de ces catégories, celle de corrélation, toute notre expérience peut se ranger, quels que soient les liens qui unissent les phénomènes ; sous l'autre catégorie aucune observation effective, quelle qu'elle soit, ne peut se ranger ; c'est une limite conceptuelle purement descriptive obtenue, d'après les phénomènes observés, par une méthode statistique. Inappréciable comme économie de pensée, la causalité correspond grossièrement à la ressemblance des routines, mais en elle-même elle ne fournit pas de mesure des variations ou du défaut d'identité que l'expérience de ces routines fait apparaître — permettant de déterminer ce qu'il nous importe de connaître de la variation effective dans les groupes, à savoir : la corrélation, ou le degré de contingence. Pour nous mettre à même de prédire l'expérience future *conforme* à l'expérience du passé, le résumé de l'expérience passée exprimé par une fonction, ou sous la catégorie de causalité, a rendu d'immenses services. Mais ce résumé est en soi incomplet, il ne fournit pas de mesure de la variation effective ; de là des entraves au progrès de l'esprit humain, parce que la limite idéale qu'a fournie ce résumé a dominé l'expérience actuelle. Nous avons essayé de faire entrer toutes choses dans une catégorie inélastique de causalité. Cela nous a conduit à méconnaître cette vérité fondamentale que rien ne se répète dans l'univers ; nous ne pouvons classer par l'identité, mais seulement par la ressemblance. Ressemblance implique variation, et variation indique une contingence limitée et non absolue. Quand un nouveau phénomène a été observé, combien de fois avons-

nous entendu poser la question : Quelle en est la cause ? Question à laquelle il peut être absolument impossible de répondre. Au lieu que la question : A quel degré d'autres phénomènes sont-ils associés à celui-ci ? peut-être facile à résoudre, et conduire à une connaissance inestimable <sup>1</sup>.

### § 7. — DE LA MULTIPLICITÉ DES « CAUSES »

Nous arrivons maintenant à un moment où le physicien, sans avoir réfléchi assez soigneusement à la logique de sa science, fera peut-être une observation susceptible, d'après lui, de restituer à sa causation conceptuelle le caractère d'un fait d'expérience. Vous avez, dira-t-il en effet, fixé A et trouvé B variable. Fixez aussi C, D, E, etc., et vous trouverez que B varie moins. L'argument est plausible, mais spécieux. Supposons que nous ayons deux variables A et C, et essayons de donner une représentation géométrique de la variation d'une troisième variable B. Nous mesurerons les quantités A et C sur deux lignes à angle droit, dans un plan horizontal par exemple, puis nous porterons la valeur de B sur une perpendiculaire à ce plan. Nous obtenons ainsi pour le B particulier un point de l'espace, et pour tous les B un système de points dans l'espace à trois dimensions. Si A et C déterminaient absolument la valeur particulière de B, ces points seraient sur une surface de l'espace, nous aurions une relation fonctionnelle entre B, A et C. Mais, comme dans le cas de points d'un plan, l'expérience actuelle apprend qu'avec

1. Nous avons l'expérience de l'étroitesse de la catégorie de causalité — et nous l'admettons — quand l'homme de la rue demande : « Quelle est la cause du temps qu'il fait ? » ou « quelle est la cause de l'alcoolisme ou de la folie ? » La recherche d'une cause, ou d'une combinaison de causes, capable de déterminer rigoureusement l'un ou l'autre fait est sans issue, tandis que la détermination des corrélations entre ces phénomènes et d'autres phénomènes est aisée et d'une importance pratique de premier ordre.

deux variables ou deux « causes » A et C, on n'obtient pas une surface mais plutôt un nuage ou amas de points dans l'espace. Considéré d'une certaine distance, ou à l'aide d'un télescope retourné, cet amas peut sembler une surface infiniment mince. En réalité le problème est simplement une répétition du problème de la courbe dans un espace plan ; ici il ne s'agit plus de voir comment les points B sont condensés autour d'une courbe ou relation fonctionnelle à une seule variable ; nous chercherons comment les points sont condensés autour d'une surface courbe dans l'espace. Du fait que nous avons pris deux variables il n'y a pas plus de nécessité pour que B devienne fixe qu'il n'y en avait dans le cas d'une seule variable ; nous avons dispersé les points de notre bande du plan dans une zone de l'espace ; nous ne les avons pas astreints à se disposer rigoureusement sur une surface ou à être en relation fonctionnelle par rapport à A et C. Quand nous passons aux autres « causes » présumées D, E, F, etc., les mêmes considérations déterminent un résultat semblable. Si chacune de ces causes est associée non pas causalement mais corrélativement à B, il faudra généraliser les idées d'espace et imaginer un espace à plus de trois dimensions, dans lequel il y aura une bande ou zone de points qui laissera toujours à B une certaine liberté ; et celle-ci ne pourrait être remplacée qu'en passant à une limite idéale par une fonction ou une surface déterminant B d'une manière absolue. En d'autres termes, si B est contingent à A, C, D, E, etc., sans être lié à aucune de ces variables par un lien de causalité, il n'en résultera pas que B soit déterminé causalement par toutes ces choses prises ensemble. L'idée que des causes multiples annuleront en définitive la variation, a une origine analogue à celle de beaucoup d'idées de ce genre ; on introduit un concept dans les phénomènes, sans se rendre compte que ce concept est en fait une limite, non

une réalité d'expérience. Si A détermine B en partie, quand nous négligeons d'autres facteurs, et si C détermine B en partie, quand nous négligeons tous les autres, et de même pour D et E, on en conclut que toutes ces déterminations partielles peuvent être ajoutées ensemble et que finalement leur somme détermine complètement B. L'erreur réside dans la supposition que A, C, D, E, etc., sont eux-mêmes *indépendants*. Dans l'univers tel que nous le connaissons, tous ces facteurs sont en réalité eux-mêmes associés ou corrélatifs, à un degré plus ou moins élevé, mais en introduisant des facteurs additionnels on tend à affaiblir légèrement la variabilité de B, telle qu'elle résultait du petit nombre des phénomènes associés au plus haut degré avec B. La réduction de variabilité qui résulte de la considération de ces nouveaux facteurs a en fait été l'origine d'une autre limite conceptuelle, à savoir que, si nous embrassons toutes les « causes », nous obtiendrions toujours une relation fonctionnelle unique. La théorie de la corrélation multiple apprend que l'existence d'un certain jeu est parfaitement compatible avec la présence d'un nombre indéfini de variables déterminantes ; l'expérience effective de la corrélation apprend qu'il n'y a à tenir compte que d'un petit nombre de variables fortement corrélatives. « Toutes les causes » peut signifier toute l'histoire passée de l'univers ; ce qui arriverait si l'univers partait à nouveau des mêmes conditions initiales, personne ne le sait, et personne ne s'arrêtera utilement à le conjecturer. L'univers peut en un certain point s'écarter par la tangente de son cours antérieur, par une « solution singulière » de ces équations conceptuelles au moyen desquelles l'homme de science décrit sa marche. Tout ce que l'expérience nous apprend c'est qu'avec des répétitions telles que nous en pouvons exécuter, l'analogue produit l'analogue, sans identité absolue ; que nous disposions de beaucoup ou de peu

de phénomènes il y a des variations ; la variation peut être très étendue ou très étroite ; nous apprenons encore que la multiplicité des facteurs n'est pas essentielle pour atteindre une contingence élevée : cette contingence peut être aussi forte avec un seul phénomène qu'avec la somme de vingt phénomènes associés.

### § 8. — L'UNIVERS COMME ENSEMBLE COMPLEXE

#### DE PHÉNOMÈNES CONTINGENTS, NON LIÉS PAR DES CAUSES

L'univers est une somme de phénomènes dont certains sont plus contingents, d'autres moins, à chacun des autres : telle est la conception, plus vaste que celle de causalité, que nous pouvons à présent tirer de notre expérience élargie. Le but de la science cesse d'être la découverte des « causes » et des « effets ». Pour prédire l'expérience future, la science recherche les phénomènes qui sont liés au plus haut degré, les cas dans lesquels la variation de B pour un A donné, ou pour un complexe donné de A, C, D, E, etc., est la plus petite possible. De ce point de vue elle ne constate pas de distinction de genre, mais seulement des distinctions de degré, entre les données, entre les méthodes appliquées, ou entre les « lois » qui en découlent, dans les recherches physiques, biologiques ou sociales. Toutes ces recherches fournissent, ou doivent fournir : 1<sup>o</sup> une routine conceptuelle, expression fonctionnelle de l'expérience moyenne ; 2<sup>o</sup> une mesure des déviations probables à partir de cette routine, laquelle serve de guide pour apprécier la somme de variation constatée. Comme dans certaines expériences physiques cette variation est faible, on l'a souvent négligée comme une chose de peu de valeur pratique — une routine peut varier même considérablement sans que son allure soit bouleversée. Mais cette négligence ne justifie pas la suppo-

sition que notre routine conceptuelle, produit du traitement statistique de l'expérience, représente une relation fonctionnelle réellement présente derrière les phénomènes. Cette projection du concept mental dans l'au delà des perceptions n'est justifiée par aucune expérience. Il y a toujours dans les phénomènes non organiques comme dans les phénomènes organiques une variation résiduelle. Les répétitions sont semblables dans certaines limites, mais elles ne sont pas les mêmes, car les antécédents ne sont que semblables, ils ne sont jamais les mêmes. De ce point de vue l'univers apparaît comme un univers de variation plutôt que comme un univers régi par la loi de causalité au sens le plus strict. Aucun phénomène n'est cause ; tous les phénomènes sont contingents, et le problème qui se pose devant nous est de mesurer le degré de cette contingence qui, nous l'avons vu, est compris entre le zéro de l'indépendance et l'unité de la causation. Telle est, brièvement indiquée, d'après notre expérience, la vue plus large que nous devons désormais emporter de l'univers.

§ 9. — LA MESURE DE LA CORRÉLATION ET SA RELATION  
AVEC LA CONTINGENCE

Revenons à la bande représentée sur notre diagramme (p. 215) pour obtenir une autre mesure de l'association de deux phénomènes A et B. Il y a association complète, relation fonctionnelle ou causale, s'il n'existe aucune variation dans aucun groupe quelqu'il soit, c'est-à-dire si la bande se réduit en chaque point à une ligne, ou s'il n'y a qu'une valeur de B pour chaque valeur de A. Comme auparavant, supposons que le nombre total des B qui se rencontrent avec  $A_p$  soit  $n_{p0}$ , et soit  $\bar{\beta}_p$  la valeur moyenne de B dans la colonne  $A_p$  ; soit  $\beta_p$  une valeur particulière quelconque de B dans cette colonne, considérons l'expression  $(\bar{\beta}_p - \beta_p)^2$ . Il est évident

que sa valeur ne peut s'annuler que si  $\beta_p = \bar{\beta}_p$ , ou si la valeur particulière de B coïncide avec la moyenne de la série. Il en résulte que si nous additionnons ensemble toutes les expressions semblables, pour la colonne considérée, ou, en employant l'expression technique, si nous *sommons*  $(\beta_p - \bar{\beta}_p)^2$  pour la colonne cette somme de carrés ne peut s'annuler que si tous les points des groupes se confondent. Cette somme s'écrit  $S(\beta_p - \bar{\beta}_p)^2$ ; en la divisant par le nombre  $n_{pb}$  des éléments de la série on obtient la moyenne des carrés des écarts des points de la série, soit  $\sigma_p^2$  dont la racine carrée  $\sigma_p$  s'appelle l'écart type de la série. L'écart type est évidemment une bonne mesure de la variation dans la série. Plus cet écart type est petit, plus la bande est étroite au point considéré correspondant à  $A_p$ . Supposons maintenant que nous formions une quantité  $u$ , qui soit la moyenne de la somme des carrés des différences entre chaque valeur et la valeur moyenne de la colonne à laquelle elle appartient, on aura

$$\begin{aligned} u &= \frac{1}{N} \{ S(\beta_1 - \bar{\beta}_1)^2 + S(\beta_2 - \bar{\beta}_2)^2 + \dots + S(\beta_p - \bar{\beta}_p)^2 + \dots \} \\ &= S \left( \frac{n_{1b}}{N} \times \frac{(\beta_1 - \bar{\beta}_1)^2}{n_{1b}} \right) + S \left( \frac{n_{2b}}{N} \times \frac{(\beta_2 - \bar{\beta}_2)^2}{n_{2b}} \right) + \dots \\ &\quad + S \left( \frac{n_{pb}}{N} \times \frac{(\beta_p - \bar{\beta}_p)^2}{n_{pb}} + \dots \right) \\ &= \frac{1}{N} (n_{1b} \sigma_1^2 + n_{2b} \sigma_2^2 + \dots + n_{pb} \sigma_p^2 + \dots) \end{aligned}$$

= moyenne des carrés des écarts types de toutes les colonnes, chaque colonne étant affectée d'un « poids » égal au nombre des éléments qu'elle contient.

D'après la première ligne de cette suite d'égalités  $u$  ne peut être nul que quand la « bande » se réduit à une courbe, c'est-à-dire quand l'association devient fonctionnelle ou causale. D'après la dernière ligne si les deux phénomènes sont sans relation, comme chaque colonne ne comprend que la répétition de l'univers des B,

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_p^2 = \dots$$

et est égal à  $\Sigma^2$ , si  $\Sigma^2$  est le carré de l'écart type, soit  $\frac{1}{N} S(\beta - \bar{\beta})^2$ ,  $\bar{\beta}$  étant la moyenne des B pour l'univers des B. Par conséquent,  $u/\Sigma^2$  prend toute valeur comprise entre zéro et l'unité quand nous passons de l'association complète à l'indépendance absolue.

Envisageons maintenant  $u$  sous un autre aspect; on a :

$$\begin{aligned} S(\beta_p - \bar{\beta}_p)^2 &= S(\beta_p^2) - 2S(\beta_p \bar{\beta}_p) + S(\bar{\beta}_p^2) \\ &= S(\beta_p^2) - 2n_{pb} \bar{\beta}_p^2 + n_{pb} \bar{\beta}_p^2 \\ &= S(\beta_p^2) - n_{pb} \bar{\beta}_p^2 \\ &= S(\beta_p - \bar{\beta})^2 + 2\bar{\beta} S(\beta_p) - n_{pb} (\bar{\beta}^2 + \bar{\beta}_p^2) \\ &= S(\beta_p - \bar{\beta})^2 - n_{pb} (\bar{\beta} - \bar{\beta}_p)^2. \end{aligned}$$

D'où

$$\begin{aligned} u &= \frac{1}{N} \{ S(\beta_1 - \bar{\beta})^2 + S(\beta_2 - \bar{\beta})^2 + \dots + S(\beta_p - \bar{\beta})^2 + \dots \} \\ &\quad - \frac{1}{N} \{ n_{1b} (\bar{\beta} - \bar{\beta}_1)^2 + n_{2b} (\bar{\beta} - \bar{\beta}_2)^2 + \dots + n_{pb} (\bar{\beta} - \bar{\beta}_p)^2 + \dots \} \\ &= \Sigma^2 - S \left\{ \frac{n_{pb} (\bar{\beta} - \bar{\beta}_p)^2}{N} \right\}. \end{aligned}$$

Mais

$$\frac{S \{ n_{pb} (\bar{\beta} - \bar{\beta}_p)^2 \}}{N}$$

est égal au carré de l'écart type des moyennes de ces séries, chaque série étant affectée d'un poids égal au nombre des individus de la série. Si nous appelons  $\eta$  le rapport de l'écart type des moyennes des groupes à l'écart type de l'univers des B, nous avons

$$\eta = \frac{1}{\Sigma} \left\{ \frac{S n_{pb} (\bar{\beta} - \bar{\beta}_p)^2}{N} \right\}^{\frac{1}{2}} = \sqrt{1 - \frac{u}{\Sigma^2}}.$$

$\eta$  est appelé le *rapport de corrélation*. Il est évident que, si  $\eta = 1$ ,  $u = 0$  et notre bande devient une courbe, c'est-à-dire que l'association est causale. Si, d'autre part,  $\eta = 0$ , alors  $u = \Sigma$ , chaque groupe est la reproduction en miniature de toute la population des B, c'est-à-dire qu'il y a indépendance absolue entre A et B. Pour les valeurs de  $\eta$  com-

prises entre 0 et 1 il y a association limitée entre A et B, c'est-à-dire que la variation de la bande, pour une colonne particulière quelconque, est moyennement moindre que celle de la population entière. Ainsi nous voyons que le coefficient de corrélation  $r$ , exactement comme le coefficient de contingence C, mesure, par des valeurs comprises entre 0 et 1, le degré de dépendance de tout couple de deux phénomènes *mesurables*.

La ressemblance générale entre les deux idées, celle de contingence et celle de corrélation paraîtra au lecteur évidente. Dans chaque cas nous comparons la variation dans une série de B à celle de l'univers entier des B. Si ces variations ont la même distribution, il n'y a rien de particulier pour la série des B qui correspond à un A particulier, et par conséquent B n'est ni contingent ni corrélatif à A. D'autre part, si la variation dans la série est nulle parce que tous les B de la série tombent dans une case particulière, c'est-à-dire si la bande se réduit à une courbe, les quantités sont absolument dépendantes, il y a contingence absolue, ou corrélation parfaite. Ainsi, par leurs deux valeurs extrêmes et communes, zéro et l'unité, nos deux coefficients représentent les mêmes idées générales. Entre ces deux extrêmes elles ne prennent pas toujours des valeurs identiques pour les mêmes données à moins que la distribution de la fréquence ne soit d'un caractère spécial, caractère qui, d'ailleurs, se rencontre très fréquemment. Il serait impossible ici d'étudier la question à fond; mais on peut démontrer que si le nombre des cases dans la table de contingence est assez grand, le coefficient de corrélation et le coefficient de contingence prennent pratiquement des valeurs numériques très voisines pour les mêmes données. Ces valeurs permettent de déterminer, par des classifications qualitatives ou quantitatives, le lien entre deux phénomènes quel-

conques de l'univers. Elles constituent le fondement des idées les plus récentes sur la nature ; par elles on mesure l'association entre les phénomènes, et l'on réduit la causation et la fonction mathématique à un cas spécial et extrême de contingence.

#### SOMMAIRE

1. — La routine des perceptions est un terme relatif ; l'idée de causalité naît des phénomènes par un processus conceptuel ; ce n'est ni une nécessité logique, ni une expérience actuelle. Nous pouvons simplement classer les choses d'après leur similitude ; nous ne pouvons reproduire la même chose, nous ne pouvons que mesurer à quel degré des choses relativement semblables suivent des choses relativement semblables. D'après une vue plus large de l'univers les phénomènes sont corrélatifs et non liés causalement.

2. — Que les phénomènes soient qualitatifs ou quantitatifs, lorsqu'on les classe, on est amené à dresser une table de contingence. A l'aide d'une table de ce genre on peut mesurer le degré de dépendance de deux phénomènes quelconques. La causation est la limite d'une table de contingence, quand celle-ci comporte un nombre infiniment grand de « cases », mais que, dans chaque série de cases, une seule est occupée. Une fonction mathématique apparaît quand la bande des points, qui représentent le résultat réel de toute expérience, se réduit à une courbe. C'est une limite purement conceptuelle de l'expérience actuelle ; il en est de même quand nous faisons intervenir une multiplicité de « causes ».

3. — Le gain intellectuel que procure la catégorie de la contingence réside en ce fait que la variation est regardée comme le facteur fondamental des phénomènes. Le déterminisme résulte de ce que, pour les classer, on suppose les phénomènes uniformes et non simplement « semblables ». Variation et corrélation comprennent causation et déterminisme comme cas particuliers, si toutefois causation et déterminisme ont quelque existence réelle pour ce qui regarde les phénomènes. Aucune expérience ne nous permet jusqu'à présent de leur supposer quelque réalité ; ce sont des limites conceptuelles, créées par l'homme par besoin d'économie de pensée, aussi peu inhérentes aux phéno-

mènes eux-mêmes que les surfaces géométriques ou les centres de force.

## BIBLIOGRAPHIE

Aucun ouvrage de vulgarisation relatif à la contingence et à la corrélation n'existe à présent ; il n'existe non plus aucun traité complet sur ce sujet. Le lecteur qui a quelques connaissances mathématiques peut consulter les mémoires originaux sur ce sujet :

1. Pearson (K.). — *Royal Society Proceedings*, vol. LXXI, pp. 303-304.
  2. Pearson (K.). — *Mathematical Contributions to the Theory of Evolution*, XIV. On the general Theory of Skew Correlation. Dulau and Co.
  3. Pearson (K.). — *Mathematical Contributions to the Theory of Evolution*, XIII. On the Theory of Contingency and its Relation to Association and Normal Correlation. Dulau and Co.
  4. Palin Elderton (W.). — *Frequency Curves and Correlation*. C. and E. Layton. Part. II.
-

## CHAPITRE VI

### L'ESPACE ET LE TEMPS

#### § 1. — L'ESPACE COMME MODE DE PERCEPTION

Dans le second chapitre (p. 81) nous avons vu que la distinction entre ce qui est « intérieur » et ce qui est « extérieur » à nous n'était ni véritablement réelle ni bien définie. Il y a certaines choses de la vaste complexité de nos impressions sensibles que nous appelons intérieures, d'autres au contraire que nous appelons extérieures. Pour un sauvage le commencement de l'extérieur, la limite de lui-même, est indubitablement la peau, bien que, à l'occasion, il puisse prolonger l'idée de soi-même, en particulier, se soucier de ce qui advient de parties extérieures, de ses ongles et des mèches de ses cheveux. La peau lui paraît limiter ce qui est lui-même et le séparer d'un monde extérieur qui n'est plus lui. Le groupe d'impressions sensibles qu'il nomme peau sépare un monde qu'il peut voir et toucher, d'un monde qui, dans les conditions normales, est inaccessible à sa vue et à son toucher. Ses premières épreuves de douleur proviennent de quelque chose, ou tout au moins durent par le fait de quelque chose, qui fait partie de ce monde invisible et intangible, et les vibrations nerveuses qu'il classe dans la catégorie de douleur, il les suppose intérieures à lui : une indigestion ne lui semblera pas immédiatement associée au

monde visible et tangible extérieur à sa peau. Ainsi l'impression sensible de douleur, même si elle se trouve plus tard associée à un groupe d'autres impressions sensibles cataloguées comme celles de la vue et du toucher, s'en différencie encore comme quelque chose de spécialement interne. Je ressens pendant un moment, puis elles s'évanouissent, les sensations de dureté et de douleur ; toutes deux peuvent parvenir au siège de ma conscience à l'état de vibrations nerveuses, et par la même vibration nerveuse ; toutes deux sont associées avec des impressions passées emmagasinées de dureté et de douleur. Je projette alors l'impression sensible de dureté dans quelque chose d'extérieur à moi-même, mais je considère la douleur comme quelque chose de particulier, qui m'est intérieur. Je parle de *ma* douleur et de *votre* douleur ; je n'envisage pas *ma* dureté ni *votre* dureté, mais j'envisage la dureté comme quelque chose de particulier au pied de la table. Je donne ainsi une réalité objective à un groupe d'impressions sensibles, réalité objective que je refuse à l'autre.

Or cette distinction me paraît avoir pris naissance dans ce fait historique que les impressions sensibles emmagasinées auxquelles nous associons la dureté ont été tirées du monde tangible et visible « extérieur à la peau », tandis que celles auxquelles nous associons la douleur ont été en grande partie tirées du monde intangible et invisible « intérieur à la peau ». Même quand notre connaissance se développe et que l'« intérieur de la peau » devient moins intangible et moins invisible, même quand nous apprenons à associer la douleur aux impressions emmagasinées venant d'organes variés localisés « à l'intérieur de la peau », nous avons toujours le sentiment qu'on emploie un langage quelque peu risqué quand on dit que la douleur « existe dans l'espace ». Graduellement, d'ailleurs, la peau

a cessé d'être une limite bien marquée entre l'extérieur et l'intérieur. Le soi-même, comme l'âme des métaphysiciens, a disparu du corps, et s'est concentré dans la conscience. Le soi-même, situé (métaphoriquement, non physiquement) dans le poste téléphonique cérébral, reçoit une infinie variété de messages, et ces messages — nous ne pouvons faire d'autre supposition, — atteignent tous le soi-même, précisément de la même manière. Pourtant le soi-même groupe certaines catégories de ces messages, il les considère comme des objets existant dans l'espace, tandis qu'à d'autres catégories de messages il a refusé dans le passé, ou il refuse encore, cette existence. Jusqu'à quel point cette distinction est-elle logique, jusqu'à quel point est-elle historique<sup>1</sup> ?

Dès que nous associons un certain nombre d'impressions sensibles à un groupe, et que, dans le phénomène de la perception, nous les séparons d'autres groupes, nous les considérons comme « existant dans l'espace ». L'espace est ainsi, en premier lieu, une expression mentale de ce fait que la faculté perceptive a séparé des impressions sensibles coexistantes en groupes d'impressions associées. Aux premiers stades du développement de l'homme, cette séparation d'impressions sensibles immédiates en groupes, cette *discrimination* que permet la faculté perceptive nous paraît le plus naturellement opérée par les sens de la vue et du toucher, semble leur être étroitement associée. De là vient que l'« intérieur de la peau » invisible et intangible n'est point considéré dès l'abord comme appartenant à l'espace.

1. Par *historique*, j'entends ce qui dans l'histoire naturelle de l'homme provient de connaissances imparfaites et de déductions illogiques. Ainsi la croyance aux fantômes, aux sorcières et aux esprits des tempêtes est un stade parfaitement compréhensible dans l'histoire naturelle de l'homme, mais non une induction logique tirée d'un phénomène naturel, à la lumière d'une connaissance plus parfaite.

Plus tard, par exemple quand nous localisons la douleur, ou que nous l'associons à d'autres impressions sensibles classées comme visibles et tangibles, nous regardons « l'intérieur de la peau » comme appartenant à l'espace. Pourtant nous considérons souvent encore que la présence de membres visibles et tangibles est une condition nécessaire pour qu'un groupe d'impressions sensibles soit *spatial*. L'espace, dit Thomas Reid, est connu directement par les sens de la vue et du toucher. Mais des moyens analogues, peut-être moins puissants, de distinguer des groupes d'impressions sensibles résident probablement dans les sens de l'ouïe et de l'odorat<sup>1</sup>. Nous localisons les sons et les odeurs sans les associer nécessairement à des corps visibles et tangibles résonnants et odorants. On l'admettra, je pense, si l'on réfléchit que toutes les fois que nous concentrons notre attention sur un groupe limité d'impressions sensibles, nous les considérons comme « existant dans l'espace ». En raison de l'expérience passée nous juxtaposons certaines impressions sensibles en un groupe *permanent*, et nous séparons alors mentalement ce groupe d'autres groupes. Pourtant, quand nous essayons de la fixer, la limite réelle du groupe est en fait incertaine (p. 91). Le groupe, bien que formant pour la plus grande part une association permanente, comporte un flux continu de nouvelles impressions, au dedans et au dehors; d'autre part, après mûr examen, certaines des impressions associées nous paraissent appartenir aussi bien à un groupe qu'à un autre. Les limites du groupe sont donc plutôt

1. Une de mes enfants, à l'âge de trois jours, était capable de distinguer le bruit de la main droite ou de la main gauche, et de suivre de l'oreille la direction du son. Elle se tournait du côté de la voix longtemps avant qu'elle prêtât attention aux mouvements des corps entièrement masqués à ses yeux. Une différence de position se trouvait ainsi associée au son.

des limites pratiques que des limites effectives : elles résultent, en premier lieu, du fait que, dans la perception, certaines impressions sensibles sont groupées de façon plus ou moins permanente et, en second lieu, de l'habitude mentale de concentrer notre attention sur un de ces groupes en plaçant en dehors de lui, par l'entendement, une limite arbitraire qui le sépare d'autres groupes. De telles limites arbitraires sont des conceptions tirées sans doute des impressions sensibles de la vue et du toucher, mais elles ne correspondent, comme nous le verrons bientôt, à rien de réel dans le monde des impressions sensibles ou dans les phénomènes.

La coexistence de groupes d'impressions sensibles plus ou moins permanents et distincts est un mode fondamental de notre faculté de perception ; c'est un des moyens par lesquels nous percevons les choses séparément. Il n'y a rien dans les impressions sensibles elles-mêmes qui implique la notion d'espace, mais que l'espace soit « dû » à quelque chose derrière l'impression sensible ou à la nature de la faculté perceptive elle-même, nous sommes pour le moment incapables d'en décider. Leibniz a défini l'espace comme l'ordre des phénomènes possibles coexistant. Cette ordre peut « provenir » de quelque chose derrière les phénomènes, ou du mécanisme de la perception ; dans les deux cas l'ordre lui-même est simplement un mode ou une manière de percevoir les choses.

Le lecteur établira une soigneuse distinction entre les groupes d'impressions sensibles eux-mêmes et l'ordre suivant lequel nous les percevons comme coexistants. Peut-être la distinction s'expliquera-t-elle mieux en considérant les lettres de l'alphabet :

A, B, C, D, E, F, G...

On peut dire que ces lettres ont une existence réelle comme les groupes d'impressions sensibles que nous nommons objets. L'ordre des lettres est simplement la façon dont nous percevons leur coexistence en tant qu'elles forment l'alphabet. L'« existence » que nous attribuons à l'ordre est ici d'un caractère totalement différent de l'« existence » que nous attribuons aux lettres. L'alphabet n'a pas en soi d'existence si ce n'est par les lettres qu'il contient, mais, d'autre part, les lettres auraient une existence réelle, même si elles n'avaient jamais été arrangées dans aucun ordre ou alphabet. L'alphabet n'a d'existence que comme une manière de considérer les lettres toutes ensemble. Ces remarques peuvent toutes être transportées aux groupes coexistants d'impressions sensibles et à leur ordre : l'*espace*. Une impression sensible unique pourrait, il est vrai, exister pour nous sans qu'on supposât des groupes coexistants, mais l'espace ne pourrait être conçu s'il n'y avait pas de tels groupes coexistants. L'espace est un ordre ou un mode de percevoir les objets, mais il n'a pas d'existence si les objets en sont retirés, non plus que l'alphabet n'aurait d'existence s'il n'y avait pas de lettres.

Si le lecteur a bien saisi ce point — et c'est sans doute une chose difficile et ardue (car nos sens de la vue et du toucher nous conduisent imperceptiblement à confondre la réalité des impressions sensibles avec notre façon de les percevoir), — il cessera d'envisager l'espace comme un énorme vide dans lequel les objets ont été placés par un agent qui ne serait nullement conditionné par sa propre faculté de perception ; il commencera à considérer l'espace comme un ordre de choses, mais non lui-même comme une chose. Dire, par conséquent, qu'une chose « existe dans l'espace » est affirmer que la faculté perceptive a distingué cette chose, considérée comme un groupe d'impressions

sensibles, d'autres groupes d'impressions sensibles qui coexistent en fait ou peuvent coexister avec elle. Nous ne pouvons nier dogmatiquement que l'ordre de coexistence des phénomènes ne « provienne » de quelque chose placé derrière les impressions sensibles<sup>1</sup>, mais nous pouvons sentir avec une suffisante certitude que l'espace, notre mode de percevoir ces phénomènes, est très différent de quelque chose appartenant au monde inconcevable qui serait derrière les impressions sensibles. Reconnaissons donc l'espace comme un mode de la faculté perceptive ; il apparaît comme quelque chose de particulier à la faculté perceptive *individuelle*. Sans une faculté perceptive on conçoit qu'il pourrait y avoir des sensations (voir p. 129), mais il n'y aurait pas ce mode de perception que nous nommons espace.

Le fait remarquable est ceci : que l'ordre de coexistence des phénomènes est apparemment le même à un certain degré pour la grande majorité des facultés perceptives humaines. Pourquoi ces modes de perception seraient-ils les mêmes pour toutes les facultés humaines normales — ou mieux peut-être, très approximativement les mêmes ? Nous énonçons le problème et le mystère d'une manière inexacte, quand nous demandons « pourquoi l'espace paraît le même à vous et à moi » ; nous devons plus précisément demander « pourquoi votre espace et mon espace sont semblables ». Parce que nos facultés de perception sont du type normal, telle peut être la réponse immédiate ; mais comment des centres d'organisation similaires sont-ils arrivés à se former dans le chaos de sensations, voilà ce qui reste encore à établir.

Peut-être est-il possible de projeter quelque lumière sur

1. On doit tout aussi peu affirmer qu'il en est ainsi. Le mot *provenir* suggère *causation* ; mais le mot *causation* n'a pas de sens en tant qu'exprimant une relation entre l'inconnaissable au delà des impressions sensibles et les impressions sensibles elles-mêmes (voir pp. 86 et 162).

ce difficile problème par les considérations qui seront développées dans notre chapitre sur la *Vie*<sup>1</sup>. L'homme n'est pas arrivé au degré élevé de son développement actuel uniquement par des tendances individuelles, mais aussi par des tendances sociales ou grégaires. La lutte de l'homme contre l'homme pourrait suffire à démontrer la nécessité d'une coordination entre les facultés de perception et les facultés de raisonnement de chaque individu (p. 132), mais, dans la lutte de groupe contre groupe, ou d'un groupe contre son entourage, il est clair qu'un groupe particulier devait tirer grand avantage de l'accord étroit entre les facultés de perception de ses membres, et que le défaut d'accord constituait pour lui un grand désavantage. La survivance du premier était toute naturelle.

## § 2. — LA GRANDEUR INFINIE DE L'ESPACE

« Quelle est la grandeur de l'espace ? » la question ainsi posée n'a pas de sens. La question « quelle est la grandeur de l'espace *pour moi* ? » admet, au contraire, une réponse. L'espace est exactement assez grand pour suffire à séparer toutes les choses qui coexistent pour moi. Que le lecteur essaie d'imaginer l'espace phénoménal en dehors des groupes d'impressions sensibles et il découvrira bientôt quelle est pour lui la grandeur de l'espace. L'espace, il le reconnaîtra bien vite, n'a pas de signification quand nous cessons de percevoir les choses *séparément* — de distinguer entre des groupes d'impressions sensibles. Nous devons avoir constamment présent à l'esprit que l'espace nous est particulier et que raisonnablement nous ne devons pas éprouver une plus grande admiration pour une description de la « grandeur de l'espace », que nous n'en éprouvons d'ordinaire

1. Dans la seconde partie.

quand nous réfléchissons à la nature complexe de notre propre faculté de perception. L'étoile la plus lointaine et la page de ce livre sont toutes deux pour nous simplement des groupes d'impressions sensibles, et l'espace qui les sépare n'est pas en eux, c'est notre mode de les percevoir.

Il y a une forme de peu de prix, et malheureusement commune, de science émotive qui se manifeste en opposant les « infinités de l'espace » et les « capacités finies de l'homme. » Comme exemples instructifs nous citerons les passages suivants d'une astronomie populaire d'un savant bien connu :

« Est-il vrai que ces innombrables corps célestes soient réellement de majestueux soleils, perdus à une effrayante profondeur dans l'abîme de l'insondable espace ? »

« Cependant, après tout, combien est petit tout ce que nous pouvons voir même avec nos plus grands télescopes, comparé à l'étendue entière de l'espace infini ! Si vaste que soit la profondeur que nos instruments ont sondée, il y a pourtant derrière une étendue infinie. Imaginons un globe énorme décrit dans l'espace, un globe de dimensions tellement prodigieuses qu'il comprenne le soleil et son système, toutes les étoiles, toutes les nébuleuses, et même tous les objets que nos capacités limitées peuvent imaginer. Tout compte fait, quel sera le rapport de ce grand globe lui-même à l'étendue entière de l'espace infini ? Par rapport à l'espace, le globe formera infiniment moins que l'eau d'une seule goutte de rosée par rapport à l'eau de tout l'Océan Atlantique »<sup>1</sup>.

Parler de la façon dont nous percevons les phénomènes coexistants comme d'un abîme d'une profondeur effrayante n'est peut-être qu'une phraséologie sans signification ; mais l'affirmation que l'espace infini contient plus que notre capa-

1. Sir Robert Ball, *Story of the Heavens*, pp. 2 et 538.

cité finie ne peut imaginer est irrémédiablement fallacieuse. En premier lieu, l'espace de nos perceptions, l'espace dans lequel nous distribuons les phénomènes, n'est point infini : il est exactement proportionné au contenu de cette capacité finie que nous nommons notre faculté de perception. En second lieu, si par « tous les objets que nos capacités finies peuvent imaginer » l'auteur entend des conceptions et non des perceptions, il fait une confusion entre deux choses différentes : l'espace en tant que l'ordre de coexistence des phénomènes réels, ce que nous appelons l'espace réel, et l'espace de notre pensée, l'espace conceptuel de la géométrie, ce que nous pouvons appeler l'espace idéal. Ce dernier, comme nous le verrons dans la suite, peut être conçu comme fini ou comme infini, bien qu'une portion limitée de l'espace infini idéal représente mieux l'espace réel de nos perceptions. Ainsi le seul espace infini que nous connaissons, loin d'être une immensité réelle écrasant nos capacités finies, est un produit de notre propre faculté de raisonner. D'autre part, l'espace cosmique, le mode de notre perception, est fini et limité par la série, non de ce que nous imaginons, mais de ce dont nous percevons réellement la coexistence. Le mystère de l'espace, qu'il s'agisse de l'espace fini de la perception ou de l'espace infini de la conception, réside dans chaque conscience humaine et non ailleurs. Nous devons le chercher, soit dans notre pouvoir de distinguer (ou de percevoir séparément) des groupes nombreux et variés d'impressions sensibles, soit dans notre pouvoir de former des conceptions qui nous permettent de passer du fini réel à l'infini idéal. Ce n'est que pour nous, en tant qu'êtres humains percevant les choses, que l'espace a quelque signification ; nous ne pouvons le supposer là où nous ne trouvons pas de mécanisme psychique semblable au nôtre.

## § 3. — LA DIVISIBILITÉ INFINIE DE L'ESPACE

L'espace de nos perceptions, comme nous l'avons vu, est fini et change d'individu à individu avec l'étendue et la complexité des perceptions. Comme il est juste assez grand pour notre perception des phénomènes, il est aussi juste assez petit ; par quoi nous arrivons à comprendre qu'il n'est pas « divisible à l'infini ». La limite de sa divisibilité est la limite de notre pouvoir de percevoir les choses séparément. Nos organes des sens sont tels que seules les impressions sensibles d'une certaine intensité ou d'une certaine amplitude arrivent à notre connaissance. Nous pouvons résoudre les phénomènes en groupes de plus en plus petits d'impressions sensibles, mais nous atteignons finalement une limite où cessent les impressions sensibles. Nous pouvons diviser une feuille de papier en fragments de plus en plus menus, mais, à un moment donné, ils cessent d'être sensibles même à l'aide de nos microscopes les plus puissants. Nous avons ici atteint une limite de notre mode de percevoir séparément, — en langage ordinaire, une limite de la divisibilité de l'espace. Il nous est possible de concevoir des divisions plus petites, mais ce faisant nous sommes passés de la sphère du réel à celle de l'idéal — de l'espace de la perception à l'espace de la géométrie. Il me semble que ce passage de la perception à la conception, souvent tout à fait inconscient, est la source de toutes les difficultés auxquelles donne lieu le paradoxe de la divisibilité à l'infini de l'espace. Ce point a été abordé par Hume dans son *Essai sur l'entendement humain*<sup>1</sup>, où il a écrit ce qui suit :

« La principale objection à l'encontre de tous les raison-

1. Section XII, partie II. Green and Grose : *Hume's Works*, vol. IV, p. 128.

nements abstraits est tirée des idées d'espace et de temps — idées qui, dans la vie commune et pour des esprits inattentifs, sont très claires et très intelligibles, mais dont les principes, lorsque ces idées sont analysées par les sciences profondes dont elles forment le principal objet, paraissent pleins d'absurdité et de contradiction. Il n'y a pas de *dogme* religieux, inventé dans le but de dompter et de soumettre la raison humaine en révolte, qui chèque jamais le sens commun plus que la doctrine de la divisibilité à l'infini de l'étendue, avec ses conséquences, telles qu'elles sont pompeusement développées par les géomètres et métaphysiciens avec une sorte de triomphe et d'allégresse. Une quantité réelle, infiniment plus petite que toute quantité finie, contenant des quantités infiniment plus petites qu'elle-même, et ainsi de suite *in infinitum*; c'est là un édifice si hardi et si prodigieux, qu'il est trop lourd pour qu'on prétende le soutenir par aucune démonstration, parce qu'il choque les principes les plus clairs et les plus naturels de la raison humaine. Mais ce qui rend la chose le plus extraordinaire, c'est que ces opinions en apparence absurdes sont appuyées par une chaîne de raisonnements les plus clairs et les plus naturels; nous ne pouvons accepter les prémisses sans admettre les conséquences ».

Or dans ce passage, le lecteur remarquera soigneusement l'inconsciente transition des *idées* d'espace et de temps à la divisibilité à l'infini de quantités *réelles*. La transition est encore plus marquée dans la note qui accompagne le passage, et qui poursuit ainsi :

« Quelque discussion qui puisse s'élever à propos des points mathématiques, nous devons accorder qu'il y a des points physiques — c'est-à-dire des parties de l'étendue qui ne peuvent être divisées ou amoindries soit avec l'œil soit avec l'imagination. Ces images, alors, qui sont présentes à

l'imagination ou aux sens, sont absolument indivisibles; par conséquent les mathématiciens devront admettre qu'elles sont infiniment plus petites que toute partie réelle de l'étendue; cependant, rien ne semble plus certain, pour la raison qu'un nombre infini d'éléments compose une étendue infinie. Combien cela est-il encore plus vrai d'un nombre infini des parties infiniment petites de l'étendue, supposées encore indéfiniment divisibles ».

Ici le passage de la perception à la conception et inversement, s'est opéré plusieurs fois. Un point mathématiquement défini est un concept et n'a pas d'existence réelle dans le domaine de la perception. Il est vrai que nous basons cette conception sur notre expérience de la perception de choses qui ne sont pas des points, mais le point mathématique n'est pas une *limite* d'une opération qui pourrait se poursuivre dans le domaine de la perception; c'est la limite d'une opération que nous imaginons se poursuivre dans le domaine de la pensée, dans la sphère des conceptions. Si Hume entend par point physique le plus petit groupe possible d'impressions sensibles que nous puissions percevoir isolément, alors le point ne peut être divisé ni amoindri par l'œil. Mais ce point physique transporté du domaine de la perception dans celui de la conception peut idéalement être divisé encore et encore de nouveau. Cette remarque sera plus clairement comprise quand nous parlerons de la conception géométrique de l'espace. Il suffit à présent de noter que Hume passe de l'œil à l'imagination, du mathématique au physique, de la pensée aux sens, comme si la théorie géométrique de l'étendue, qui est une méthode sténographique de classer et de décrire les phénomènes coexistants, était elle-même le monde des phénomènes. Plusieurs types de géométrie peuvent être constitués par notre raison, et les résultats qui en dérivent dépendent

de la manière de poser leurs axiomes fondamentaux. De ces types nous choisissons celui qui nous permettra de décrire le plus grand nombre de phénomènes par la formule la plus brève, ou qui nous permettra de classer avec la plus grande précision les différences entre des groupes d'impressions sensibles. Nous n'avons pas plus le droit de discuter la conception qu'a le géomètre de la divisibilité à l'infini de l'espace que sa conception du cercle, ou la conception qu'a le physicien de l'atome. Toutes ces choses sont de purs idéaux au delà de l'expérience des perceptions. Ce que nous devons demander, c'est : Jusqu'à quel point ces conceptions nous permettent-elles de décrire brièvement et de classer nos perceptions ; jusqu'à quel point nous aident-elles à emmagasiner l'expérience passée pour nous guider dans l'action future ? Un point et une ellipse peuvent être parfaitement absurdes dans le monde des perceptions, ce n'en sont pas moins des conceptions valides et utiles si elles nous aident à décrire et à prédire le mouvement de la terre autour du soleil. Les paradoxes que Hume trouve dans les conclusions de la géométrie n'existent qu'autant que nous affirmons que toute conception a une contre partie précise dans les perceptions, autant que nous oublions que la science n'est pas autre chose qu'une description sténographique de la nature et non la nature elle-même.

#### § 4. — L'ESPACE DE LA MÉMOIRE ET DE LA PENSÉE

Avant de quitter le sujet de l'espace réel ou des perceptions, nous devons remarquer que ce mode de percevoir les phénomènes semble associé non seulement aux impressions sensibles immédiates, mais aussi avec les impressions accumulées de l'expérience passée. Pour être précis, nous devons peut-être dire que le mode du souvenir est de la

même espèce que le mode des perceptions — à moins que, à la vérité, nous ne fassions usage du mot *perception* pour désigner aussi bien la conscience d'une impression sensible « externe » que la conscience d'une impression sensible « interne ». Selon toute probabilité, ces opérations que Locke appellerait perception externe et perception interne sont très sensiblement les mêmes, mais les sources dont elles tirent leurs matériaux sont différentes. Dans cette manière de voir il suffit de dire que la notion d'espace regardé comme mode de perception s'applique aussi bien à la mémoire qu'aux phénomènes. En considérant ainsi la question nous acquérons certainement de nouvelles clartés sur la manière dont l'espace peut résulter de la nature du mécanisme psychique. Personne ne peut considérer l'espace, par quoi les impressions de l'expérience passée sont groupées et distinguées, comme une réalité distincte des perceptions internes; c'est trop évidemment un mode de la faculté *rétentive*. Cependant la distinction entre le monde des phénomènes et le monde de la mémoire ne réside pas dans l'ordre et la relation de leurs contenus; elle réside dans l'intensité de l'excitation et la qualité de l'association. Les bougies, l'encrier, les livres et les papiers qui sont sur ma table ont le même ordre et la même relation, soit que je les voie et les touche, soit simplement que je ferme les yeux et les rappelle à ma mémoire. Mais il y a une grande différence dans la vivacité<sup>1</sup> des perceptions externes et internes, et une différence considérable dans l'étendue des impressions accumulées auxquelles le contenu des perceptions se trouve associé dans les deux cas.

1. La définition, légèrement modifiée, que donne Hume de la croyance, marque bien cette différence : Un groupe d'impressions sensibles immédiates est une perception « plus vive, plus forte, plus violente, plus ferme, plus stable » d'un objet que celle dont est capable à lui seul un groupe d'impressions accumulées (*Essai sur l'entendement humain*. Section V, partie II).

L'espace est donc le mode suivant lequel nous percevons distinctement des choses coexistantes, et nous devons, soit multiplier les espaces, soit considérer que, logiquement, toute séparation est signe d'espace. Ainsi nos pensées et nos conceptions impliquent à peu près invariablement une relation d'espace, puisque les opérations psychiques elles-mêmes, la douleur par exemple, sont de plus en plus localisées ou associées avec des centres particuliers de l'activité cérébrale. On peut le prétendre légitimement; jusqu'à ce que la relation d'espace soit reconnue dans un domaine quelconque, jusqu'à ce que nous soyons capables de percevoir les choses isolément, nous n'avons pas de base de distinction, de comparaison, de classification, ni par conséquent de connaissance scientifique. C'est de la localisation des opérations psychiques que nous pouvons surtout espérer de grandes conséquences, pour constituer dans l'avenir une véritable science de la psychologie. Cette localisation n'est pas une « matérialisation » de la pensée, c'est simplement une association « interne » et « externe », toutes deux formant également des facteurs de la conscience. L'association n'est pas une association de deux choses diverses et opposées — matière et esprit — mais de deux phases de la perception. Les groupes d'impressions sensibles dans l'espace, étant conditionnés par la faculté perceptive, forment une grande partie de l'être sentant tout autant que les opérations psychiques elles-mêmes.

Logiquement, il semble que toutes les fois que nous séparons et distinguons clairement des choses coexistantes, nous les percevons sous la catégorie de l'espace; sous cette forme, la perception est ce que nous devons entendre par « existence dans l'espace ». Cependant, historiquement, la notion d'espace a pris naissance dans la séparation et dans la distinction de groupes d'impressions sensibles,

quand un ou plusieurs membres de chaque groupe tombaient sous le sens de la vue ou sous celui du toucher ; car, dans l'histoire naturelle de l'homme, ces sens sont ceux par lesquels des groupes ont été d'abord perçus séparément. De même que ces groupes d'impressions sensibles étaient projetés hors de notre conscience et traités comme des choses inconditionnées par notre faculté de perception, comme des objets indépendants de l'être sentant, de même notre mode de perception était traité comme inhérent à ces choses, on lui donnait une existence objective, dont on peut retrouver des traces dans le « vide primitif » de la mythologie et « l'épouvantable abîme » de l'astronomie populaire.

Ce n'est que graduellement que nous avons appris à reconnaître que l'espace vide n'a pas de signification, que l'espace est un mode de perception — l'ordre dans lequel notre faculté de perception nous présente la coexistence. Nous ne sommes pas tenus de supposer un espace extérieur propre aux phénomènes, et des espaces intérieurs pour la mémoire, la pensée et les opérations psychiques ; nous devons plutôt juger que le mode de nos perceptions sur ces territoires différents est essentiellement le même, et que ce mode est ce que nous appelons l'espace.

### § 5. — CONCEPTIONS ET PERCEPTIONS

Si tel est l'espace de la perception, nous avons alors à nous demander : Comment le décrivons-nous scientifiquement ? Qu'est-ce que l'espace de la conception, — l'espace dont nous nous occupons aujourd'hui dans la science de la géométrie ? Nous avons vu que notre faculté de perception nous présente des impressions sensibles séparées en groupes et qu'en outre, bien que cette séparation nous soit

des plus utiles dans la vie pratique, elle n'est pas très exactement ni clairement définie « aux limites » (p. 83). Comment allons-nous représenter en pensée, en concept, cette séparation en groupes qui résulte de notre mode de perception ? Voici la réponse : Nous *concevons* les groupes d'impressions sensibles comme étant bornés par des *surfaces*, comme étant limités par des *lignes* droites ou courbes. Ainsi notre considération de l'espace conceptuel nous amène directement à la discussion des surfaces et des lignes — à l'étude, en fait, de la *géométrie*.

Plusieurs problèmes importants se présentent simultanément. En premier lieu, ces surfaces et ces lignes ont-elles une existence réelle dans le monde des perceptions ? Sont-ce des phénomènes ? ou des modes idéaux par quoi nous analysons la manière dont nous percevons les phénomènes ? En second lieu, si ce ne sont que des modes idéaux, quelle est la marche historique par laquelle on y est parvenu ? Quelle est leur ultime racine dans la perception ?

Or ici une remarque importante s'impose, c'est que, *ce qui est imperceptible n'est pas par cela même inconcevable*. Cette remarque est des plus nécessaires, car elle semble directement opposée au scepticisme salutaire de Hume<sup>1</sup>. Sans cela, à moins que tout l'édifice de la science exacte ne s'écroule, ni les concepts de la géométrie, ni ceux de la mécanique ne seraient d'aucun service ; par exemple, le cercle et le mouvement d'un point seraient des absurdités si, étant imperceptibles, ils étaient réellement inconcevables. La base de nos conceptions réside sans doute dans les perceptions, mais en imagination nous pouvons suivre un

1. Voir notamment le *Treatise on Human Nature*, partie II. *Of the Ideas of Space and Time*. Green and Grose : *Hume's Works*, vol. I, pp. 334-371.

processus de perception jusqu'à une limite qui n'est plus elle-même une perception ; nous pouvons en outre associer des groupes d'impressions sensibles emmagasinées, et former des idées qui ne correspondent à rien dans notre expérience sensible.

Ici quelque précaution est pourtant nécessaire. Parce que nous concevons une chose, nous ne devons pas en conclure que cette chose est ou possible ou probable en tant que perception.

A la vérité, l'opération ou l'association par laquelle nous avons atteint notre conception peut en elle-même suffire à montrer son impossibilité ou son improbabilité dans le domaine de la perception. L'appel à l'expérience peut seul apprendre si une conception est possible en tant que perception. Par exemple l'expérience me montre qu'il y a une limite sensible à tout ce qui est visible et tangible ; c'est ainsi qu'un point, valable comme conception, ne peut jamais avoir une existence réelle en tant que perception. J'atteins cette conception d'un point en poussant à la limite dans mon imagination une opération qui ne peut être poussée jusque-là dans la perception. Mes conceptions de distance infinie ou de nombre infini ont exactement le même caractère ; ce sont des limites conceptuelles d'opérations qui peuvent avoir leur *point de départ* dans la perception, mais qui ne peuvent être poursuivies jusqu'à la limite, si ce n'est en imagination. L'improbabilité de perception est quelque peu différente de l'impossibilité de perception. Je puis concevoir S. M. la reine Marie se promenant seule en bas de Regent-Street, mais d'après mon expérience des actions passées de la royauté, cette association de concepts est difficile à admettre comme perception probable. Ces exemples suffisent à montrer que ce qui est improbable ou impossible comme perception peut être valable comme

conception. Mais nous devons avoir toujours présent à l'esprit que la *réalité* de la conception, son existence en dehors de la pensée, ne peut être démontrée qu'en faisant appel à l'expérience perceptible.

Le géomètre affirme l'impossibilité phénoménale de ses points, lignes et surfaces ; le physicien ne regarde en aucune façon les atomes, les molécules et les électrons comme des perceptions possibles. La science se contente à présent de considérer ces concepts comme existant seulement dans la sphère de la pensée, comme étant simplement des produits de l'esprit humain. Elle ne réclame pas, comme la métaphysique ou la théologie, que ses conceptions aient une existence dans le champ placé au delà du domaine des impressions sensibles, tant que l'expérience n'a point prouvé que la limite ou l'association conceptuelle peut devenir une réalité perceptible<sup>1</sup>. La validité des conceptions scientifiques ne dépend pas essentiellement de leur réalité en tant que perceptions, mais des moyens qu'elles fournissent pour classer et décrire les perceptions. Si un rectangle et un cercle n'ont pas d'existence réelle, ce sont cependant des conceptions inestimables, parce qu'elles me permettent de classer mes perceptions de formes, de décrire, même imparfaitement, la différence de forme entre la face d'une page de ce livre et la face de ma montre. Ce sont des symboles de cette sténographie au moyen de laquelle la science décrit l'univers des phénomènes. Si l'atome est une pure conception, il nous permet cependant, en codifiant notre expérience passée, d'économiser notre

1. Leverrier et Adams *concevaient* une planète d'orbite définie pour rendre compte des irrégularités perçues dans les mouvements d'Uranus. Cette conception eût permis de rendre compte de ces irrégularités, même si la planète Neptune n'avait jamais été perçue — en d'autres termes, même si la conception des astronomes n'était devenue une réalité perceptible.

pensée ; il conserve dans des limites raisonnables les matériaux sur lesquels nous fondons notre prédiction de toute expérience possible à venir. Si quelqu'un vient nous dire que le dieu-tempête est aussi concevable pour certains esprits que l'atome, nous dirons d'abord que le concevable n'est pas le réel, et en outre, que la valeur pour l'homme d'un idéal de conception dépend du degré auquel il préconçoit le futur dans son *résumé* du passé. Somme toute, la conception d'un dieu-tempête peut avoir quelque valeur comme monument frappant de notre ignorance météorologique, et pour nous rappeler utilement que nous devons « être préparés à tous les temps ».

Ce que nous noterons en ce point, c'est que l'esprit n'est pas limité aux associations perceptibles ; il peut suivre idéalement un processus qui peut être commencé mais ne peut être continué indéfiniment dans la sphère des perceptions. La valeur scientifique de ces conceptions, qu'on y parvienne par association ou par un passage à la limite, doit dans chaque cas être appréciée d'après les facilités qu'elles nous donnent de classer, de décrire et de prédire les phénomènes.

#### § 6. — UNIFORMITÉ ET CONTINUITÉ

Or il y a deux notions, que l'on acquiert en considérant les limites idéales de processus de perceptions, et qui ont une grande portée pour la représentation géométrique de l'espace. On peut les exprimer par les mots *uniformité* et *continuité*. Si loin qu'aille notre expérience perceptible, il n'y a probablement pas deux groupes d'impressions sensibles qui soient exactement les mêmes. L'uniformité dans chaque groupe dépend du degré de précision de notre examen et de nos observations. Pour un observateur occasion-

nel, tous les moutons d'un troupeau paraissent semblables, mais le berger individualise chacun d'eux. Deux pièces frappées avec le même coin, ou deux gravures tirées avec la même planche, auront toujours quelques marques distinctives. Nous pouvons en toute sûreté affirmer que la conformité absolue ne se rencontre jamais dans notre expérience. Aucun groupe « permanent » d'impressions sensibles ou d'« objets » n'est exactement le même à deux époques différentes. Divers éléments dans chaque groupe ont changé légèrement avec le temps, la lumière ou l'observateur. Prenons un morceau de métal poli et marquons deux parties de sa surface ; elles paraissent exactement semblables, mais le microscope révèle leur manque d'uniformité. Ainsi l'uniformité n'est jamais une limite réelle de notre expérience de phénomènes ; plus nous regardons de près, moins il y a uniformité. Pourtant, en tant que concept, la conformité de deux groupes d'impressions sensibles est une notion de grande valeur, et la base d'une grande partie de notre classification scientifique. Dans la sphère des perceptions, la conformité dénote, pour certains usages pratiques, l'identité de deux groupes peu différents d'impressions sensibles. Dans la sphère des conceptions, d'ailleurs, la conformité marque l'identité absolue de tous les membres de chaque groupe ; c'est une limite assignée à un processus de comparaison qui ne peut être atteinte dans le monde des perceptions.

L'idée de continuité, au sens où nous sommes amenés à considérer le mot, implique celle d'uniformité. Si je prends un vase plein d'eau, je trouve un certain groupe permanent d'impressions sensibles qui me conduit à appeler le contenu du vase de l'eau ; si je prends une petite quantité de cette eau dans le vase, je trouve le « même » groupe, et cela reste encore vrai si je prends une quantité de plus en plus

petite, même une seule goutte. Je puis continuer à diviser la goutte, mais apparemment tant que la quantité demeure en somme sensible, le même groupe d'impressions sensibles persiste, et j'appelle eau cette fraction de la goutte. Maintenant, la question se pose : si cette division pouvait être poursuivie indéfiniment, atteindrions-nous à la fin une limite à laquelle le groupe d'impressions sensibles changerait, non seulement quantitativement, c'est-à-dire en intensité, mais aussi qualitativement ? Si nous pouvions amplifier les impressions sensibles dues à la fraction infinitésimale d'une goutte d'eau jusqu'à une certaine intensité sensible, ces impressions différeraient-elles de celles qui caractérisent le contenu du vase primitif, en sorte que nous ne leur attribuerions plus le nom d'eau ? Or, nous ne pouvons éprouver les effets d'une division indéfiniment continue dans le monde phénoménal, car nous atteignons bientôt un moment où, par les moyens dont nous disposons, nous ne recevons plus aucune espèce d'impression sensible des substances divisées. Nos amplificateurs d'impressions sensibles n'ont qu'un champ d'action limité<sup>1</sup>. Mais, bien que dans la sphère des perceptions il soit impossible de poursuivre la division jusqu'à sa limite ultime, idéalement nous pouvons répéter le procédé indéfiniment. Si après un nombre infini de divisions nous concevons que le même groupe d'impressions sensibles se retrouve, nous disons que nous concevons la substance comme *continue*. Nous pouvons alors nous demander jusqu'à quel point la notion de continuité s'applique aux corps réels de notre expérience perceptible. Du procédé fini de division qui est

1. Le microscope, le microphone, le spectroscopie, etc., par exemple. Le spectroscopie nous fournit, peut-être, des indications positives d'un changement qualitatif survenant dans un grand nombre de substances, à mesure que leur quantité diminue.

possible en perception, nous pourrions aisément conclure que la continuité est une propriété des substances réelles ; et il n'est guère douteux qu'une faible dose d'observation soit favorable à l'idée que beaucoup de substances réelles sont continues, bien que la division infinie nécessaire à la conception de continuité ne possède aucun équivalent dans la perception. Une observation plus approfondie et une connaissance plus vaste contredisent pourtant cette notion. Le physicien et le chimiste fournissent à cet égard beaucoup d'arguments et apprennent que le procédé fini de division, qui suggère l'idée de continuité, s'il était poussé jusqu'à l'infini, nous ferait voir les corps comme discontinus. Un premier examen superficiel laisse apparaître dans les perceptions une continuité et une uniformité qui disparaissent après un examen critique plus approfondi. Les idées impliquées dans ces deux mots sont, on le sait, les limites non pas réelles mais idéales d'opérations qui ne peuvent être accomplies que dans le domaine de la conception. Ces idées présentes à l'esprit nous pouvons maintenant revenir aux concepts géométriques de l'espace.

#### § 7. — L'ESPACE CONCEPTUEL, LIMITES GÉOMÉTRIQUES

Nous avons remarqué (p. 245) que nous concevions les groupes d'impressions sensibles comme limités par des surfaces et des lignes. Nous disons : la surface d'une table ; une feuille de ce livre paraît séparée de l'air qui est au-dessus par une surface plane, et ce plan semble limité à son bord supérieur par une ligne droite. En premier lieu nous devons nous demander si nos notions géométriques de ligne et de plan correspondent aux limites de quelque chose qui se trouve réellement dans la perception, ou bien si ce sont de pures limites idéales d'opérations commencées dans la per-

ception, mais qu'il est impossible de pousser à la limite dans la perception. La réponse à ces questions réside dans les concepts d'*uniformité* et de *continuité*. Les idées géométriques de ligne et de plan impliquent l'uniformité absolue de tous leurs éléments et la continuité absolue. Chaque élément d'une ligne droite peut idéalement être ajusté à tout autre élément, même si l'on renverse les extrémités. Tout élément d'un plan peut être superposé à tout autre élément, de n'importe quel côté. Enfin, tout élément de ligne droite ou de plan, si fragmentaire qu'il soit, est idéalement encore, quand on l'amplifie, un élément de ligne droite ou de plan.

Les idées géométriques correspondent à une uniformité et à une continuité absolues, mais éprouvons-nous quelque chose de semblable dans nos perceptions ? La feuille volante de ce livre paraît à première vue une surface plane limitée par une ligne droite ; mais un très léger examen à la loupe montrerait que sa surface présente des creux et des bosses qui défient absolument toute définition géométrique et tout traitement scientifique. La ligne droite qui semble limiter son bord devient, sous un verre puissant, si déchirée et si dentelée que, avec ses reliefs et ses creux, elle est plus semblable à la denture d'une scie qu'à une ligne droite. L'uniformité et la continuité disparaissent devant un examen attentif. Prenons un cube de verre habilement coupé et poli, ses faces semblent d'abord tout à fait planes. Mais nous nous apercevons qu'un petit objet placé sur une de ses faces ne glisse pas quand le cube est légèrement incliné. La face du cube doit donc être *rugueuse*, elle présente des creux et des bosses qui s'accrochent à ceux du corps superposé ; notre plan est une illusion. Et nous pouvons prendre une des admirables plaques de métal de Whitworth obtenues en frottant les faces de trois pièces de métal l'une contre l'autre. Ici encore un

microscope puissant nous révèle que la surface comporte des reliefs et des creux.

Le fait est là : quelque soin que nous prenions pour préparer une surface plane, un microscope ou d'autres moyens peuvent être assez puissants pour montrer que la surface n'est pas plane. Il en est exactement de même d'une ligne droite ; si exacte qu'elle paraisse d'abord, des méthodes précises d'investigation apprennent invariablement qu'on est très éloigné de la ligne droite conçue par la géométrie. Il y a lutte entre notre pouvoir de figurer une ligne droite ou un plan et notre pouvoir de créer des instruments qui démontrent que l'uniformité et la continuité des conceptions géométriques en sont absentes. Des instruments absolument parfaits ne pourraient probablement être construits que si nous étions déjà en possession d'une ligne ou d'un plan géométrique véritable, mais tels quels nos instruments sont invariablement les gagnants de la lutte. *Notre expérience ne nous donne aucune raison de supposer que, si grands que soient nos soins, nous puissions obtenir dans le domaine des perceptions une ligne droite ou un plan, dont les éléments, amplifiés à l'infini, satisferaient à la condition d'uniformité ultime qu'impliquent les définitions géométriques.* Nous sommes donc forcés de conclure que les définitions géométriques sont les résultats d'opérations qui peuvent avoir leur point de départ dans les perceptions, mais dont les limites ne peuvent jamais être atteintes dans les perceptions ; ce sont de pures conceptions n'ayant aucune correspondance avec aucune perception possible. Ce que nous avons dit des lignes droites et des plans s'applique également à toutes les courbes et surfaces définies géométriquement. Les concepts fondamentaux de la géométrie ne sont que des symboles idéaux qui nous permettent de procéder à une analyse approchée, mais non absolue, de nos

impressions sensibles. Ils constituent la sténographie scientifique à l'aide de laquelle nous décrivons, classons, et exprimons les caractéristiques de ce mode de perception que nous appelons l'espace perceptible. Leur validité, comme celle de tous autres concepts, réside dans le pouvoir qu'ils nous donnent de codifier l'expérience passée et de prédire l'expérience future.

Nous disons un corps sphérique, ou cubique, et nous lui attribuons telle ou telle capacité. Mais aucun corps perceptible n'est jamais vraiment sphérique ni vraiment cubique, et le volume que nous lui attribuons est tout au plus quelque chose d'approximatif. Une analyse plus approfondie de nos impressions sensibles nous écarte dans chaque cas de la définition géométrique et de la mesure géométrique. Pourtant ces conceptions de sphère et de cube sont souvent suffisantes pour nous permettre de classer et d'identifier divers corps, de prédire les différents types d'impression sensible auxquels ces corps correspondent<sup>1</sup>. Peut-être n'est-il pas de meilleur exemple que la géométrie pour montrer comment la science *décrit* le monde des phénomènes à l'aide de conceptions qui ne correspondent pas à la réalité des phénomènes eux-mêmes. Que nos conceptions géométriques nous permettent en somme de décrire aussi efficacement l'espace des perceptions, c'est là un exemple frappant du développement pratiquement égal de nos facultés de perception et de raisonnement (p. 131).

#### § 8. — LES SURFACES CONSIDÉRÉES COMME LIMITES

Bien que les limites de la perception, en dernière analyse,

1. Comme nous le verrons, tout notre système de mesure des volumes est basé sur des conceptions géométriques sans aucune réalité.

ne correspondent en aucune façon à une définition géométrique spéciale telle que celle du plan ou de la sphère, nous avons encore à rechercher si elles répondent à notre concept général de surface. En ce sens nous entendons maintenant par surface, non pas quelque chose dont il serait possible d'analyser les propriétés par une des méthodes connues de la géométrie, mais une limite *continue* entre deux groupes d'impressions sensibles ou de corps<sup>1</sup>. Y a-t-il une limite continue entre la page ouverte de ce livre et l'air qui est au-dessus? Serait-il possible de dire, à un échelon quelconque du passage de l'air au papier, ici l'air finit et le papier commence? En ce point nous atteignons l'un des plus importants problèmes de la science. Devons-nous considérer les groupes d'impressions sensibles que nous appelons corps comme *continus* ou non? Si les corps ne sont pas continus, alors il est clair que les limites ne sont que des symboles mentaux de séparation; à la suite d'une analyse plus pénétrante on ne trouve aucune réalité effective qui y corresponde dans la sphère des impressions sensibles.

Tout élément de la surface d'un corps nous apparaîtrait-il comme une limite continue, quelque petit que soit l'élé-

1. « *Ce qui a position, longueur et largeur, sans épaisseur, s'appelle surface* ». « Le mot *surface* en langage ordinaire contient les idées d'extension dans deux directions; par exemple nous disons la surface de la terre, la surface de la mer, la surface d'une feuille de papier. Bien que dans quelques cas l'idée d'épaisseur, ou de profondeur, de la chose dont on parle puisse être présente à l'esprit, cependant, en règle générale, on ne prête aucune importance à l'épaisseur ou à la profondeur. Quand nous parlons d'une *surface géométrique*, nous laissons tout à fait de côté l'idée d'épaisseur, ou de profondeur » (H. M. Taylor, *Pitt Press Euclid*, I, II, p. 23). Il me semble qu'en langage ordinaire il y a quelque chose de plus que les idées de longueur et de largeur impliquées dans l'idée de surface: il y a l'idée de *limite continue*. Il est difficile de dire jusqu'à quel point cette idée est réellement comprise sous le mot étendue. Un voile peut avoir de l'étendue dans deux directions, mais cela ne suffit pas à réaliser notre idée de surface parce que ce n'est pas une limite continue.

ment et à quelque degré que nous l'agrandissions? Si je pouvais prendre la centième partie d'un pouce carré de cette page et amplifier un billion de fois ses dimensions actuelles, aurions-nous encore l'apparence d'une limite continue entre l'air et le papier?

Considérons la limite d'une eau tranquille. Elle nous donne l'impression d'une surface continue. D'autre part, examinons de près un tas de sable, il paraît ne pas avoir de limite continue. Y a-t-il là des raisons qui nous conduiraient à supposer que, si nous pouvions agrandir suffisamment un petit élément de cette page de papier, cela produirait en nous des impressions sensibles non de continuité, mais de discontinuité? Le verrions-nous, à supposer qu'il soit encore visible, comme la surface de l'eau, ou plutôt comme un tas de sable, une pile de petites billes, ou, mieux encore, comme un morceau étoilé du ciel par une nuit claire? Aucun groupe d'étoiles, pour la perception, n'est séparé d'un autre par une ligne ou une surface. Nous pouvons *imaginer* de telles limites tracées à travers le ciel, mais nous ne les *percevons* pas. Nous devons alors nous demander si la limite entre le papier et l'air, amplifiée immensément, apparaîtrait, vue de côté, non comme une ligne géométrique, mais à peu près comme la première ou la seconde des figures ci-après.

En réalité, on ne peut donner de réponse directe à ces questions, parce que les corps cessent de nous impressionner d'une manière sensible longtemps avant que nous atteignons le point où l'on pourrait s'attendre à voir disparaître l'apparence de continuité. Nous ne pouvons pas prédire ce que nos impressions sensibles seraient si nous pouvions agrandir une goutte d'eau jusqu'au volume de la terre. Mais nous pouvons poser la question d'une manière légèrement différente. Nous pouvons demander : Serions-nous

capables de mieux classer et de mieux décrire les phénomènes si nous *concevions* les corps comme continus, ainsi que sur la figure 2 a, ou si nous les concevions discontinus comme sur la figure 2 b? Le physicien répondra aussi-



Fig. 2 a.

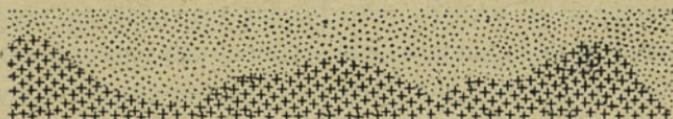


Fig. 2 b.

tôt : Je ne puis concevoir les corps que comme discontinus. La discontinuité est essentielle aux méthodes par lesquelles je décris et je formule mes impressions sensibles du monde phénoménal.

### § 9. — DISCONTINUITÉ CONCEPTUELLE DES CORPS.

#### L'ATOME

La première des raisons des physiciens pour admettre la discontinuité des corps est que ces corps possèdent tous une certaine élasticité. De l'air peut être placé sous un piston dans un cylindre et comprimé; une latte de bois peut être pliée — en d'autres termes, une partie du bois comprimée et une autre portion étirée. Même les quantités dont nous pouvons comprimer le fer ou le granit sont susceptibles de mesure. Or il est très difficile, et je crois impossible, de *concevoir* comment nous pourrions modifier le volume des corps si nous

les suppositions continus. Nous nous sentons forcés d'affirmer que, si les diverses parties d'un corps se rapprochent les unes des autres, elles doivent contenir quelque chose de dépourvu de corps, à l'intérieur de quoi elles puissent se mouvoir. Si un corps était continu et cependant compressible, il n'y aurait pas de raison pour qu'il ne fût pas indéfiniment compressible, ou indéfiniment extensible, deux résultats qui répugnent également à notre expérience. En outre, nos impressions sensibles de température dans les corps gazeux et solides, et de couleur dans les corps solides, les phénomènes de pression dans les gaz, ceux d'absorption et d'émission de la lumière, sont aisément analysés et décrits si nous concevons que les parties ultimes des corps sont capables de mouvement relatif; or il n'y a aucune possibilité de concevoir un tel mouvement si toutes les parties d'un corps sont continues. Une foule d'êtres humains vue d'une grande hauteur peut paraître semblable à un fluide tumultueux en mouvement en chaque point. Mais nous savons par expérience que son mouvement n'est possible que parce qu'il y a un certain vide dans la foule. Il peut arriver que cette foule soit tassée d'une manière si dense que son mouvement ne soit plus praticable. Il en est ainsi du mouvement relatif des parties des corps, duquel dépendent tant de choses dans la physique moderne; le tassement absolu, qui est la continuité, semble le rendre impossible. Ce n'est qu'en réduisant par la pensée les groupes complexes d'impressions sensibles, que nous appelons des corps, en éléments simples dépendant directement du mouvement de systèmes continus, — de ce que nous pouvons appeler des systèmes granulaires ou stellaires, — que nous avons été capables de résumer les phénomènes dans les lois à longue portée de la physique et de la chimie. Le mouvement relatif des parties ultimes des corps, impliquant l'idée de

discontinuité, est une des notions fondamentales de la science moderne (p. 233). Les ultimes parties des corps sont communément appelées des *atomes* ; des groupes d'atomes qui apparemment se répètent dans toute l'étendue du même corps — quelque chose comme les systèmes planétaires dans l'univers stellaire — se nomment *molécules*. La théorie atomique ou moléculaire des corps, généralement acceptée, postule essentiellement leur discontinuité. Prenons, par exemple une goutte d'eau sphérique — comme l'a fait Lord Kelvin — et supposons la grosse comme un ballon à jouer, si nous pouvions grossir la goutte d'eau de manière à l'amener au volume de la terre, sa structure, dit lord Kelvin, serait formée de grains plus grossiers qu'un tas de petits plombs, mais probablement de grains moins grossiers qu'un amas de ballons <sup>1</sup>.

Je me propose de revenir plus tard à l'hypothèse atomique. A présent je veux seulement demander au lecteur de regarder l'atome et la molécule comme des *concepts* qui réduisent très notablement la complexité de notre description des phénomènes. Mais ce qu'il est nécessaire de remarquer dès maintenant, c'est que le concept de l'atome, si on l'applique à nos perceptions, s'oppose au concept de la surface considérée comme limite continue d'un corps. Nous avons ici un exemple important — ce n'est pas un accident exceptionnel dans la science — de deux concepts qui ne peuvent correspondre tous deux à la fois à des réalités dans le monde des perceptions. Ou les corps perçus ont des limites continues, et la théorie atomique n'a pas de valeur dans le monde des perceptions ; ou, inversement, les corps ont une structure atomique, et les surfaces géométriques sont impossibles dans le monde des perceptions. A première vue

1. *Popular Lectures and Addresses*, vol. I, « The Size of Atoms », p. 217.

ce résultat semblera au lecteur impliquer contradiction entre la géométrie et la physique ; il peut sembler que, soit les conceptions physiques, soit les conceptions géométriques doivent être fausses. Mais la difficulté réside en réalité entièrement dans l'habitude que nous avons acquise de considérer les corps comme des réalités objectives inconditionnées par notre faculté de perception. Nous ne rappellerons jamais trop souvent que les corps sont pour nous des groupes d'impressions sensibles plus ou moins permanents, plus ou moins clairement définis, que les rapports entre ces impressions, et leurs successions, sont dans une large mesure conditionnés par la faculté de perception. Actuellement, il n'y a pas d'impression sensible correspondant à la surface géométrique ni à l'atome ; nous pouvons légitimement douter que notre faculté perceptive soit de telle nature qu'elle présente les impressions en correspondance avec ces conceptions. Il est donc impossible de dire qu'une de ces conceptions doit être réelle, et l'autre irréelle, car ni l'une ni l'autre n'est actuellement valable dans le monde des perceptions — c'est-à-dire n'existe dans le monde des choses réelles. En tant que concepts toutes deux sont également valables, toutes deux sont également idéales, elles ne sont point impliquées dans nos impressions sensibles elles-mêmes, mais l'entendement les a découvertes et développées comme un moyen de classer différents types d'impressions sensibles et de résumer dans une brève formule leurs relations et leurs consécutions.

Ainsi les vérités géométriques ne s'appliquent avec une exactitude absolue à aucun groupe quelqu'il soit de nos impressions sensibles ; mais elles nous permettent de classer de très grands groupes de phénomènes à l'aide des notions de position, de volume et de forme. La géométrie nous permet de prédire avec une exactitude absolue une certaine

variété de relations entre des impressions sensibles, quand ces impressions n'impliquent pas plus qu'une certaine subtilité de nos sens, qu'un certain degré d'exactitude de nos instruments de mesure. L'uniformité absolue et la continuité absolue réclamées par les concepts géométriques n'existent pas comme *limites* dans le monde des perceptions, mais seulement comme approximations ou moyennes<sup>1</sup>. C'est précisément de la même manière que la théorie des atomes traite de notions idéales; elle nous permet de classer des séries différentes d'impressions sensibles, et d'exprimer leurs relations mutuelles à un certain degré de pénétration de nos sens, ou d'exactitude de nos appareils scientifiques. Si l'atome devenait une perception au lieu de rester un concept, cela n'infirmait pas l'utilité de la géométrie. Très probablement néanmoins, si nous pouvions amplifier un ballon jusqu'à l'amener au volume de la terre, de telle sorte que l'atome de la perception, s'il existe, eût un volume compris entre un petit plomb et un ballon, nous trouverions que les impressions sensibles, distinguées et résumées grâce à la conception de l'atome, auraient elles-mêmes disparues sous les nouvelles conditions<sup>2</sup>. En d'autres termes, nos concepts scientifiques sont valables pour le monde tel que nous le connaissons, mais nous ne pouvons pas du tout dire comment ils s'appliqueraient à un monde placé aujourd'hui au delà de la perception.

1. La géométrie pourrait presque être appelée une branche de la statistique; la définition du cercle possède en grande partie le même caractère que celle de *l'homme moyen* de Quételet.

2. La visibilité et la tangibilité des corps peuvent sans doute être décrites par le mouvement des atomes, mais nous ne pouvons pas dire à l'avance qu'un atome *seul* serait ou visible ou tangible, encore moins « limité » par une surface.

## § 10. — CONTINUITÉ CONCEPTUELLE. L'ÉTHER

Le lecteur est maintenant préparé à apprécier les conceptions scientifiques, qui, si elles correspondaient à des réalités du monde phénoménal, se contrediraient l'une l'autre. La continuité des corps par l'idée d'atome ayant été détruite, il peut sembler à première vue que notre espace conceptuel diffère essentiellement de l'espace perceptible. Ce dernier, comme nous l'avons vu, est notre mode de distinguer des groupes d'impressions sensibles, et, là où il n'y a rien à distinguer, il n'y a pas d'espace. On peut dire de la faculté de perception plutôt que de la nature qu'elle a horreur du vide ». D'autre part, ayant détruit la continuité des corps par l'hypothèse atomique, nous semblons à première vue admettre un vide dans l'espace conceptuel. Mais ici le physicien nous oblige à introduire une nouvelle continuité. Cette nouvelle continuité est celle de l'éther, que les physiciens imaginent pour remplir les interstices entre les corps et entre les atomes des corps. A l'aide de ce concept, l'éther, (sur lequel nous reviendrons plus tard), nous sommes capables de classer et de résumer d'autres vastes groupes d'impressions sensibles. Quant à l'existence perceptible de l'éther, elle est établie, selon l'affirmation de certain physiciens, sur un terrain un peu différent de celui de l'atome. Par existence *réelle* de quelque chose, nous entendons (p. 89) que la chose forme un groupe plus ou moins permanent d'impressions sensibles. Or on peut difficilement affirmer cela de l'éther; nous concevons l'éther plutôt comme un conducteur des mouvements par lesquels nous interprétons l'impression sensible. Les nerfs nous semblent être des conducteurs de même espèce, mais, en dehors de leur rôle de conduction, les nerfs nous

apparaissent aussi comme des groupes permanents d'impressions sensibles. Or, ce ne sont pas des impressions sensibles que nous groupons et que nous appelons éther ; il semble donc bien préférable de considérer l'éther comme un concept plutôt que comme une perception. Il est vrai que pour certains esprits l'éther semble une perception aussi réelle que l'air, et la question est peut-être en grande partie une question de définition. Encore que même la télégraphie sans fil, par exemple, ne me semble pas avoir logiquement démontré l'existence perceptible de l'éther ; elle me paraît avoir immensément accru la validité du concept scientifique de l'éther en montrant que cette notion permet de décrire un ensemble plus vaste de perceptions qu'avant les expériences de Hertz<sup>1</sup>. En outre beaucoup des propriétés que nous associons à l'éther ne sont pas telles que, d'après notre expérience passée, sont les choses susceptibles de devenir objets d'impressions directes des sens. Je continuerai donc à considérer l'éther comme un concept scientifique placé sur le même pied que les surfaces géométriques et les atomes.

#### § 11. — DU CARACTÈRE GÉNÉRAL DES CONCEPTS SCIENTIFIQUES

Notre discussion des concepts relatifs à l'espace auront permis au lecteur de mieux apprécier la nature des concepts scientifiques en général. Surface géométrique, atome, éther, n'existent que dans l'esprit humain ; ce sont des méthodes « sténographiques » de distinguer, classer et résumer les phases des impressions sensibles. Tout cela n'existe ni à

1. Et même, dans les dix neuf années qui se sont écoulées depuis la première édition de ce livre, l'existence d'un éther perceptible est devenue de moins en moins possible. Il ne reste guère de l'« éther » aujourd'hui que les concepts impliqués dans une suite d'équations différentielles !

l'intérieur ni au delà du monde des impressions sensibles, mais c'est le pur produit de notre faculté de raisonner. L'univers ne doit pas être conçu comme un complexe réel d'atomes flottant dans l'éther, l'atome et l'éther étant tous deux pour nous d'inconnaissables « choses en soi », produisant ou déterminant le monde des impressions sensibles. Ce serait vraiment là pour la science répéter les dogmes des métaphysiciens, les paradoxes les plus grossiers d'un matérialisme à courte vue.

Au contraire, l'homme de science ne postule rien sur le monde situé au delà des sens ; pour lui l'atome et l'éther sont — comme la surface géométrique — des modèles à l'aide desquels il résume le monde des sens. Le monde spirituel des « choses en soi » qui est au delà des sens, il l'abandonne comme terrain de sports au métaphysicien et au matérialiste. Là ces gymnastes, débarrassés de la pénible servitude de l'espace et du temps, peuvent s'amuser à toutes sortes de jeux avec l'inconnaissable, et expliquer au petit nombre de ceux qui peuvent les comprendre comment l'univers est « créé », à l'aide de la volonté, de l'atome et de l'éther, et comment une connaissance des choses qui sont au delà de la perception, c'est-à-dire au delà de l'intelligible, peut-être atteinte par le petit nombre des élus. L'homme de science affirme bravement qu'il est impossible de connaître ce qu'il y a au delà des impressions sensibles, si vraiment il peut y « exister » quelque chose<sup>1</sup> ; il refuse donc de projeter ses conceptions, atome et éther, à l'intérieur du monde réel perceptible jusqu'à ce qu'il les y ait perçues. Elles restent pour lui des idéaux valables tant qu'ils continuent à économiser sa pensée.

1. Notre notion d'« existence » est essentiellement associée à l'espace et au temps, et on peut bien se demander s'il est intelligible d'employer le mot, hors des cas où on l'associe avec ces modes de perception.

Que les conceptions de la géométrie et de la physique économisent immensément de pensée, c'est là un exemple de cet étonnant pouvoir auquel j'ai fait allusion précédemment dans cet ouvrage (p. 132), je veux parler de ce pouvoir que possède l'entendement de résumer dans des conceptions et dans de brèves formules les relations et les séquences qu'elle constate dans les matériaux fournis par la faculté de perception. Comme notre connaissance se développe, comme nos sens deviennent plus pénétrants sous l'action de l'évolution et avec le guide de la science, nous sommes contraints d'élargir nos concepts, ou d'en ajouter de complémentaires. Ces opérations ne signifient pas forcément que les concepts originaux ne sont plus valables, mais simplement que la base dont ils constituent les éléments n'est suffisante que pour classer et décrire certaines phases d'impressions sensibles, certains aspects des phénomènes. Quand notre connaissance s'étend à d'autres phases et à d'autres aspects, nous sommes forcés d'adopter de nouveaux concepts, ou de modifier et d'étendre les anciens. Nous arriverions à percevoir les choses sous des formes d'espace inconciliables avec la géométrie d'Euclide : cette géométrie n'en restera pas moins parfaitement valable en tant qu'analyse et mode de classification du vaste groupe de perceptions auquel elle s'applique aujourd'hui (voir p. 123 et la note). Si le lecteur garde présentes à l'esprit les vues exprimées ici sur les concepts de la science, il ne considèrera jamais que la science réduise l'univers à un « mécanisme sans vie », il ne prétendra pas que l'atome, l'éther ou la force sont des réalités fondamentales des impressions sensibles.

La science, comme je l'ai souvent répété, prend l'univers des perceptions comme elle le trouve, et s'efforce de le

décrire brièvement. Elle n'affirme pas la réalité perceptible de sa propre sténographie.

Un mot encore avant de quitter cet espace conceptuel, séparé par des limites continues au regard du géomètre, peuplé d'atomes et rempli d'éther pour le physicien. Si les surfaces géométriques, si les atomes et l'éther n'ont aucune réalité perceptible, comment l'esprit de l'homme y est-il parvenu historiquement ? Je crois que c'est en poussant aux limites idéales des processus qui n'ont pas de limite dans le domaine de la perception. Les phases préliminaires de la comparaison montrent en apparence uniformité et continuité, là où finalement une observation plus exacte ne fait pas ressortir de telles limites ; c'est de là que naît la conception des limites continues. L'atome, lui, est une limite conceptuelle des « corps mobiles » de la perception ; tandis que l'éther possède des propriétés que nous n'avons jamais rencontrées dans les milieux physiques de notre expérience sensible ; ce sont des limites purement idéales pour les types de milieux dont nous avons directement connaissance. Ces concepts sont eux-mêmes un produit de l'imagination, mais ils sont suggérés — presque insensiblement suggérés, — par ce que nous percevons dans le monde des phénomènes.

#### § 12. — LE TEMPS COMME MODE DE PERCEPTION

J'ai traité de l'espace plus longuement qu'il ne sera nécessaire de traiter du *temps*, car beaucoup de ce qui a été dit dans le premier cas, par exemple tout ce qui concerne la perception et la conception, s'appliquera directement au dernier. L'espace et le temps sont de caractères si semblables, que si l'espace est appelé la largeur, le temps peut être appelé la longueur du domaine de perception. De même que l'espace est un mode selon lequel la faculté de

perception distingue les objets, de même le temps est un second mode.

De même que l'espace marque la coexistence des perceptions à une époque du temps — nous mesurons la largeur de notre domaine — de même le temps marque la progression des perceptions à une position dans l'espace — nous mesurons la longueur de notre domaine. La combinaison des deux modes, ou changement de position avec changement de temps, est le *mouvement*, la manière fondamentale suivant laquelle les phénomènes se présentent à nous en conception.

Si nous avons seulement le pouvoir de percevoir des choses coexistantes, notre perception pourrait être vaste, mais elle resterait bien en deçà de ce qu'elle embrasse actuellement. Le pouvoir de « percevoir les choses séparément » par progression ou consécution est un trait essentiel de la vie consciente, sinon de l'existence. Sans ce mode-temps de la perception, les seules sciences possibles seraient celles qui traitent de l'ordre ou des relations des choses coexistantes, du nombre, de la position, et de la mesure — en d'autres termes, les sciences de l'arithmétique, de l'algèbre et de la géométrie. Les corps pourraient avoir un volume, une forme et une situation, mais la science serait incapable de traiter de la couleur, de la chaleur, du poids, de la dureté, etc., toutes choses dont nous concevons les impressions sensibles comme dépendant de notre appréciation de succession. Bref, les sciences physiques, biologiques et historiques dont le caractère essentiel est le changement, ou la succession dans la perception, seraient impossibles.

J'ai parlé de certaines branches de la science qui seraient possibles ou impossibles sans le mode-temps de perception. Je devrais plutôt dire que l'existence des *matériaux* de ces branches de la science peut ou ne peut être conçu sans le

temps. Car en vérité toute connaissance scientifique serait impossible sans le temps ; pensée implique indubitablement une association d'impressions sensibles immédiates et emmagasinées (p. 58) ; toute conception, géométrique aussi bien que physique, est basée finalement sur l'expérience perceptible, et le seul mot expérience implique le mode temporel de percevoir les choses. Cela nous conduit à ce qui, à première vue, paraît être une distinction fondamentale entre les modes espace et temps. L'espace, en tant que méthode de percevoir des choses coexistantes, de distinguer des groupes d'impressions sensibles immédiates, est associé avec le monde des phénomènes actuels que nous projetons *au dehors* de nous-même (p. 77). Pour cette raison il a été appelé un mode de perception *externe*. D'autre part, le temps est la perception de suite dans les impressions sensibles emmagasinées — la relation entre les perceptions passées et la perception immédiate. Ainsi le temps implique dans son essence mémoire et pensée — en d'autres termes, *conscience*<sup>1</sup>. En réalité, on pourrait définir la conscience comme le pouvoir de percevoir les choses séparément par *succession*. Peut-être est-il possible de concevoir la conscience comme existant sans le mode espace de la perception, mais nous ne pouvons concevoir qu'elle existe sans le mode-temps. De ce point de vue, le temps a été appelé un mode *interne* de perception. Un instant de réflexion, cependant, montre bientôt que cette distinction n'a pas grande valeur — puisque, à la vérité, aucune distinction basée sur les mots *externe* et *interne* ne peut jamais

1. Pour un enfant nouveau-né on ne peut pas dire que le temps existe — il est sans conscience (p. 55). Ce n'est que lorsque des impressions accumulées des sens résultent de l'impression sensible immédiate que la faculté de mémoire, et aussi le mode-temps de la perception, arrivent à se développer. Le reste est action réflexe, produit d'association héréditaire et inconsciente.

exister (p. 82). La perception dans l'espace est, en fait, aussi largement dépendante de l'association des impressions sensibles immédiates et emmagasinées, que la perception dans le temps. Comme nous l'avons vu, tout objet est pour nous en grande partie une construction (p. 52), et les objets coexistants que nous pouvons percevoir séparément sont très limités. Je distingue les papiers, les livres, l'encrier, les flambeaux sur ma table comme des objets séparés par le mode espace ; cependant, à chaque *instant du temps*, ce n'est qu'un très petit élément de ce complexe d'impressions sensibles qui est *immédiat*, le reste se compose d'impressions sensibles accumulées, qui sont susceptibles de devenir des impressions sensibles immédiates à l'instant prochain, mais qui n'en sont point actuellement. Ainsi dans les deux cas du temps et de l'espace, la « perception à part » est la perception d'un ordre existant entre un très petit élément d'impression sensible et un ensemble beaucoup plus vaste d'impressions sensibles emmagasinées. Nous ne gagnons donc rien à appeler l'espace et le temps des modes de perception externe et interne. Les deux modes de perception sont si habituels et pourtant si difficiles à analyser, si communs et pourtant si mystérieux, que, bien que nous reconnaissons une distinction entre les deux, nous sommes souvent difficilement sûrs de distinguer les choses soit par le temps, soit par l'espace. *Pourquoi* percevons-nous les choses sous ces deux modes ? — l'homme de science se contente de classer ce pourquoi avec tous les autres *pourquoi* comme une question oiseuse et irrationnelle ; mais on arrivera sans doute à des vues plus claires sur le *comment* de ces modes de perception avec le développement de la psychologie physiologique et avec l'observation croissante de la manière dont les êtres appartenant aux formes inférieures de la vie et les jeunes enfants distribuent leurs perceptions.

Du temps comme de l'espace nous ne pouvons affirmer une existence réelle ; le temps n'est pas dans les choses, mais dans notre façon de les percevoir. Comme nous ne pouvons rien supposer sur l'au delà des impressions sensibles, nous ne pouvons pas attribuer le temps directement ou indirectement au suprasensible.

De même que l'espace, le temps nous apparaît comme un des plans sur lesquels cette grande machine à classer, la faculté humaine de perception, dispose ses matériaux. Par les portes de la perception, par les sens de l'homme, se précipitent, quand nous sommes éveillés, impression sensible sur impression sensible ; son et saveur, couleur et chaleur, dureté et pesanteur — tous les éléments divers d'une infinie variété de phénomènes, tout ce qui forme pour nous la réalité — s'écrasent aux guichets ouverts. La faculté de perception, affinée par de longs siècles de sélection naturelle<sup>1</sup>, trie et passe au crible toute cette masse d'impressions sensibles, donnant à chacune une place et un instant. Ainsi la grandeur de l'espace ou du temps dépend, non pas d'un monde extérieur indépendant de nous-mêmes, mais de la complexité de nos impressions sensibles immédiates et emmagasinées. Infinité de l'espace ou éternité du temps n'ont pas de signification dans le domaine de la perception, parce que l'association et la succession de nos perceptions, si vastes qu'elles soient sans doute l'une et l'autre, n'exigent pas ces énormes cadres pour se montrer. Là où les sens ne perçoivent pas d'objet, il n'y pas d'espace, car il n'y a pas de groupe d'impressions sensibles à distinguer. Si je ne peux remonter plus loin la suite des phénomènes,

1. Nous ne pouvons juger des modes de perception, temps et espace, que pour des facultés de perception plus ou moins semblables à la nôtre. L'ordre des phénomènes dans l'espace et dans le temps est essentiellement conditionné par l'intensité et la qualité de la conscience (p. 105).

alors le temps cesse pour moi parce que je ne cherche pas à distinguer plus loin un ordre dans les événements. Que le lecteur s'efforce de réaliser le temps vide ou le temps sans aucune suite d'événements, et il sera bientôt prêt à admettre que le temps est un mode de sa propre perception, qu'il est limité par le contenu de son expérience<sup>1</sup>. Aussi les moments consacrés à s'extasier sur les éternités du temps sont-ils aussi mal employés que les moments perdus à méditer sur les immensités de l'espace (p. 238). Ce sont comme les moments employés à examiner le cadre d'une peinture et non son contenu, à admirer la constitution de la toile de l'artiste et non son génie. Le cadre est juste assez large et assez fort pour supporter le tableau, la toile est juste assez grande et assez solide pour soutenir les couleurs de l'artiste. Mais cadre et toile ne sont que les moyens par lesquels l'artiste nous communique ses idées ; notre admiration ne va pas à eux, elle va au contenu du tableau et à son auteur. Il en est de même du temps et de l'espace, ce ne sont autre chose que le cadre et la toile à l'aide desquels la faculté de perception développe notre expérience. Notre admiration doit aller, non à ces supports, mais au contenu complexe de la perception, à l'extraordinaire pouvoir séparateur de la faculté humaine de perception. La complexité de la nature est conditionnée par notre faculté perceptive ; le caractère compréhensif de la loi naturelle est dû au génie de l'esprit humain. C'est là, dans les puissances de percep-

1. On peut bien se demander si quelque chose qui se produit en dehors de l'expérience humaine peut être considéré comme ayant existé dans le temps de *perception*. Le temps comme tel est essentiellement le mode par lequel nous distinguons une impression sensible *immédiate* d'une succession d'impressions sensibles emmagasinées (p. 52). Que le monde ait existé pendant des millions d'années, c'est une *conception*, et la période se rapporterait plutôt à un temps conceptuel qu'à un temps perceptible. Le *futur* aussi est une notion se rattachant plutôt au temps conceptuel qu'au temps perceptible. D'ailleurs, la discussion complète de ces points ne peut être abordée en ce moment.

tion et de raison de l'homme, que résident le mystère et la grandeur de la nature et de ses lois. Ceux-là, poètes ou matérialistes, qui rendent hommage à la nature comme à la souveraine de l'homme, oublient trop souvent que l'ordre et la complexité qu'ils admirent sont un produit des facultés humaines de percevoir et de raisonner, au moins autant que la mémoire et la pensée.

### § 13. — LE TEMPS CONCEPTUEL ET SA MESURE

Le temps, comme mode de perception, est limité, nous l'avons vu, à l'étendue suivant laquelle on peut faire remonter les suites d'impressions sensibles accumulées; il marque cet ordre des perceptions qui est l'histoire de notre conscience. De là résulte clairement que le temps perceptible n'a pas de futur et n'a pas d'éternité dans le passé. Que la conscience doive persister dans l'avenir comme elle a fait dans le passé, c'est là une conception, mais non une perception. Nous percevons le passé, mais nous concevons seulement l'avenir. Comment alors, demandera-t-on, passons-nous du temps de la perception au temps de la conception, de nos suites réelles d'impressions sensibles à un mode scientifique de les décrire et de les mesurer? Évidemment il serait extrêmement embarrassant de mesurer le temps par un compte détaillé des changements de nos impressions sensibles. Imaginez le travail que ce serait de décrire toutes les phases de la conscience entre le déjeuner et le dîner pour arriver à déterminer la période qui s'est écoulée entre les deux repas. Pourtant cette méthode de considérer le temps montre clairement comment le temps est un ordre relatif des impressions sensibles, et comment il n'y a rien de semblable à un temps *absolu*. Chaque phase dans les impressions sensibles marque en elle-même une

époque du temps, et peut former la base d'une mesure du temps pour un individu en particulier. « J'ai sommeil, il est temps d'aller me coucher », dit l'enfant ; « j'ai faim, il est temps de manger », dit le sauvage, et tous deux sans penser à l'horloge ni au soleil. Heureusement pour nous, nous ne sommes pas forcés de mesurer le temps par une description de la suite de nos états de conscience. Il y a certaines impressions sensibles qui, d'après notre expérience, se répètent identiques à elles-mêmes, et qui, en moyenne, correspondent à la même routine de conscience. En premier lieu, le retour de la nuit et du jour a été observé, dès les premiers âges de l'histoire naturelle de l'homme, pour marquer approximativement les mêmes suites d'impressions sensibles ; un jour et une nuit deviennent une mesure d'un certain intervalle de conscience. Que pour l'être humain normal la même quantité d'états de conscience puisse, au moins approximativement, être contenue dans *chaque* intervalle d'un jour et d'une nuit, c'est là un fait d'expérience plutôt qu'une chose démontrable ; cela ne peut être prouvé, — cela peut seulement être senti.

Beaucoup de choses identiques se font à des intervalles de temps identiques. Quand nous disons qu'il y a quatre heures que nous avons déjeuné, nous entendons en premier lieu que la grande aiguille de notre horloge ou de notre montre a fait quatre fois le tour du cadran, impression sensible que nous pourrions, à notre gré, avoir observée. Mais comment déciderons-nous si chacune de ces quatre heures représente des quantités égales d'états de conscience, et la même quantité aujourd'hui qu'hier ? Il se peut que notre pendule ait été comparée à une horloge type, réglée peut-être sur l'observatoire de Greenwich. Mais par quoi est réglée l'horloge de Greenwich ? Sans entrer dans les détails, celle-ci est réglée en définitive par le mouvement

de la terre autour de son axe, et par le mouvement de la terre autour du soleil. En admettant, d'ailleurs, comme un résultat de l'expérience astronomique, que les intervalles jour et nuit ont une relation constante, nous pouvons ramener le réglage de notre horloge au mouvement de la terre autour de son axe. Nous pouvons régler ce qu'on appelle le « temps solaire moyen » d'une horloge ordinaire sur le « temps astronomique » dont les jours correspondent à un tour complet de la terre autour de son axe. Or si un observateur regarde une étoile dite circumpolaire, c'est-à-dire une étoile qui reste toute la journée et toute la nuit au-dessus de l'horizon, il la verra comme l'aiguille de son horloge astronomique, décrire un cercle ; l'étoile paraîtra à l'observateur décrire des parties égales de circonférence dans des temps égaux, mesurés d'après son horloge, c'est-à-dire pendant que la pointe de l'aiguille décrit des parties égales de circonférence. De cette manière les heures comptées d'après l'horloge astronomique de Greenwich, et finalement d'après toutes les montres et horloges ordinaires qu'elle règle, correspondent à des angles égaux de la rotation de la terre autour de son axe. Nous ramenons ainsi notre mesure du temps à la terre prise comme chronomètre ; nous admettons que des rotations égales de la terre autour de son axe correspondent à des intervalles de conscience égaux. Mais, toutes les horloges étant situées sur terre, comment serons-nous certains que la terre même est un chronomètre régulier ? Si la terre se mettait à tourner peu à peu plus lentement autour de son axe, comment saurions-nous qu'elle perdrait du temps, et comment en mesurer la quantité ? On pourrait répondre que nous trouverions que l'année contiendrait moins de jours ; mais alors comment pourrions-nous déterminer que ce serait le jour qui aurait augmenté et non l'année qui aurait diminué ? Ici encore on

peut objecter que nous connaissons un grand nombre de périodes astronomiques relatives au mouvement des planètes exprimées en jours, et que nous serions capables de le reconnaître par comparaison avec ces périodes. A cela nous devons répondre que la relation de ces périodes exprimées en jours et en fonction de chaque autre période, semble maintenant, il est vrai, invariable ; mais qu'arrivera-t-il si toutes ces relations ont quelque peu changé depuis mille ou cinq mille ans ? Quel corps considérerons-nous comme gardant un mouvement uniforme, quels corps considérerons-nous comme gagnant ou perdant du temps ? Ou qu'arriverait-il si, les rapports de ces périodes restant les mêmes, elles se trouvaient *toutes* avoir perdu ou gagné ? Comment pouvons-nous affirmer, dans une telle éventualité, que l'heure d'aujourd'hui est le « même » intervalle qu'il y a un millier, ou peut-être un million d'années ? Or certaines recherches sur l'action de frottement des marées rendent extrêmement probables que la terre n'est pas un chronomètre parfait, et qu'on n'a point le droit de supposer la régularité, — qui seule nous permettait d'atteindre le temps absolu, — du mouvement d'un corps quelconque d'après notre expérience sensible.

L'astronomie se récuse, et nous n'obtiendrons pas une réponse plus certaine de la physique. Supposons qu'un observateur mesure la distance parcourue par la lumière en une seconde ; est-ce là, en tout temps, un étalon fixe de la longueur d'une seconde ? Un autre observateur mille ans après mesure encore la distance pour une de ses secondes, et trouve qu'elle diffère de l'ancienne détermination. Que doit-il conclure ? La vitesse de la lumière est-elle réellement variable, le système planétaire a-t-il atteint une portion plus dense de l'éther, la seconde a-t-elle changé de valeur, ou la faute en est-elle à l'un ou à l'autre observa-

teur ? Non plus que l'astronome, le physicien ne peut nous fournir une mesure *absolue* du temps. Dès que nous nous en sommes bien rendu compte, le temps nous échappe. La terre, la seule horloge par laquelle nous puissions mesurer des millions d'années, nous fait défaut dès que nous mettons en doute sa régularité. Pourquoi une année représenterait-elle maintenant la même quantité de conscience qu'elle a pu le faire il y a quelques millions d'années ? Le mouvement absolument uniforme, par lequel seulement nous pourrions atteindre une mesure absolue du temps, nous fait défaut dans l'expérience des perceptions. Il est atteint, comme la surface géométrique, en conception, et en conception seulement, en poussant à la limite l'identité et l'uniformité approximatives que nous observons dans certains des mouvements perçus : des intervalles de temps absolus sont le moyen de conception par lequel nous décrivons la suite de nos impressions sensibles, le cadre dans lequel nous disposons les phases successives de la suite ; dans le monde même de l'impression sensible ces intervalles n'ont pas d'existence.

Newton, définissant ce que nous appelons ici le temps conceptuel, s'exprime ainsi :

« Ce temps absolu, vrai, et mathématique est conçu comme s'écoulant d'une manière uniforme, sans être affecté par l'accélération ou le ralentissement des mouvements des choses matérielles .»

Il est clair qu'un tel temps est un pur idéal, car comment pouvons-nous le mesurer s'il n'y a rien dans la sphère de la perception dont l'écoulement uniforme soit pour nous certain ? L'« écoulement uniforme », comme tout autre concept scientifique, est une limite idéale, tracée ici au moyen de cette réalité : « accélération ou ralentissement des mouvements des choses matérielles ». Mais, de même que pour les

autres concepts scientifiques, la limite idéale est d'un prix inestimable comme méthode sténographique de description. Le temps de la perception est simplement l'ordre de succession de nos impressions sensibles et n'implique pas l'idée d'intervalle absolu. Le temps conceptuel est comme un rouleau de papier blanc portant des lignes équidistantes, sur lequel nous pouvons inscrire la suite de nos perceptions, aussi bien la suite connue du passé que la suite prévue de l'avenir. Le fait que sur les réglures nous avons inscrit certaines impressions sensibles dont le retour fournit l'étalon du temps (par exemple le passage quotidien d'un corps céleste au méridien de Greenwich), ne signifie pas que ces états de conscience se succèdent l'un à l'autre uniformément, ou qu'un « écoulement uniforme » de la conscience soit en quelque manière une mesure d'un temps absolu. Cela n'indique pas autre chose que ceci : que de midi à midi l'être humain moyen subit, en grande partie, la même suite d'impression sensibles, et qu'ainsi dans l'appareil à mesurer le temps que nous avons conçu il convient d'affecter le même espace à leur inscription. Avant tout, il ne faut pas nous laisser aller à projeter le temps absolu de la conception dans une réalité de perception ; les divisions restées en blanc en haut et en bas de l'appareil que nous avons conçu ne justifient pas les rhapsodies sur les éternités passées ou futures du temps. De telles rhapsodies, qui ne sont que le résultat d'une confusion entre conception et perception, ne peuvent attribuer à ces éternités une signification dans le monde réel des phénomènes, dans le champ de l'impression sensible.

#### § 14. — OBSERVATIONS FINALES SUR L'ESPACE ET LE TEMPS

Le lecteur qui a reconnu dans l'espace perceptible et dans le temps les modes par lesquels nous distinguons des

groupes d'impressions sensibles, qui a saisi que les infinités et les éternités sont des conceptions, non des réalités du monde réel des phénomènes, sera préparé à admettre les importantes conclusions qui dérivent de ces vues pour la vie pratique et pour la vie intellectuelle. Si l'individu porte en lui l'espace et le temps comme ses modes de perception, il apparaît que le domaine du miracle est transporté d'un monde mécanique extérieur de phénomènes à la faculté perceptive individuelle. Cette conclusion en soi n'est pas d'un faible avantage pour éclaircir nos idées sur des recrudescences de superstition telles que le spiritisme et la théosophie. Si l'espace et le temps doivent être anihilés, cela ne peut être fait une fois pour toutes; il faut que cela se produise pour chaque faculté perceptive individuelle. Quand, par exemple, les théosophes nous disent que, se plaçant hors des limites de l'espace et du temps, ils peuvent, de leurs salons de Londres, communiquer avec leurs adeptes de l'Asie centrale, ils disent en réalité que *leurs propres* facultés perceptives peuvent distinguer des groupes d'impressions sensibles suivant d'autres modes que les modes d'espace et de temps qui caractérisent la faculté de perception normale. Ils n'ont pas supprimé *notre* espace ni *notre* temps, mais seulement les leurs. Ils déclarent simplement que leurs modes de perception sont différents des nôtres. Si, par une longue expérience, nous constatons dans l'homme une faculté de perception normale qui coordonne uniformément les impressions sensibles dans l'espace et le temps, nous sommes bien fondés à classer la minorité infinitésimale qui souffre de modes anormaux de perception avec les extatiques et les fous. Ils ont perdu par maladie, ou, par tendance atavique, ils n'ont pu développer la faculté normale de perception d'un homme en bonne santé — la *mens sana in corpore sano*.

Autre conclusion non moins précieuse : il est oiseux de regarder comme existant dans l'espace, ou comme se passant dans le temps, quelque chose qui ne peut être matière à perception. Tout ce qui par sa nature est au delà de l'impression sensible, au delà de la sphère de perception, ne peut ni exister dans l'espace ni se passer dans le temps, ni par conséquent servir de base à la conception scientifique de causation, c'est-à-dire de succession uniforme, résultat auquel nous sommes déjà parvenus en partant d'un point de départ un peu différent (pp. 162 et 236). A mon sens pour celui qui voit nettement que l'espace et le temps sont des modes de perception, la plupart des formes de superstition et d'obscurité se réduisent à néant, et le champ de la connaissance se trouve délimité avec précision.

#### SOMMAIRE

1. — L'espace et le temps ne sont pas des réalités du monde phénoménal; ce sont les modes suivant lesquels nous percevons les choses séparément. Ils ne sont pas infiniment étendus ni infiniment divisibles; ils sont essentiellement limités par le contenu de notre perception.

2. — Les concepts scientifiques sont, en règle générale, des limites que l'on trace en imaginant des opérations qui peuvent avoir leur point de départ, mais non être poussées jusqu'au bout, dans la perception. L'origine historique des concepts de la géométrie et de la physique peut être esquissée de cette façon. La science n'affirme pas que les concepts de surface géométrique, d'atome et d'éther, ont une existence réelle, au dedans ou au delà des phénomènes; ils valent comme méthodes sténographiques de décrire la corrélation et la succession des phénomènes. De ce point de vue on peut aisément apprécier la signification de l'espace et du temps conceptuels, et l'on évite le danger de projeter les infinités et les éternités idéales dans le monde réel des perceptions.

## BIBLIOGRAPHIE

HUME (David). — *A Treatise on Human Nature* (1739), livre I, partie II. Des idées d'espace et de temps. Green and Grose : *Works of Hume*, vol. I pp. 334-371.

KANT (Emmanuel). — *Kritik der reinen Vernunft* (1781) Eleman-  
tarlehre, 1<sup>re</sup> partie. *Sämmtliche Werke*, édition Hartenstein,  
volume III pp. 58-80.

On trouvera un bon exposé des vues de Kant dans la *Geschichte der Philosophie* de Kuno Fischer, livre III pp. 312-349. Un aperçu en est donné aux pages 218-20 du *Handbook of the History of philosophy* de Swegler (traduction anglaise de J.-H. Stirling Edimbourg 1879).

Aucun des auteurs de manuels de géométrie ou de physique ne s'est encore hasardé à exposer comment l'espace et le temps conceptuels, sur quoi se fondent leurs sujets d'étude, se rattachent à l'expérience sensible. Le lecteur trouvera une bonne partie de ce qu'il est utile de connaître dans *Philosophy of the pure Science* (1873) de Clifford, dans *Lectures and Essays*, vol. I, pp. 254-340 du même auteur, et dans ses « *Of boundaries in General* » *Seeing and Thinking* (1880) pp. 127-156.

On trouvera une critique des vues de Hume aux pages 230-254 de la *General Introduction to Hume's Works* de Green, vol. I. Les doctrines de Kant ont été combattues par Trendelenburg et Ueberweg. Références dans l'*History of Philosophy* du dernier auteur (Londres, 1894) aux pages 158, 330 et 523 du second volume.

Un exposé suggestif se rapportant non seulement à l'espace et au temps, mais à la position et au mouvement peut encore être emprunté à la *Physique* d'Aristote. Voir spécialement E. Zeller, *Die philosophie der Griechen*, partie II, § 2 p. 384-408, Ueberweg, *loc. cit.* vol. I pp. 163-166. Le lecteur ne doit pas se laisser décourager par l'opinion peu autorisée exprimée, à propos des idées d'Aristote sur l'espace et le mouvement, par George Henry Lewes dans « *a Chapter from the History of Science* (Aristotle), London 1864. p. 128 et suivantes.

## CHAPITRE VII

### LA GÉOMÉTRIE DU MOUVEMENT

#### § 1. — LE MOUVEMENT EN TANT QUE MODE MIXTE DE PERCEPTION

Nous avons vu dans le chapitre précédent qu'il y a deux modes d'après lesquels la faculté perceptive distingue les éléments de la perception, à savoir, celui d'espace et celui de temps.

La combinaison de ces deux modes à laquelle nous donnons les noms variés de changement, mouvement, accroissement, évolution, peut être appelée le mode *mixte* d'après lequel se forme toute perception<sup>1</sup>. La science, par conséquent, si nous en exceptons les branches spéciales, traitant des modes d'après lesquels nous percevons et nous concevons, est essentiellement en quelque sorte une description du contenu de la perception, une description du changement ou de la variation. Pour dresser un tableau mental de l'univers, pour en figurer à larges traits les caractéristiques,

1. Trendelenburg voit dans le mouvement réel ou construit la base de toute perception et de toute conception. Il essaie de montrer que la conception de mouvement n'implique pas les notions d'espace et de temps qu'il fait dériver de la conception de mouvement elle-même. Je ne pense pas qu'il y ait réussi, mais son essai est instructif car il montre combien la perception et la conception sont essentiellement liées au mouvement (Voir ses *Logische Untersuchungen*, 2<sup>e</sup> édit., chap. v à viii. Leipzig, 1862).

la science a introduit la conception des formes géométriques ; pour décrire la suite naturelle des perceptions, et former une sorte d'atlas historique de l'univers, la science a introduit la conception des formes géométriques variant avec le temps. L'analyse de cette conception est ce que l'on appelle la *géométrie du mouvement*.

La géométrie du mouvement est donc le mode conceptuel d'après lequel nous classons et nous décrivons les changements perceptibles.

Sa valeur ne dépend pas de sa correspondance absolue avec tout ce qui existe dans le monde réel — correspondance à laquelle fait obstacle le caractère idéal des formes géométriques — elle dépend du pouvoir que la géométrie nous donne de résumer brièvement les faits perçus ou d'économiser de la pensée<sup>1</sup>.

La géométrie du mouvement a été appelée, en termes techniques, *cinématique*, du mot grec *κίνημα* signifiant

1. Le terme *Economie de pensée* dont l'origine est due, je crois, au professeur Mach, de Vienne, comprend en lui-même une suite très importante d'idées. Sa valeur devient encore plus significative si nous rappelons combien la pensée dépend des impressions accumulées des sens et qu'il est difficile de ne pas reconnaître à ces impressions, ainsi qu'à leur nexus (association), un aspect physique ou cinétique, qui caractérise les *empreintes* d'après notre terminologie (p. 53). L'économie de pensée se trouve ainsi intimement associée à une économie d'énergie. Le champ des perceptions est si étendu, leur suite naturelle si variée et si complexe qu'aucun cerveau isolé ne pourrait conserver une vue claire des rapports du plus petit groupe sans les descriptions sténographiques fournies par les conceptions de la science. Le Dr Wallace, dans son *Darwinisme*, déclare qu'il ne voit aucune raison justifiant l'existence de purs hommes de science, en particulier de mathématiciens, dans l'hypothèse de la sélection naturelle. Même en ne tenant pas compte de ce fait qu'une grande facilité pour les sciences théoriques marche de pair avec d'autres aptitudes au développement de l'activité cérébrale, nous pouvons encore, à mon avis, expliquer l'existence des purs scientifiques de la même façon que le Dr Wallace lui-même expliquerait l'existence des abeilles ouvrières.

Leurs fonctions ne leur permettent pas, individuellement, de survivre dans la lutte pour l'existence mais ils sont une source de force et d'efficacité pour la société qui les produit. La solution de la difficulté signalée par le Dr Wallace est, je crois, dans le fait que le profit social de la science résulte de l'économie d'énergie intellectuelle.

mouvement. Elle nous apprend à représenter et à mesurer le mouvement d'une manière abstraite, en s'adressant à des types particuliers de mouvement qu'une longue série d'expériences et une observation très attentive du monde des phénomènes nous ont indiqués comme les mieux capables de mettre en évidence les changements particuliers dans la sphère des perceptions. Lorsque nous appliquons ce que nous avons appris dans la géométrie du mouvement à ces types particuliers — types *naturels*, comme on peut convenablement les appeler — et que nous examinons quels sont leurs rapports, nous sommes alors conduits à ce que l'on appelle les *Lois du mouvement*, et à ces conceptions de *Masse* et de *Force*<sup>1</sup> desquelles dépend notre description physique de l'univers. Ces lois formeront les sujets des chapitres suivants, mais, afin de mieux reconnaître notre chemin à travers le labyrinthe métaphysique qui obstrue actuellement l'entrée de la physique, nous consacrerons quelques lignes à la discussion des notions élémentaires de la cinématique.

§ 2. — ANALYSE CONCEPTUELLE D'UN CAS DE MOUVEMENT PERCEPTIBLE. MOUVEMENT D'UN POINT

Nous obtiendrons, je crois, le mieux possible des idées claires sur le mouvement en examinant un cas familier de changement physique et en cherchant à le décomposer en types simples qui puissent être aisément étudiés à l'aide des notions géométriques.

Prenons par exemple le cas d'un homme montant un escalier dont le trajet peut comporter plusieurs paliers et plusieurs détours.

1. La Force n'étant pas la cause, mais la mesure du mouvement.

Les changements des impressions sensibles pendant l'ascension de l'homme offrent un caractère extrêmement complexe et nous voyons tout de suite combien il serait difficile, sinon impossible, de décrire tout ce que nous percevons. Non seulement la position de l'homme sur l'escalier varie, mais encore ses mains et ses jambes changent constamment de position, par rapport à son corps, tandis que son corps lui-même tourne, oscille, modifie sa forme.

Pour simplifier, fixons tout d'abord notre attention sur un petit élément de sa personne ; suivons de l'œil, par exemple, le premier bouton de son gilet. Notre première observation, c'est que ce bouton occupe une série de positions parfaitement continue depuis le commencement jusqu'à la fin de l'ascension.

Il ne peut exister aucune interruption de cette série de positions dans toute l'étendue de l'escalier, autrement, à strictement parler, le bouton aurait cessé de former un groupe permanent d'impressions ; il ne se distinguerait plus des autres groupes dans le mode espace. En langage ordinaire, il devrait « avoir quitté notre espace pour y revenir de nouveau », phénomène absolument contraire à l'expérience de la faculté perceptive humaine normale. Si nous enlevons le bouton du gilet, nous pouvons encore concevoir qu'il se meuve le long de l'escalier précisément de la même façon que lorsque l'homme le portait, — soutenu par exemple par une main invisible. Il est évident que ce mouvement du bouton, s'il nous est complètement connu, nous fera connaître une bonne partie du mouvement de l'homme. Sans doute, il ne nous indiquera pas comment l'homme remuait ses jambes et ses bras, mais il nous indiquera très bien combien l'homme mettait de temps pour aller d'un palier à un autre, s'il montait rapidement ou lentement. Cependant, nous sommes encore loin de voir clairement comment nous

pourrions décrire le mouvement du bouton de façon à concevoir à l'aide de notre description, une répétition possible de ce mouvement. Le bouton, comme l'homme, comporte plusieurs éléments et la question se pose de nouveau de savoir comment décrire les mouvements de tous ces éléments.

Laissons maintenant notre imagination aller un peu plus loin ; supposons l'escalier incrusté dans une grande masse de cire molle et supposons que le bouton, encore guidé par la main invisible, se meuve le long de l'escalier, précisément de la même façon que lorsqu'il était fixé sur le gilet de l'homme, mais en traçant maintenant son chemin à travers la cire. Le passage du bouton formera comme une sorte de long tube creux à travers notre masse de cire, allant du bas jusqu'au haut de l'escalier. Ce tube n'aura pas nécessairement partout la même ouverture car, en raison du mouvement de l'homme, le bouton aura pu se mouvoir plus ou moins obliquement. Toutefois, plus le bouton sera petit, plus le tube formé à travers la cire sera petit.

Nous supposerons maintenant un long brin de fil de fer rigide passé à travers le tube et fixé solidement à ses extrémités. La cire, et par conséquent aussi l'escalier, peuvent maintenant être enlevés et alors, si une perle est passée sur le fil de fer et se meut sur le fil de fer de la même façon que le bouton le long du tube, nous pourrions décrire une bonne partie du mouvement du bouton à l'aide de celui de la perle. Imaginons maintenant que le fil de fer devienne de plus en plus mince et la perle de plus en plus petite jusqu'à concevoir que le fil de fer devienne une ligne ou courbe géométrique et la perle un point géométrique. Le mouvement du point idéal le long de la courbe idéale représentera, avec une grande exactitude, le mouvement d'un bouton extrêmement petit le long d'un tube de section

extrêmement faible à travers la cire. Le lecteur sera peut être porté à se demander pourquoi nous n'avons pas commencé par dire : « Considérons un point de l'homme, son mouvement nous donnera une courbe allant du haut en bas de l'escalier. » La réponse consiste en ceci : c'est que nous ne pouvons *percevoir* un point.

Par la pensée, nous arrivons au point en portant à la limite le procédé perceptif qui consiste à prendre un élément de l'homme de plus en plus petit ; d'après les étapes intermédiaires que nous avons indiquées, de l'homme au bouton, à la perle et au point géométrique, on voit comment on laisse de côté à chaque étape certains éléments du mouvement perceptible jusqu'à ce que l'on parvienne, à la limite, à un mouvement idéal susceptible d'être aisément décrit.

Le mouvement d'un point le long d'une courbe est le mouvement idéal le plus simple que nous puissions étudier. D'ailleurs, ce simple mouvement ne nous permet évidemment pas de classer et de décrire très exactement nombre de nos perceptions relatives au mouvement de l'homme.

Lions le bouton au point et l'homme au bouton ; en supposant que le point se meuve en entraînant avec lui le bouton et l'homme, nous avons là un moyen de décrire une bonne partie du mouvement réel de l'homme. Le moment où celui-ci commence son mouvement, où il s'arrête, où il va vite, où il va lentement, le temps qu'il met pour aller d'un palier à l'autre, tout cela peut être déduit du mouvement du point. Naturellement, le mouvement du point ne suffit pas pour décrire entièrement le mouvement de l'homme, par exemple les culbutes qu'il a pu faire en montant l'escalier.

Sur les excentricités du mouvement de l'homme, le mouvement du point ne peut rien nous apprendre. Alors même que l'homme eût été incapable de mouvoir ses bras, ses

jambes, sa tête, etc. — qu'il eût été un corps *rigide* — le déplacement du point serait incapable de décrire complètement son mouvement.

Comme corps rigide, l'homme peut avoir tourné tout autour du point sans changer son mouvement. A-t-il gravi l'escalier face en avant ou à reculons, la tête la première ou les pieds les premiers, ou bien encore partie d'une façon et partie de l'autre ? Il est clair que le mouvement du point ne peut rien nous dire de tout cela. Le mouvement du point ne peut rien nous apprendre quant au mouvement de rotation du corps rigide autour du point. Il ne nous fera pas connaître, à chaque instant du mouvement, à quelle direction l'homme faisait face, quel était son *aspect* et de plus comment il modifiait son aspect ou tournait autour du point. La description du mouvement du point idéal devrait être complétée, même en supposant que l'homme soit un corps rigide, par la description du mouvement de rotation.

Le premier type de mouvement correspondant au changement de position, est appelé *mouvement de translation* ; le second type correspondant au changement d'aspect d'un corps rigide, est appelé *mouvement de rotation*.

### § 3. — LES CORPS RIGIDES, IDÉAUX GÉOMÉTRIQUES

De même que le premier type de mouvement est décrit par la conception purement idéale d'un point se mouvant le long d'une courbe, on peut également faire dépendre le second type d'une notion géométrique, celle d'un corps *rigide* tournant autour d'une *ligne* passant par un *point*.

Que devons-nous entendre, tout d'abord, par le terme corps *rigide* ? L'homme, en réalité, remue ses membres, courbe son corps et généralement modifie sa forme à chaque instant du mouvement.

Le lecteur peut être porté à dire : remplacez l'homme par une table de bois ou une chaise et vous aurez un corps rigide. Mais ceci n'est qu'une forme populaire de langage ; ce que nous cherchons, c'est une définition exacte ou scientifique de la rigidité. Une pareille définition est habituellement donnée dans les termes suivants : on dit qu'un corps reste rigide pendant la durée d'un mouvement déterminé, lorsque la distance entre deux quelconques de ses points reste invariable pendant toute la durée du mouvement.

Mais nous voyons de suite que, dans cette définition, nous avons remplacé le corps réel, le groupe des impressions de nos sens qui forme une partie du tableau construit par notre faculté perceptive, par un corps géométrique idéal possédant des « points », et que c'est une propriété de ce corps — existant seulement sur la carte idéale où la conception projette les perceptions — que nous définissons. Il est bien certain que l'idéal géométrique d'un corps rigide représente mieux une chaise en bois que le corps flexible d'un homme ; encore, qu'est-ce qu'un point de la chaise et qu'est-ce que la distance entre deux points ? Comment puis-je affirmer, d'une façon précise, que de semblables distances restent invariables pendant le mouvement ? La véritable idée de distance, en toute clarté, implique la conception géométrique de points et ne correspond à rien dans notre expérience<sup>1</sup>.

1. Nous disons, par exemple, que la *distance* de Londres à Cambridge est de 55 milles ; c'est une méthode pratique de décrire les impressions d'un voyage entre ces deux villes et de le distinguer d'un voyage de 56 ou 54 milles. Mais qu'entendons-nous exactement ? De l'église de Stepney à celle de Sainte-Marie ? S'il en est ainsi, de quelle partie de l'une à quelle partie de l'autre ? ou encore est-ce de la pierre située près de la porte de l'église de Stepney à la dernière borne milliaire près de Sainte-Marie ? S'il en est ainsi, de quel côté de la première pierre à quel côté de l'autre ? A la fin, nous arrivons nous-mêmes à la conception d'un point de chaque pierre — aucune marque perceptible ne peut résoudre la difficulté : de quel endroit à quel endroit ? Nous sommes

La rigidité paraît ainsi une limite idéale qui, par la concentration de notre attention sur un groupe spécial de perceptions, forme un bon instrument de classification.

Bien qu'il soit commode, pour la description de quelques types de mouvements, de remplacer la chaise de bois par un corps d'une rigidité idéale pris dans la sphère de nos conceptions, le physicien affirme pourtant que, pour classer d'autres phases d'impressions, il est obligé d'admettre que la chaise n'est *pas* rigide et il ajoute que sa faculté de perception lui permet de mesurer les changements de position relative des éléments de cette chaise. Il ne peut décrire les réactions mécaniques entre les différentes parties de la chaise sans supposer qu'elle est élastique et cette élasticité implique des changements de forme. Par exemple, les réactions entre les parties de la chaise changent lorsque cette dernière est posée sur son dossier au lieu d'être posée sur ses pieds, et la chaise change de forme dans ces deux positions. Un semblable changement de forme a lieu même si la chaise ne fait que tourner.

Cette variation de forme ne résulte pas seulement de ce que la chaise est en bois — elle se réaliserait également si la chaise était en fer ou en toute autre substance.

Le changement de forme est perceptible dans de nombreux cas ; dans la plupart des cas nous pouvons déterminer idéalement sa grandeur.

Ainsi, loin que le corps rigide soit une limite qui puisse être atteinte par la perception, notre expérience semble indiquer que la conception de rigidité ne correspond à rien de ce qui existe dans le monde réel des phénomènes. Nous percevons que la plupart des corps changent de forme, et lorsque

obligés de conclure que l'idée de distance est une limite de la perception, limite inestimable pour classer notre expérience, mais qui ne correspond pas d'une façon exacte à une réalité perceptible.

nous ne le percevons pas, la physique nous oblige à le concevoir. Ainsi, la rigidité est une propriété tout à fait analogue à celle des surfaces sphériques de la géométrie.

Ces dernières ne correspondent exactement à rien de ce qui est compris dans notre expérience et nous ne pouvons même pas concevoir une surface continue comme une limite qu'on puisse atteindre par la perception. Cependant, la rigidité et la surface sphérique sont l'une et l'autre des bases précieuses de classification. En remplaçant les corps réels par des corps rigides idéaux, nous sommes capables, bien que négligeant leur changement de forme, de classer et de décrire une longue série de nos perceptions du mouvement.

D'ailleurs, pour classer d'autres perceptions, nous concevons que les mêmes corps ne sont point rigides, que leurs formes varient; nous mesurons actuellement les changements réels de forme que, dans une autre branche de notre examen de l'univers physique, nous négligeons à dessein.

#### § 4. — CHANGEMENT D'ASPECT OU ROTATION

Lorsque nous transportons notre corps mobile de la sphère des perceptions dans celle des conceptions par l'hypothèse de la rigidité, nous remarquons encore que les notions d'aspect impliquent aussi des conceptions géométriques.

Considérons notre corps rigide, mobile autour d'un point, la question qui se pose est de savoir comment nous pouvons distinguer un aspect déterminé d'un autre? Il est clair que la notion de direction implique celle d'une ligne, mais le changement de direction *d'une seule* ligne ne sera pas suffisant pour décrire le changement d'aspect. Si C (fig. 3) représente le point fixe autour duquel le corps est mobile et si A est un autre point défini du corps, la ligne CA peut prendre une nouvelle position CA'; mais le changement de

position de  $CA$  à  $CA'$  ne détermine pas complètement l'aspect du corps. Car il n'y a rien pour indiquer de combien le corps a pu tourner autour de la ligne  $CA$  pendant que cette ligne prenait la position  $CA'$ . Nous sommes amenés, par conséquent, à prendre un second point  $B$  et une seconde direction  $CB$ ; si nous connaissons alors la nouvelle position  $CB'$  prise par  $CB$  ainsi que la nouvelle position  $CA'$  de  $CA$ , nous aurons déterminé d'une façon absolue le changement d'aspect du corps.

Le lecteur se rendra très aisément compte qu'en donnant les nouvelles positions de deux points déterminés  $A$  et  $B$  du corps rigide, nous avons complètement déterminé sa position.

Il est facile de montrer que le mouvement des deux lignes  $CA$  et  $CB$  prenant les nouvelles positions  $CA'$  et  $CB'$  peut être obtenu aussi en faisant tourner le corps d'un certain angle autour d'une certaine ligne de direction  $CO$ <sup>1</sup>.

1. Ceci peut être démontré à l'aide de la géométrie élémentaire, de la façon suivante :

Supposons que le triangle  $CBA$  vienne occuper la position  $CB'A'$ .

Joignons  $AA'$  et  $BB'$  et soit respectivement  $M$  et  $N$  les points milieu de  $AA'$  et  $BB'$ .

Menons par  $CM$  un plan perpendiculaire à  $AA'$  et par  $CN$  un plan perpendiculaire à  $BB'$ . Ces 2 plans se coupent suivant une ligne passant par  $C$ , puisque  $C$  est commun aux deux.

Soit  $O$  un autre point quelconque de cette ligne, joignons-le à  $M$  et à  $N$ ,  $OM$  et  $ON$  sont respectivement perpendiculaires à  $AA'$  et à  $BB'$ .

Dans les triangles  $AOM$ ,  $A'OM$ ,  $AM$  et  $A'M$  sont égaux,  $OM$  est commun et les angles en  $M$  sont droits, il en résulte que les troisièmes côtés  $OA$  et  $OA'$  sont égaux; pour les mêmes raisons,  $OB$  et  $OB'$  sont aussi égaux. Par suite, les trois distances du point  $O$  aux sommets du triangle  $ABC$  sont respectivement égales aux distances du même point  $O$  aux sommets du triangle  $A'B'C$ .

Par suite, les deux tétraèdres ayant leur sommet en  $O$  et leurs bases en  $ABC$ ,  $A'B'C$  sont égaux comme ayant toutes leurs arêtes égales deux à deux.

L'un d'eux peut donc être considéré comme une nouvelle position de l'autre. Ils ont de plus la même arête  $OC$ . Par suite l'un des tétraèdres peut être amené dans la position de l'autre par rotation d'un certain angle autour de l'arête  $OC$ . C'est-à-dire que le triangle  $CBA$  peut être amené dans la position  $CB'A'$  par rotation d'un certain angle — l'angle des deux plans  $BOC$  et  $B'OC$  — autour de la ligne  $OC$ .

Ainsi, la façon dont nous concevons que le changement d'aspect puisse être décrit et mesuré est essentiellement géométrique ou idéale. Elle est liée à la conception d'une ligne droite, fixe dans le corps et fixe dans l'espace, autour de laquelle tourne le corps. Elle implique de plus la concep-

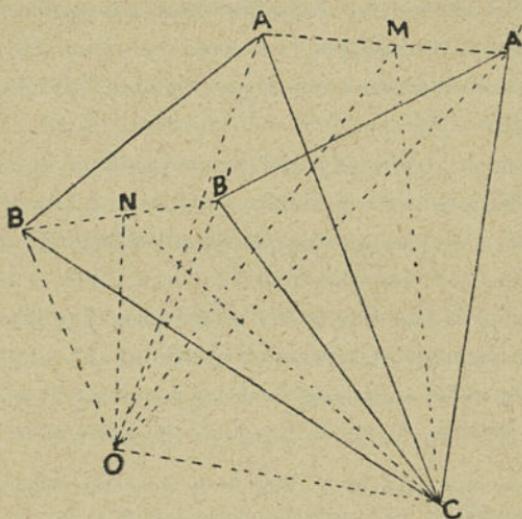


Fig. 3.

tion de corps tournant d'un certain angle. Mais un angle, suivant la définition d'Euclide, est l'inclinaison de deux lignes. Par suite notre description du changement d'aspect dépend de la conception de lignes existant dans le corps rigide. C'est une description pleinement *conceptuelle* ; de même que l'idée du mouvement d'un point, celle-ci constitue un puissant moyen de distinguer et de classer nos expériences du mouvement perceptible.

### § 5. — DÉFORMATION, ÉLASTICITÉ

Jusqu'ici, nous avons analysé le mouvement de l'homme

montant un escalier en considérant le mouvement d'un point idéal de cet homme et en considérant celui-ci comme un corps rigide tournant autour du point, en changeant d'aspect. Il nous reste maintenant à examiner comment, lorsque le point occupe une position déterminée et que l'homme a un aspect déterminé, nous pouvons supprimer la condition de rigidité et décrire la façon dont l'homme peut mouvoir ses membres, changer sa forme, altérer les distances relatives de ses parties. Ce changement de forme s'appelle, en terme technique, *élasticité*; sa description et sa mesure forment la troisième grande division de l'étude du mouvement idéal des corps.

Nous ne pouvons, dans cet ouvrage, entrer dans une discussion technique de la description et de la mesure scientifique de l'élasticité, mais nous pouvons, pour notre but actuel, vérifier si la théorie de l'élasticité fait partie, comme celle de la translation d'un point et celle de la rotation d'un corps rigide, du domaine des idées pures. Il y a deux aspects fondamentaux de l'élasticité que la plupart d'entre nous reconnaissent consciemment ou inconsciemment. Ce sont le changement de grandeur sans changement de forme et le changement de forme sans changement de grandeur. Prenez un ballon de caoutchouc creux, et insufflez de l'air dans son intérieur. Il augmentera de volume sans nécessairement changer de forme. Sa forme était sphérique, elle reste sphérique, seulement le ballon est plus volumineux.

Nous concevons le ballon représenté par une sphère et le changement du volume dépend du changement du diamètre. Le rapport de l'accroissement du diamètre à la longueur primitive peut être pris pour mesure de l'élasticité. Ce rapport s'appelle l'*allongement* et l'on peut démontrer que, pour un petit accroissement de volume, le rapport de cet accroissement de volume au volume initial est à très

peu près égal à trois fois l'allongement du diamètre <sup>1</sup>. Ce dernier rapport se nomme *dilatation*, c'est une mesure du changement de volume. Pour mesurer le changement de volume, nous devons donc mesurer les diamètres dans les deux conditions du corps.

Mais, bien que le diamètre soit suffisamment défini, dans le cas d'un corps idéal, par une ligne droite terminée par

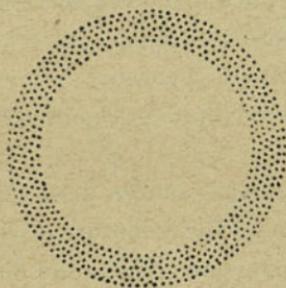


Fig. 4.

deux points, c'est une grandeur qui, en toute rigueur, n'a aucune signification lorsque nous avons affaire à des corps perceptibles. Si le corps n'a aucune limite continue, mais est constitué, comme le pense le physicien, par une masse d'atomes très petits que nous ne pouvons distinguer individuellement et dont

nous ne pouvons pas mesurer les distances mutuelles, il est clair que le seul diamètre dont nous puissions parler est celui d'une sphère idéale par laquelle nous remplaçons le ballon perceptible.

Il en est du changement de volume comme du changement de forme. Nous basons en fait notre système de

1. Les volumes des corps de forme semblable sont entre eux comme les cubes de leurs longueurs correspondantes. Si  $V$  et  $V'$  sont le volume initial et le volume final,  $d$  et  $d'$  la longueur initiale et la longueur finale,  $\frac{V'}{V} = \frac{d'^3}{d^3}$ , si  $s = \frac{d' - d}{d}$  ou  $d' = d(1 + s)$ , un petit calcul algébrique élémentaire nous donne pour la dilatation  $\delta$  :

$$\delta = \frac{V' - V}{V} = \frac{d'^3 - d^3}{d^3} = (1 + s)^3 - 1 = 3s + 3s^2 + s^3 = \text{appro-}$$

ximativement  $3s$  si  $s$  est très petit ce qui arrive le plus souvent, par exemple, dans le cas d'un métal,  $s = \frac{1}{1000}$  serait une valeur plutôt grande ; or en prenant  $\delta = 3s$ , nous ne négligerions qu'environ  $1/1000^2$  de la valeur de  $\delta$ .

mesure sur des conceptions qui sont capables de décrire et de classer nos perceptions, mais qui ne sont pas des limites réelles de la perception.

Un changement de forme sans changement de volume peut être réalisé de la façon suivante : prenons une pièce de tissu de soie ou de toute autre matière peu élastique, puis traçons sur cette pièce un rectangle dont les côtés ont une longueur de quelques pouces et sont parallèles à la chaîne et à la trame du tissu.

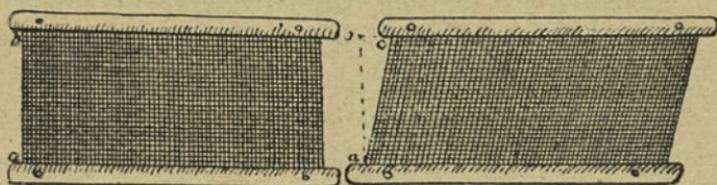


Fig. 5.

Fig. 6.

Si ce rectangle est fixé en haut et en bas, entre deux barres de bois parallèles, prises entre le pouce et l'index de chaque main, un glissement des supports, parallèlement à leur direction, produira un changement de forme sans changement de volume.

La grandeur d'une telle déformation dépendra du changement d'inclinaison de la chaîne et de la trame l'une par rapport à l'autre, — c'est-à-dire de la différence qui existe, après la déformation, entre leur angle et un angle droit. Mais ce changement d'angle n'a une signification que si nous supposons que le fil de chaîne et le fil de trame sont des lignes droites. En d'autres termes, pour obtenir une mesure de la déformation, nous remplaçons la chaîne et la trame perceptibles par un réseau géométrique,

Ce type d'élasticité est appelé *élasticité de glissement* ; tous les changements de forme sans changement de volume

peuvent être, idéalement, décomposés en glissements <sup>1</sup>.

En outre, on peut établir qu'un changement de forme quelconque peut être décomposé en allongements et en glissements <sup>2</sup>, ou en changements de longueurs et changements d'angles. Mais, dans le cas de glissements et dans celui d'allongements à mesurer, nous sommes obligés de nous référer à des notions géométriques ; dans les deux cas, nous remplaçons le corps perceptible par un corps idéal formé de points, de lignes et d'angles. Ainsi, toute la théorie de l'élasticité fait partie des procédés conceptuels par lesquels on distingue et l'on décrit les perceptions et non ce qui est inhérent à ces perceptions elles-mêmes.

#### § 6. — FACTEURS DU MOUVEMENT CONCEPTUEL

Nous avons pris comme point de départ un homme montant un escalier et nous avons vu par notre analyse que la description conceptuelle de son mouvement nous amène à étudier : *a*) le mouvement d'un point, *b*) le mouvement d'un corps rigide autour d'un point fixe, *c*) le mouvement relatif des différentes parties du corps ou son élasticité. Ce sont les trois grandes divisions de la cinématique ou géométrie du mouvement. Dans chacune de ces divisions nous nous trouvons ramenés aux concepts idéaux de la géométrie. Nous mesurons des distances de points et des angles de lignes qui ne sont pas des limites réelles de notre expé-

1. Du point de vue technique, le glissement n'est pas mesuré par le changement d'angle ou par l'angle *bac* de la figure 6, mais par la tangente trigonométrique de cet angle, ou encore par le rapport de la longueur *bc* à la longueur *ba* — en d'autres termes par le rapport entre la quantité dont la chaîne s'est déplacée, et la longueur de la trame.

2. On trouvera une théorie élémentaire de l'élasticité dans les *Éléments de Dynamique* de Clifford, 1<sup>re</sup> partie, p. 158-90, ou dans *Cinématique et Dynamique* de Macgregor, p. 166-84. Le lecteur peut aussi se reporter aux paragraphes 8 et 13, empruntés par l'auteur au chapitre II, de l'ouvrage « *Common Sense of the exact sciences* » de Clifford.

rience. Ainsi, nos idées de mouvement nous apparaissent comme des modes idéaux de décrire et de classer les suites naturelles des impressions sensibles ; ce sont de purs symboles à l'aide desquels nous résumons et nous exprimons les changements continuels et variés subis par le tableau que nous présente notre faculté perceptive. Plus le lecteur saisira complètement et clairement ce fait, plus volontiers il admettra que la science est une *description* conceptuelle et une classification de nos perceptions ; une théorie de symboles qui économisent de la pensée. Elle n'est l'explication d'aucune chose. Elle n'est pas un *plan* qui réside dans les phénomènes eux-mêmes. La science peut être définie comme un tableau de classification, comme les pages successives de nos impressions sensibles, qui n'expliquent en aucune façon ce qui est proprement contenu dans cet étrange livre de la vie <sup>1</sup>.

Des trois types de mouvements qui viennent d'être signalés au lecteur, le premier, le mouvement d'un point est celui qui, pour notre sujet actuel, est le plus important. Le reste du présent chapitre sera donc consacré à sa discussion.

1. Les résultats extrêmement complexes qui sont déduits des principes les plus simples de la théorie planétaire ont souvent été considérés comme formant un *dessin* de l'univers. On a souvent confondu l'univers avec la conception d'un esprit infini. Mais la base conceptuelle de la théorie planétaire dépend de notions géométriques. Ainsi, si la théorie planétaire répond à notre but de *description*, elle ne saurait être la *conception* d'après laquelle l'univers fut *dessiné*, car la conception ne se trouve nulle part réalisée d'une manière perceptible. Avec ses matériaux doués de propriétés particulières, le charpentier nous fera une boîte conforme à notre description géométrique mais qui, en réalité, ne sera pas géométrique. En ne se servant de *rien*, mais avec le pouvoir absolu de réaliser une conception en perception, il nous aurait fait, d'après notre plan géométrique, une boîte géométrique.

Les notions géométriques peuvent résulter, en tant que limites, de l'univers matériel : ce dernier ne saurait dériver des premières.

Les sensations matérielles doivent certainement avoir précédé les conceptions géométriques ; en tout cas, la théorie planétaire n'est nullement la conception d'après laquelle l'univers fut créé de rien.

Le lecteur excusera, j'en suis sûr, le caractère quelque peu technique de ce chapitre ; sans la théorie du mouvement d'un point, il serait impossible d'analyser les notions fondamentales de *matière* et de *force*, d'interpréter correctement les lois du mouvement.

§ 7. — MOUVEMENT D'UN POINT. — CARACTÈRE RELATIF  
DE LA POSITION ET DU MOUVEMENT

Le mouvement a été considéré comme un changement de position, mais si nous essayons de représenter la position d'un point nous devons le faire *par rapport à quelque chose autre*.

Si l'espace est un mode de distinguer les choses, nous devons avoir au moins deux choses à distinguer avant de pouvoir parler de position dans l'espace. La position d'un point est donc relative, relative à quelque chose autre, que pour le moment nous supposerons être un second point. La position absolue dans l'espace, de même que l'espace absolu lui-même (p. 233), n'a pas de signification. Désignons par la lettre P un point, et par la lettre O un autre point, appelé *origine de référence*, à partir duquel nous mesurons les positions relatives du point P. La distance OP nous indiquera la position du point P par rapport à O ; mais dans notre espace idéal, il y a en général, une quantité d'autres points ou de corps géométriques autres que O que nous désirons distinguer de P ; à cet effet, nous devons donner ce que l'on appelle une direction à la distance OP.

Nous déterminerons, par exemple, si OP est dirigé vers le nord ou vers le sud ; vers le sud-ouest ou le nord-est, vers le haut ou vers le bas<sup>1</sup>. Et ce n'est même pas suffisant.

1. Dans l'espace conceptuel qui correspond le plus exactement à l'espace perceptible — appelé espace à trois dimensions — nous sommes

Nous devons aussi donner le sens de cette direction, dire par exemple si elle est représentée par  $op$  ou par  $op'$  (fig. 7), ou bien dire si elle va du sud-ouest au nord-est ou du nord-est au sud-ouest. Ainsi, si nous voulons fixer une position dans l'espace par rapport au point  $O$ , nous devons le faire en mesurant les distances à partir de  $O$ , dans des directions données et avec des sens donnés. Il nous faut connaître la distance et l'*orientation*<sup>1</sup> à partir du point  $O$  pour déterminer complètement un point  $P$ .



Fig. 7.

Pour représenter géométriquement la position de  $P$  par rapport à  $O$ , nous pouvons tracer un segment de droite ( $op$ ) comprenant autant d'unités de longueur de notre échelle qu'il y a d'unités de distance de  $O$  à  $P$ , la ligne droite ayant la

obligés, pour marquer la position relative de tous les corps possibles de prendre *trois* points origines (qui ne doivent pas être en ligne droite) afin de fixer les directions. Dans tout ce chapitre, nous entendrons par la position d'un point  $P$  par *rapport* à un autre point  $O$ , le segment *dirigé*  $OP$ , et par mouvement du point  $P$  par *rapport* au point  $O$ , la variation de ce segment dirigé  $OP$ . On trouvera une définition plus complète de la *position* dans le chapitre placé sous ce titre par l'auteur dans l'ouvrage de Clifford « *Common sense of the exact Sciences* ».

1. Avec la signification que nous donnons ici aux termes, une ligne a une direction mais n'a pas d'orientation. Il nous faut ajouter à la direction la conception de sens pour nous former une idée de l'orientation.

même direction que cette distance et portant une flèche pour indiquer le sens.

Une ligne indiquant en distance, direction et sens, la position relative du point P par rapport au point O se nomme un *vecteur*. Ce vecteur nous fait voir comment change la position de O à P. Marchons de tant de pieds avec telle ou telle orientation, et nous passerons de O à P.

La conception de l'orientation est si importante que nous devons en dire encore quelques mots. La simple connaissance de la distance de P à O définit un point quelconque d'une sphère ayant pour centre le point O. Pour fixer un point de cette sphère, il nous faut connaître au moins deux autres points ou éléments indépendants. Par exemple, l'un d'eux pourra être un point que nous pouvons appeler le « pôle »  $z$  de la sphère. Le pôle opposé à  $z$  ne pourrait pas être choisi comme second point, car il n'est pas indépendant du premier; il est obtenu par l'intersection de la droite  $zo$  avec la sphère. L'équateur correspondant à l'axe polaire  $oz$  ne peut servir non plus, car il n'est encore point indépendant de  $oz$ . Mais un point  $x$  de cet équateur est indépendant de  $oz$  et peut très bien convenir. Le plan qui passe par les lignes  $oz$  et  $ox$  coupe la sphère suivant un méridien, prenons le méridien  $zox$ , que nous appellerons méridien origine, pour nous aider à déterminer l'orientation. Si nous menons une ligne perpendiculaire à ce méridien origine, elle coupera le cercle équateur en un point  $y$ ; le système de droites  $ox$ ,  $oy$ ,  $oz$  perpendiculaires deux à deux peut être convenablement appelé un *système de référence*. Il y a d'autres manières de déterminer l'orientation, mais toutes peuvent se ramener à la considération d'un système de référence. Avant de nous représenter le mouvement d'un point P, il importe que nous ayons choisi une « origine de référence » O, pour

donner la distance, et un « système de référence »  $ox$ ,  $oy$ ,  $oz$  pour donner l'orientation.

Si le point P est en mouvement et si nous connaissons à chaque instant le vecteur OP, nous aurons une image complète de la suite naturelle de ses positions, nous connaissons le mouvement du point P par rapport au point O et à son système de référence. Le lecteur remarquera soigneusement le fait de la relativité du mouvement ; le mouvement absolu, de même que la position absolue, est inconcevable. On conçoit qu'un point P décrit une trajectoire par rapport à quelque chose autre.

Ainsi, le bouton du gilet de l'homme se mouvait relativement à l'escalier qui représente le système de référence, mais l'escalier tourne à raison peut-être de 4.000 milles à l'heure autour de l'axe de la terre, pendant que la terre elle-même tourne à raison de 66.000 milles à l'heure autour du soleil. Le soleil à son tour se meut vers la constellation de la Lyre à près de 20.000 milles à l'heure pendant que la Lyre elle-même est sans doute animée d'un mouvement rapide par rapport aux autres étoiles qui, loin d'être *fixes*, peuvent parcourir des milliers de milles à l'heure les unes par rapport aux autres.

Évidemment, non seulement nous ne pouvons dire à combien de milles à l'heure chacun de nous traverse l'espace, mais encore cette expression elle-même n'a aucune signification. Nous ne pouvons envisager que la rapidité avec laquelle une chose se meut par rapport à une autre puisque toutes les choses sont en mouvement et qu'aucune ne peut être prise comme chose type qui soit, d'une manière absolue, « au repos ».

Est-il correct de dire que la terre tourne actuellement autour du soleil ou que le soleil tourne autour de la terre ? l'un ou l'autre ou ni l'un ni l'autre ; ce sont

deux conceptions qui décrivent des formes de notre perception.

Par rapport à la terre, le soleil décrit approximativement une ellipse dont la terre est un foyer ; par rapport au soleil, la terre décrit approximativement une ellipse dont le soleil est un foyer. Relativement à Jupiter, aucune des deux expressions n'est correcte. Pourquoi, alors, disons-nous qu'il est plus scientifique de supposer que la terre tourne autour du soleil ? Simplement pour la raison suivante : Si le soleil est pris comme centre du système planétaire, nous pouvons décrire idéalement la routine de nos perceptions beaucoup plus clairement et plus brièvement qu'en prenant la terre pour centre.

Aucun de ces systèmes n'est la description d'un mouvement absolu existant réellement dans le monde des phénomènes. Chacun d'eux réalise la relativité du mouvement et la symétrie du système planétaire est regardée comme dépendant, pour la plus grande part, du point de vue duquel nous le percevons. On peut aisément se rendre compte que la théorie des ellipses planétaires est un mode de description particulier aux habitants du système solaire.

#### § 8. — POSITION. — CARTE DE LA TRAJECTOIRE

Par rapport au point  $O$  et à son système de référence, notre point  $P$  décrit une courbe continue, ou trajectoire, et sa position à chaque instant du mouvement est donnée par le vecteur  $OP$ . Pour que le lecteur puisse se former une idée plus claire de ce que nous allons dire, nous supposons que le mouvement a lieu dans un plan et représente certaines de nos perceptions journalières. Nous supposons que le point  $O$  est pris comme limite idéale représentant

Charing-Cross, P sera le point qui représente le mouvement idéal de translation d'un train du chemin de fer métropolitain et la courbe de la figure 8 représentera le même chemin de fer à l'échelle de 1/20 de pouce pour 1 « furlong ».

Les points  $P_1, P_2, P_3 \dots P_{16}$  marquent les stations successives entre Aldgate et South Kensington.

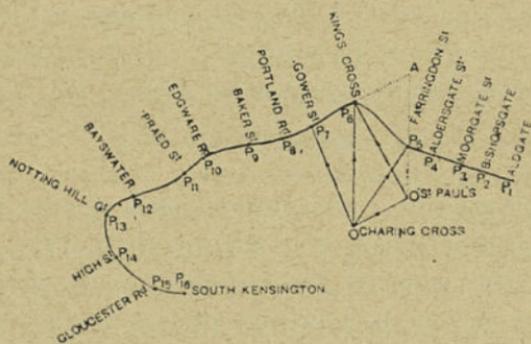


Fig. 8.

Un vecteur tel que  $OP_6$  déterminera exactement une certaine position du train par rapport à Charing-Cross.

Le lecteur notera un résultat important au sujet de ces vecteurs. Supposons que nous ayons déterminé la position de  $P_6$  par rapport à  $O'$  — soit Saint-Paul — au lieu de  $O$ .

Nous voyons tout de suite qu'il y a deux façons de décrire la position de  $P_6$  par rapport à  $O'$ . Nous pouvons, soit suivre directement le vecteur  $O'P_6$ , soit aller d'abord de  $O'$  en  $O$  et de  $O$  en  $P_6$ . Ces deux derniers chemins conduisent exactement au même résultat final que le premier.

La science n'est pas seulement une économie de pensée, elle est aussi, ce qui est presque la même chose, une économie de langage. Par suite, il nous faut un mode sténographique d'exprimer l'équivalence du résultat final des deux opérations. On l'obtient en écrivant :

$$O'O + OP_6 = O'P_6$$

ce qui s'exprime littéralement ainsi : en parcourant à partir de  $O'$  le vecteur  $O'O$  et ensuite le vecteur  $OP_6$ , le point qui est finalement atteint sera le même qu'en parcourant directement le vecteur  $OP_6$  à partir de  $O'$ .

Le lecteur doit bien faire attention à ne pas confondre cette addition géométrique avec une addition arithmétique ordinaire. Par exemple, si  $OO'$  a une longueur de 8 furlongs,  $OP_6$  une longueur de 10 furlongs et  $OP_6$  de 12 furlongs, à première vue il semblerait qu'on ait posé :

$$8 + 12 = 10,$$

ce que l'on regarde comme absurde. Mais ce n'est absurde que pour l'arithméticien. Pour le géomètre, 8, 12 et 10 peuvent être les longueurs des vecteurs directs ; il sait que s'il suit un vecteur de 8 furlongs puis un de 12 il, peut en réalité ne s'être éloigné de sa position d'origine que de 10 furlongs. Comment se fait-il alors que l'arithméticien soit arrêté ? Évidemment, parce que nous devons le supposer incapable de se mouvoir dans toutes les directions de l'espace ; nous l'assujettissons à se mouvoir le long d'une seule et même ligne droite. Dans ce cas, un vecteur de 8 suivi d'un vecteur de 12 formera toujours un vecteur de 20, comme nous l'enseigne l'arithmétique. En résumé, la supériorité du géomètre consiste dans sa faculté de *tourner les coins*.

Revenons un peu en arrière et remarquons que l'addition des vecteurs,  $O'O + OP_6 = OP_6$  peut être représentée d'une manière légèrement différente. Menons la ligne  $O'A$  parallèle à  $OP_6$  et  $P_6A$  parallèle à  $OO'$ , nous avons alors complété le parallélogramme construit sur  $O'O$  et  $OP_6$  ; la ligne  $OP_6$  joignant deux sommets opposés, est appelée une diagonale ; de là la règle suivante :

En construisant un parallélogramme sur deux vecteurs,

la diagonale mesure un vecteur équivalent à la somme des deux premiers. Cette règle est ce que l'on nomme l'addition par la *loi du parallélogramme*, et nous voyons que les vecteurs au moyen desquels nous mesurons les positions relatives, ou déplacements, obéissent à cette loi. Cette loi équivaut à l'addition géométrique. Son importance réside dans ce fait que toutes les conceptions de la géométrie du mouvement, les déplacements, les vitesses, les rotations et les accélérations peuvent se représenter par des vecteurs qui obéissent à la loi du parallélogramme. C'est-à-dire que nous ajoutons ensemble *géométriquement* et non arithmétiquement les vitesses, les rotations et les accélérations.

Bien que l'espace dont nous disposons ne nous permette pas de démontrer ce résultat pour toutes les conceptions de la cinématique<sup>1</sup>, le lecteur fera bien de s'en souvenir comme d'un principe important auquel nous aurons l'occasion de revenir.

### § 9. — L'HORAIRE GRAPHIQUE

Jusqu'ici nous avons vu comment la position d'un point P relativement à un point O peut être déterminée à chaque instant du temps. Nous voulons d'ailleurs savoir comment la position varie et comment cette variation peut être décrite et mesurée. Pour cela, nous devons examiner comment le déplacement  $OP_6$ , par exemple, devient le déplacement  $OP_7$ . Dans notre formule géométrique,  $OP_7 = OP_6 + P_6P_7$ , et le vecteur  $P_6P_7$  mesure le changement de position.

Il nous faut alors une mesure convenable de la façon dont ce changement varie avec le temps. Pour mettre le lecteur à même de mieux saisir notre but, nous essaie-

1. Pour les démonstrations, voir *Elements of Dynamic* de Clifford, « Velocities », p. 59, « Spins », p. 123-4.

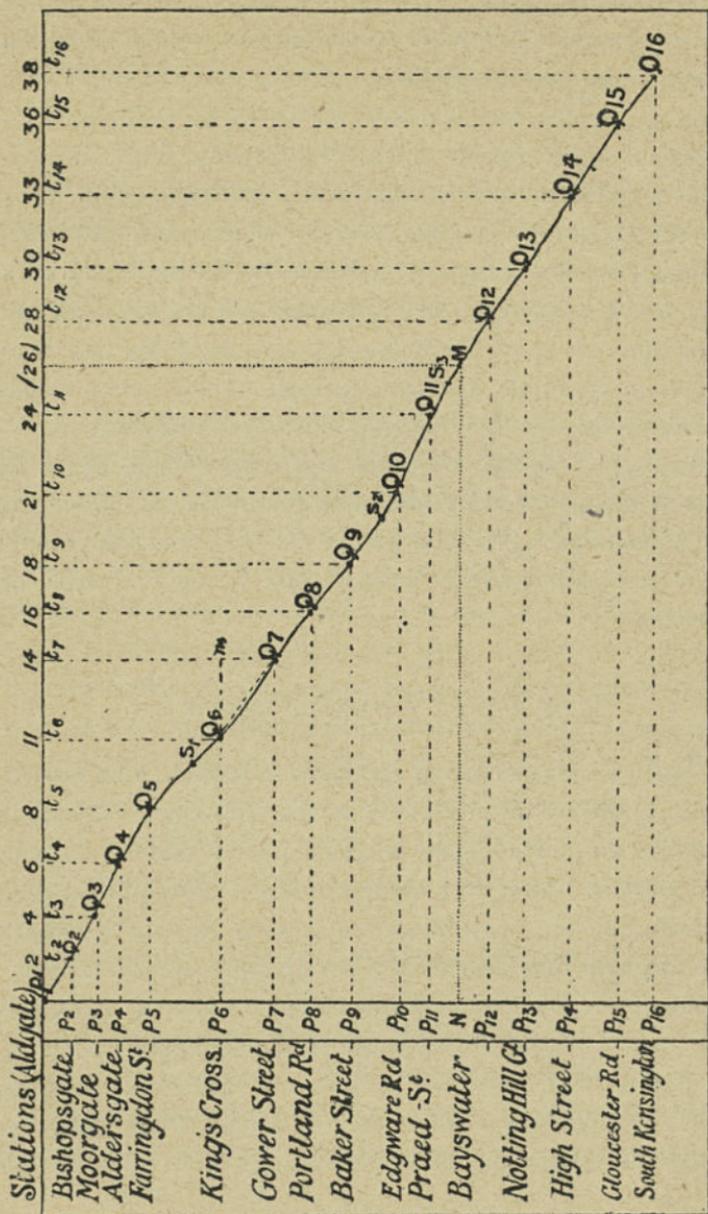


Fig. 9.

rons de représenter géométriquement une colonne du *Bradshaw*, ou plus particulièrement, d'une partie de l'horaire du métropolitain, correspondant aux stations marquées sur la figure 8.

Le long du côté gauche de la figure 9, sont indiqués les noms des stations représentées dans la figure 8 par les points  $P_1 P_2 P_3 P_4 \dots P_{16}$ . Ils sont placés comme dans le *Bradshaw*, sur une ligne verticale. Mais nous modifierons un peu cette disposition. Le guide place les stations à des distances égales les unes des autres et ne donne aucune indication sur les distances réelles qui les séparent.

Nous les placerons verticalement de manière que  $1/20$  de pouce représente un furlong ou  $2/5$  de pouce représente un mille, de sorte qu'une échelle graduée en pouces et appliquée le long de la verticale, fixe la distance entre deux quelconques des stations.

Puis, sur la ligne horizontale passant par  $P_1$ , nous placerons (ou nous *porterons* comme on dit) le nombre de minutes que le train met pour aller d'Aldgate à chacune des autres stations. Ainsi, les temps portés dans une colonne verticale du *Bradshaw* sont, dans ce cas, rangés horizontalement. Mais nous placerons ces temps à des distances telles que  $1/8$  de pouce représente une minute ou que les minutes entre deux quelconques des stations puissent être évaluées immédiatement à l'aide de notre échelle graduée. Pour relier chacune des stations à son temps correspondant, nous mènerons par la station une ligne horizontale PQ et par le temps correspondant une ligne verticale tQ. Ces deux lignes se rencontrent en un point Q et nous obtenons une série de points  $Q_1, Q_2, \dots Q_{16}$ , sur notre diagramme, correspondant aux seize stations.

A première vue, cette disposition semblera une forme

assez incommode du *Bradshaw*, car chaque train exige une page entière du volume <sup>1</sup>.

Cependant, le lecteur doit attendre que nous ayons vu si notre page n'est pas capable de nous fournir beaucoup plus de renseignements qu'une simple colonne du *Bradshaw*. Il est clair que ce que nous avons fait pour les stations, nous pouvons le faire également pour tous les postes de signaux  $S_1, S_2, S_3, \text{etc.}$ , de la ligne et non seulement pour chaque poste de signaux, mais encore pour tous les points de la ligne que nous choisissons pour observer le moment auquel le train passe. Nous obtenons de la sorte une série de points :  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, S_1, Q_6, Q_7, Q_8, Q_9, S_2, \text{(etc.)}$  qui donnent de plus en plus la forme d'une courbe à mesure que nous en augmentons le nombre. Nous joindrons ces points par une courbe continue et, pour simplifier, nous supposerons que notre train est un train de marchandises allant sans arrêt d'Aldgate à South-Kensington, autrement, notre courbe présenterait à chaque station un segment de ligne droite horizontale. Cette courbe doit être soigneusement distinguée de la carte de la trajectoire de la figure 8 ; elle ne nous indique rien au sujet de la direction vers laquelle se meut à chaque instant le train, — elle ne nous dit pas s'il se dirige vers le nord, vers le sud ou vers toute autre direction. Mais, adjointe à la figure 8, elle nous indique exactement le temps que met le train pour atteindre, non seulement chaque station, mais encore toute position située entre les deux terminus ; ou, inversement, elle nous indique la position exacte du train à tout moment, dans les trente-huit

1. De semblables *Bradshaws* géométriques, comportant toutefois, plusieurs courbes de trains par page, sont utilisés par les directeurs du mouvement de plusieurs chemins de fer français. Je possède un fac-simile de celui de Paris-Lyon contenant environ 30 ou 40 courbes de trains et indiquant les points de passage, les arrêts et les vitesses des trains correspondants.

minutes qui suivent le départ d'Aldgate. A quelle distance, par exemple, se trouvait le train au bout de vingt-six minutes ? Pour répondre à cette question, nous devons prendre sur la ligne horizontale, ou *axe des temps*, 26 huitièmes de pouce, puis mener une ligne verticale qui coupe la courbe en un point M ; une ligne horizontale passant par M coupe la verticale, ou *axe des distances*, en un point N situé entre Praed-Street et Bayswater et une échelle divisée en  $\frac{2}{5}$  de pouce, appliquée le long de P<sub>1</sub>N, nous indique à combien de milles le train se trouve de Praed Street. Un procédé inverse nous fera connaître le temps qui sépare de l'axe des distances une position déterminée.

Notre indicateur géométrique, ou notre *horaire graphique*, comme nous pouvons l'appeler, nous donne ainsi beaucoup plus de renseignements que le *Bradshaw*. De plus, il est évident qu'un pareil graphique peut être dressé idéalement pour le mouvement de chaque point et que, utilisé conjointement avec une carte de la trajectoire, il représente complètement le mouvement le plus complexe d'un point

Par suite, pour de tels mouvements, le problème fondamental est d'obtenir la trajectoire et l'horaire graphique <sup>1</sup>.

#### § 10. — INCLINAISON ET PENTE

Si nous examinons l'horaire graphique, nous voyons qu'il existe une différence considérable entre ses inclinaisons aux différents points ; d'autres mouvements nous donneraient sous ce rapport des différences encore plus grandes.

1. L'idée de représenter par un graphique des variations dans le temps a été généralement attribuée à Galilée ; je ne sais pas par quelle autorité. Un *graphique de vitesses* se trouve dans ses *Discorsi* mais je ne pense pas que ce soit là ce qu'on peut appeler un graphique du temps.

Remarquons que si nous diminuons le temps de parcours entre deux stations,  $P_{10}$  et  $P_{11}$ , nous devrions rapprocher la ligne  $Q_{11} t_{11}$  de la ligne  $Q_{10} t_{10}$ , et le résultat est que la courbe devient plus inclinée entre  $Q_{10}$  et  $Q_{11}$ . Par contre, si nous diminuons l'espace parcouru pendant un temps donné, la courbe devient moins inclinée, et finalement horizontale si le train s'arrête à une station. Ainsi, l'*inclinaison de la courbe*

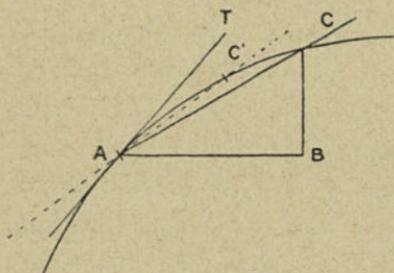


Fig. 10.

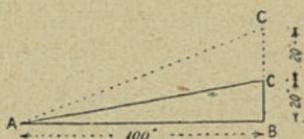


Fig. 11.

de l'horaire graphique correspond en quelque sorte à la vitesse du train. Nous arrivons ainsi à deux conceptions nouvelles qui ont besoin d'être définies et mesurées, à savoir celles d'*inclinaison* et de *vitesse*. Sur la figure 11, se trouvent une ligne droite horizontale AB et une ligne inclinée AC. Il est clair que plus l'angle BAC sera grand, plus la ligne AC sera inclinée et plus grande sera la hauteur que nous devons atteindre pour la distance horizontale AB. Si AB vaut 100 pieds, et CB, la verticale passant par B, 20 pieds, nous aurons monté de 20 pieds pour une distance horizontale de 100, ou bien, puisque l'inclinaison de la droite AC est la même en tous les points, nous nous élèverons de 2 pieds pour 10 pieds, ou de 200 pieds pour 1000 pieds, ou d'un cinquième de pied pour un pied<sup>1</sup>.

1. Cela résulte de la proportionnalité des côtés correspondants de triangles semblables (Voir Euclide, liv. VI).

Or, d'après l'arithmétique élémentaire, les rapports de 20 à 100, de 2 à 10, de 200 à 1 000 et de  $\frac{1}{5}$  à 1, sont tous égaux et peuvent s'exprimer par la fraction  $\frac{1}{5}$ . Cette fraction est ce que l'on nomme la *pente* de la ligne droite AC; c'est une mesure convenable de son inclinaison.

La pente est donc le nombre d'unités ou la fraction de l'unité que nous avons gravi verticalement pour une unité de distance horizontale. La pente étant une mesure convenable de l'inclinaison d'une ligne droite, nous avons maintenant à chercher comment on peut mesurer l'inclinaison d'une ligne courbe. Soit, sur la figure 10, A et C deux points d'une ligne courbe qui ne présente pas de changement brusque de direction en A<sup>1</sup>. Menons maintenant la ligne, ou comme on dit la sécante AC. Si nous nous déplaçons sur la courbe de A à C, ou sur la sécante de A à C, nous nous élevons de la même distance verticale BC pour la même distance horizontale AB. La pente de la sécante AC est ce que l'on appelle la *pente moyenne* de la portion AC de la courbe parce que, bien que l'inclinaison puisse varier de A à C, le résultat final CB pour AB aurait été obtenu par la pente moyenne uniforme de la droite AC. Mais cette idée de pente moyenne ne détermine pas la pente réelle de la courbe en un point A.

Que le lecteur imagine maintenant que la courbe AC est un brin de fil de fer courbe et la sécante AC un brin de fil de fer droit et de plus que de petits anneaux entourent les deux brins en A et C. Nous supposerons idéalement, que les fils de fer deviennent infiniment minces de façon à se rapprocher autant que nous le voudrions des courbes géométri-

1. A doit se trouver sur « la courbure continue », ainsi que l'exprime Newton. Cette condition est importante, mais pour la discussion complète de l'inclinaison des courbes, nous renvoyons le lecteur aux pages 44-7 des *Elements of Dynamics* de Clifford, 1<sup>re</sup> partie.

ques idéales. L'anneau A étant alors fixé solidement au point A, déplaçons l'anneau C le long du fil de fer courbe vers A. Dans son mouvement, le fil de fer droit prend d'abord la position AC' et finalement, lorsque l'anneau C vient en A, occupe la position AT. Dans cette position, la ligne droite est ce que l'on appelle la *tangente* à la ligne courbe au point A.

Comme la pente de la droite AC ou de la droite AC' mesure la pente moyenne de la courbe de A à C ou de A à C', la pente de la sécante dans sa position de contact ou *tangente*, mesure la pente moyenne d'une portion infiniment petite de la courbe autour de A. La pente de la tangente est alors ce que l'on nomme la mesure de la pente de la courbe en A. Il est clair que cette idée de mesurer la pente moyenne d'une longueur infiniment petite de courbe, fournit une méthode inappréciable de description. Elle représente d'ailleurs une limite qui, pas plus qu'une courbe ou qu'une ligne, ne peut être obtenue par l'expérience perceptive.

§ 11. — LA RAPIDITÉ CONSIDÉRÉE COMME UNE PENTE.  
VITESSE

Parvenus maintenant à une conception qui nous permet de mesurer l'inclinaison d'une courbe en chacun de ses points — à savoir, la pente de la tangente en ce point — nous pouvons revenir à la courbe de notre horaire graphique et nous demander ce que nous entendons par sa pente. Reprenons la figure 9, nous remarquons que la pente moyenne de la portion  $Q_6 Q_7$  de la courbe correspondant au parcours entre King's Cross et Gower-Street est  $Q_7 m$  pour  $Q_6 m$  ou, puisque  $Q_7 m = P_6 P_7$  et  $Q_6 m = t_6 t_7$ , elle est  $P_6 P_7$  pour  $t_6 t_7$ .

Mais  $P_6 P_7$  représente, à une certaine échelle, le nombre de milles qui séparent les deux stations et  $t_6 t_7$  représente, à

une autre échelle, le nombre de minutes entre les deux stations. Ainsi, la pente, qui, dans un cas, est une certaine élévation pour une certaine longueur horizontale, se trouve être, dans un autre cas, un certain nombre de milles pour un certain nombre de minutes.

Mais un certain nombre de milles pour un certain nombre de minutes, c'est exactement ce que nous entendons par la rapidité moyenne du train : entre King's Cross et Gower-Street, le train a augmenté sa distance d'Aldgate de tant de milles dans tant de minutes. La manière dont s'effectue un changement de distance pendant un temps fini est ainsi déterminée par la pente de la corde correspondante de la courbe du temps. Le taux moyen du changement de distance, ou la *rapidité moyenne* dans un intervalle donné, est donc représenté par la pente de la corde.

Du reste, il est évident qu'en faisant varier la longueur de la corde  $Q_6Q_7$  — en rapprochant par exemple  $Q_7$  de  $Q_6$  — nous obtiendrons différentes rapidités moyennes pour différentes longueurs du parcours au delà de King's Cross. Plus le temps que nous considérons sera petit, plus la corde sera inclinée, plus grande sera la rapidité moyenne.

La conception de la limite de cette rapidité moyenne est alors formée, par exemple celle de la rapidité moyenne, pour un temps infiniment petit après le départ de King's Cross : cette rapidité moyenne se définit, la *rapidité réelle* au passage de King's Cross. Nous voyons tout de suite que la rapidité réelle sera mesurée par la pente de la tangente à la courbe du temps puisque cette tangente est, d'après notre définition, la limite de la sécante. Ainsi, la rapidité, réelle à chaque instant du mouvement, est déterminée par l'inclinaison de la courbe du temps au point correspondant ; elle est mesurée, en milles par minute, par la pente de la tangente en ce point.

Nous voyons donc que notre horaire graphique n'est pas seulement comme le *Bradshaw*, un simple horaire, mais qu'il constitue aussi un diagramme de la rapidité variable du train tout le long de son parcours.

Relativement à la rapidité, il y a quelques points dont le lecteur se souviendra utilement. En premier lieu, la rapidité est une quantité numérique, elle est égale à une pente dont l'unité est représentée par une unité verticale par unité horizontale. En second lieu, à moins que la courbe du temps comporte une portion de ligne droite, la rapidité doit changer continuellement de grandeur d'un point à un autre de la courbe. Si la courbe est une ligne droite, on dit que la rapidité est *uniforme*, dans le cas contraire, elle est *variable*. Enfin, si nous nous reportons à la carte de la trajectoire (fig. 8, p. 303), nous voyons que l'*orientation* du mouvement, de même que la rapidité, varie d'un point à un autre de la trajectoire. Nous souvenant de notre définition de la tangente, nous remarquons que la direction du mouvement en un point P est celle de la tangente en P et de plus qu'elle a un *sens* — par exemple, le mouvement s'effectue de P<sub>6</sub> vers P<sub>7</sub> et non de P<sub>7</sub> vers P<sub>6</sub> — le changement dans le mouvement s'opère donc de deux façons : changement de grandeur ou changement de rapidité; et changement d'orientation. Afin de représenter ce changement d'une façon encore plus claire, nous nous formerons une conception nouvelle, celle de la rapidité avec une certaine orientation et nous appelons *vitesse*, la combinaison de la rapidité et de l'orientation.

Pour représenter complètement la vitesse, par exemple dans la position P<sub>6</sub>, nous devons, par conséquent, combiner la rapidité et l'orientation ; la rapidité est la pente de la tangente en Q<sub>6</sub> (fig. 9 p. 306); lorsque les unités d'espace et de temps ont été choisies, c'est simplement un nombre. L'orien-

tation est la direction de la tangente à la trajectoire en  $P_6$  (fig. 8) prise avec son sens, celui de  $P_6$  à  $P_7$ . De même que le déplacement, la vitesse peut donc être représentée par un vecteur, la grandeur du vecteur mesure la rapidité, sa direction indique la direction du mouvement et la flèche donne le sens du mouvement.

### § 12. — DIAGRAMME DES VITESSES OU HODOGRAPHE. ACCÉLÉRATION

Comme il est incommode de se reporter à deux figures différentes — la carte de la trajectoire et l'horaire graphique — pour déterminer la vitesse, nous construirons une nouvelle figure de la façon suivante : d'un point I menons une série de rayons  $IV_1, IV_2, IV_3, IV_4, \dots, IV_{16}$ , parallèles aux tangentes aux points successifs  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_{16}$  et portons sur ces rayons dans le sens du mouvement, autant d'unités de longueur qu'il y a d'unités dans les vitesses du mouvement en ces différents points. Par ce procédé, chacun des rayons constituera un vecteur représentant la vitesse au point correspondant de la trajectoire. Si nous faisons cela pour un très grand nombre de positions, les points  $V_1, V_2, V_3, \dots$ , formeront une série se rapprochant de plus en plus d'une courbe. Cette courbe est appelée l'*hodographe*, de deux mots grecs signifiant « description de la trajectoire ». Le mot est quelque peu mal choisi car la courbe n'est pas une « description de la trajectoire », mais une description du « mouvement sur la trajectoire » c'est plutôt un *kinesi-graphe* qu'un hodographe.

La figure 12 est supposée représenter l'hodographe du mouvement faisant l'objet de nos figures 8 et 9<sup>1</sup>. Ainsi

1. Le véritable hodographe exigerait un grand nombre de points tels que V pour déterminer exactement sa forme. Les changements divers

tandis que les rayons de la carte de la trajectoire (fig. 8, p. 303) donnent les positions du point P par rapport à O, les rayons de l'hodographe donnent les vitesses du point P par rapport à O. Si nous possédons l'horaire graphique et la carte de la trajectoire, nous pouvons construire le diagramme des vitesses. Lorsque celui-ci est construit, il

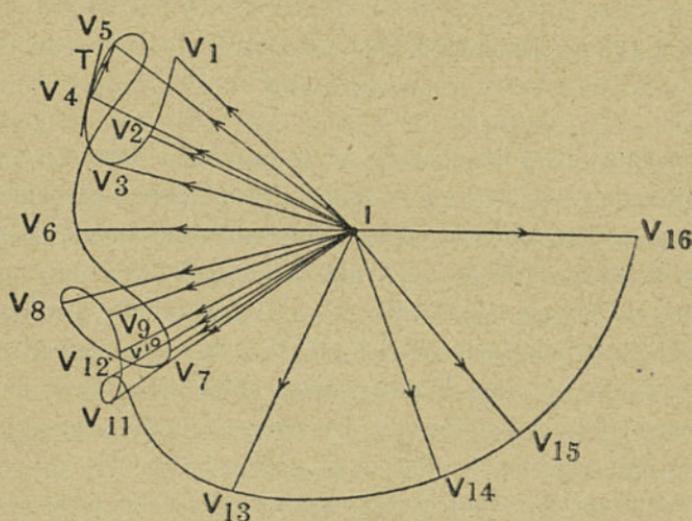


Fig. 12.

donne une représentation exacte de la façon dont le mouvement varie à la fois en grandeur et en direction. Examinons maintenant l'hodographe d'un peu plus près. Il se compose d'un point ou *pôle* I et de rayons IV allant de ce pôle à une courbe  $V_1, V_2, V_3 \dots V_{16}$ . C'est exactement ce en quoi consiste la carte de la figure 8. Dans cette figure, nous avons un pôle O et des rayons OP allant de ce pôle à une courbe  $P_1, P_2, P_3 \dots P_{16}$ .

de la direction du chemin de fer (voir fig. 8, p. 303) font que la courbe de l'hodographe change de direction, tandis que les légers changements de vitesse en produisent les enchevêtrements.

Dans le cours du mouvement, le point P passe sur toute l'étendue de cette courbe et, de la même façon, nous pouvons considérer que le point V se meut tout le long de la courbe de l'hodographe. Le rayon IV serait, dans chaque position, le déplacement de V par rapport à I.

Maintenant la question suivante se pose: le mouvement du point V sur sa courbe a-t-il une signification pour le mouvement du point P sur sa trajectoire? Supposons que nous considérions l'hodographe comme la carte d'un second mouvement et que nous construisions d'abord l'horaire graphique, puis l'hodographe de ce mouvement, que représenteront les rayons de ce second hodographe? Une sorte de règle de trois logique nous fournira la réponse à cette question. Les rayons du second hodographe sont, par rapport au mouvement du point V, ce que sont les rayons du premier hodographe par rapport à la carte de la trajectoire. Mais nous avons vu que les rayons du premier hodographe mesurent les vitesses du point P sur sa trajectoire et que ces vitesses sont une mesure convenable de la façon dont varie le rayon OP ou la position de P relativement à O.

Il en résulte que les rayons du second hodographe mesurent les vitesses du point V sur le premier hodographe et que ces vitesses sont une mesure convenable de la façon dont varie le rayon OV ou la vitesse du point P relativement à O.

Ainsi, la vitesse de V sur l'hodographe est la mesure de la variation de la vitesse du point P par rapport au point O. Cette vitesse de V, ou changement de vitesse de P, est appelée *accélération* et l'on obtient un diagramme des accélérations en traçant l'hodographe du diagramme des vitesses, considéré comme s'il était lui-même la carte d'un mouvement indépendant. L'accélération est donc, par rapport à la vitesse, ce qu'est précisément la vitesse par rap-

port au vecteur de position. De même que le changement de position est représenté par les vecteurs rayons du diagramme des vitesses, ou premier hodographe, de même le changement de vitesse est représenté par les vecteurs rayons du diagramme des accélérations ou second hodographe <sup>1</sup>.

Tout ce qui peut être démontré à l'aide du vecteur de position et de la vitesse est encore valable lorsque les mots vecteur de position et vitesse sont respectivement remplacés par les mots vitesse et accélération.

### § 13. — L'ACCÉLÉRATION CONSIDÉRÉE COMME EXPANSION ET COMME DÉVIATION

Nous devons maintenant examiner d'un peu plus près cette notion d'accélération, en tant que mesure propre du changement de vitesse. Pendant un certain intervalle de temps, la vitesse du point P (fig. 8) varie d'un nombre de milles par minute représenté par le rapport du nombre des unités linéaires contenues dans  $IV_4$  au nombre de milles par minute que représentent les unités linéaires contenues dans  $IV_5$ ; dans ce cas, la rapidité s'est accrue (voir fig. 12), ou encore il s'est produit ce que nous appelons une expansion de la vitesse. De plus, l'orientation du mouvement a changé; au lieu que le point P se meuve dans la direction  $IV_4$ , il se meut maintenant dans la direction  $IV_5$ , c'est-à-dire que la direction du mouvement a subi une *dévi*ation. Ainsi, la variation totale de la vitesse de P lorsqu'il passe de  $P_4$  à  $P_5$  consiste en une expansion et une déviation. Lors-

1. Nous pouvons procéder de la même façon pour mesurer le changement d'accélération en traçant un troisième hodographe. Heureusement, on a rarement besoin de ce troisième hodographe, si toutefois on en a jamais besoin. Les concepts qui suffisent pratiquement pour décrire nos expériences perceptibles du mouvement sont la position, la vitesse et l'accélération.

qu'un train accroît sa vitesse de 40 à 60 milles à l'heure et qu'au lieu de se diriger directement vers le nord, il se dirige vers le nord-est, nous pouvons représenter son mouvement par une expansion et une déviation; en termes techniques, nous disons que sa vitesse s'est *accélérée*. L'accélération comprend ainsi deux facteurs fondamentaux : l'expansion et la déviation<sup>1</sup>.

Si nous considérons le monde perceptible qui nous entoure, il est clair que les notions d'expansion et de déviation dans le mouvement sont aussi importantes pour décrire l'expérience courante, que celles de vitesse et de direction du mouvement. Nous avons vu que la vitesse passe de la longueur  $IV_4$  à la longueur  $IV_5$  pendant un certain intervalle de temps — à savoir le temps représenté par la longueur  $t_4 t_5$  de notre horaire graphique (fig. 9). L'accroissement de vitesse par unité de temps (ou le rapport de la différence entre  $IV_5$  et  $IV_4$  à  $t_4 t_5$ ) est ce que l'on nomme l'*accélération moyenne en vitesse* ou l'*expansion moyenne* entre  $P_4$  et  $P_5$ . En outre le rayon IV a tourné de la position  $IV_4$  à la position  $IV_5$ , ou de l'angle  $V_4 IV_5$ , dans le temps  $t_4 t_5$ . L'accroissement d'angle par unité de temps (ou rapport de l'angle  $V_4 IV_5$  à  $t_4 t_5$ ) est appelé la *déviation moyenne* ou la *rotation moyenne de la direction* entre les positions  $P_4$  et  $P_5$ . La combinaison des deux facteurs, des valeurs moyennes de l'expansion et de la déviation, constitue ce que l'on appelle l'*accélération moyenne* pendant le changement de position donné ou pendant le temps donné ( $t_4 t_5$ ).

Par conséquent, ce que nous mesurons au moyen de l'accélération c'est la proportion dans laquelle se produisent l'expansion et la déviation. En se reportant à la figure 12, le lecteur remarquera qu'il y a deux procédés au moyen

1. Le terme expansion, en langage scientifique, implique aussi le cas de ralentissement de la vitesse, soit d'expansion négative.

desquels nous pouvons concevoir que la vitesse  $IV_4$  se change en  $IV_5$ .

Par le premier procédé, nous suivons la méthode qui vient d'être exposée : nous allongeons  $IV_4$  jusqu'à lui donner la longueur de  $IV_5$  c'est-à-dire que nous augmentons la vitesse de sa valeur en la position  $P_4$  à sa valeur en la position  $P_5$ ; puis nous faisons tourner la longueur obtenue autour de  $I$  jusqu'à lui donner la position  $IV_5$ . Tel est le concept qui unit l'expansion et la déviation dans l'accélération.

Par un second procédé, nous ajoutons le vecteur  $V_4 V_5$  au vecteur  $IV_4$  et nous obtenons le vecteur  $IV_5$  (p. 303), c'est-à-dire que nous pouvons considérer la nouvelle vitesse  $IV_5$  comme obtenue en ajoutant à l'ancienne vitesse  $IV_4$ , le vecteur ou la vitesse  $V_4 V_5$ , par la règle du parallélogramme. L'accélération moyenne s'exprime dans ce cas par l'addition du vecteur  $V_4 V_5$  dans l'intervalle de temps  $t_4 t_5$ . Mais si nous comparons les figures 8 et 12 considérées comme des images du mouvement des points  $P$  et  $V$ , nous voyons qu'ajouter  $V_4 V_5$  pendant le temps  $t_4 t_5$  équivaut à l'addition de  $P_4 P_5$  pendant le temps  $t_4 t_5$ .

Cette dernière opération nous a d'ailleurs conduit, à l'aide de l'horaire graphique, de l'idée de vitesse moyenne ou variation moyenne de  $OP$ , à l'idée de vitesse réelle ou de variation instantanée de  $OP$  en  $P_4$ ; la variation instantanée de  $OP_4$  s'effectuait dans la direction de la tangente en  $P_4$  et était mesurée par la pente de la courbe du temps en  $Q_4$  (voir fig. 9). Précisément de même, le changement instantané de  $IV_4$  s'effectuera dans la direction de la tangente en  $V_4$  et sera mesuré par la pente au point correspondant de l'horaire graphique relatif au mouvement de  $V$ .

L'accélération actuelle est donc représentée, ainsi que dans notre première discussion de la question, par la vitesse de  $V$  sur l'hodographe. Quelque rapproché que soit  $V_5$  de  $V_4$ ,

si nous effectuons un allongement et une rotation ou bien si nous ajoutons le petit vecteur  $V_4V_5$ , le résultat final sera le même. Par suite, nous pouvons envisager l'accélération actuelle, soit comme la vitesse de  $V$  sur l'hodographe, soit comme la combinaison de l'allongement et de la rotation actuels de  $IV_4$ <sup>1</sup>.

Chacune de ces manières d'envisager l'accélération conduit au même résultat et possède des avantages particuliers pour la description des diverses phases du mouvement.

Dans le premier cas, l'accélération actuelle est représentée par un vecteur ; l'orientation de ce vecteur indique la direction et le sens du mouvement du point  $V$ , ou encore la vitesse avec laquelle varie  $IV$ . Le nombre d'unités de longueur contenues dans ce vecteur indique le nombre d'unités que comprend la vitesse avec laquelle se meut le point  $V$  ; ou bien le nombre d'unités de vitesse qui, dans l'unité de temps s'ajoutent actuellement, dans la direction donnée, à la vitesse  $IV$  de  $P$ . En disant « s'ajoutent dans la direction donnée » nous entendons que les augmentations de vitesse sont ajoutées géométriquement, c'est-à-dire par la loi du parallélogramme ( $IV_5 = IV_4 + V_4V_5$ , et cela, quel que petit que l'on suppose  $V_4V_5$ ).

#### § 14. — COURBURE

D'autre part, dans le système où l'on regarde l'accélération comme comprenant une expansion et une déviation, l'accélération actuelle est déterminée par deux facteurs : 1° la proportion suivant laquelle la vitesse s'accroît ou suivant

1. Ce que nous avons exposé ici au sujet de l'accélération, s'applique de la même façon au changement de position. En nous reportant à la figure 9, nous pouvons envisager le changement de position de  $OP$  comme mesuré par la vitesse de  $P$  sur sa trajectoire ou par l'allongement et la rotation actuels de  $OP$ .

laquelle IV s'allonge ; 2° la proportion suivant laquelle la vitesse est déviée, ou bien suivant laquelle IV tourne autour de I (fig. 12 p. 316). Comme dans le premier cas la direction de l'accélération actuelle est celle de  $V_1T$  ou de la tangente en  $V_1$ , il est clair qu'en général, l'accélération n'aura pas la direction du vecteur vitesse<sup>1</sup> mais sera comprise entre cette direction et la direction perpendiculaire. Ce résultat est si important que le lecteur me pardonnera, je l'espère, de le considérer d'un point de vue légèrement

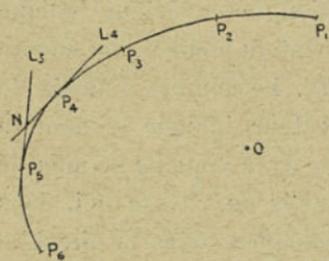


Fig. 13.

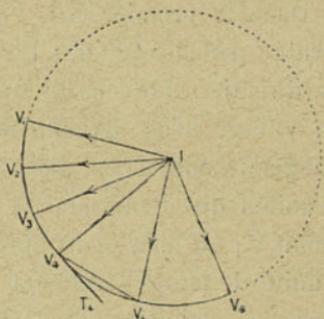


Fig. 14.

différent. Imaginons d'abord une accélération telle qu'elle ne modifie aucunement la longueur de IV et essayons d'analyser ce cas un peu plus attentivement.

Il est évident que si IV ne change pas de longueur, si la vitesse ne varie pas, le point V ne peut que décrire un cercle. Cependant, on peut concevoir qu'une vitesse uniforme soit associée avec le mouvement d'un point sur une trajectoire courbe quelconque. Représentons cette trajectoire par la figure 13 et l'hodographe circulaire par la figure 14, les points correspondants des deux courbes étant indiqués en

1. En  $V_3$ , par exemple,  $IV_3$  semble coïncider avec la direction de la tangente en  $V_3$ . Dans ce cas l'effet total de l'accélération est une expansion sans déviation.

affectant des mêmes indices numériques les lettres P et V. Puisque, dans ce cas, l'accélération ne dépend que du changement de direction du mouvement, ou du changement de direction de la tangente à la trajectoire, nous devons nous arrêter un instant à considérer comment ce changement de direction, auquel correspond la *courbure* de la trajectoire, peut être scientifiquement décrit et mesuré. Si nous passons, par exemple, de  $P_4$  en  $P_5$  sur la trajectoire, et si  $P_4L_4, P_5L_5$  sont respectivement les tangentes en  $P_4$  et  $P_5$ , la direction de la courbe s'est continuellement modifiée lorsque nous avons parcouru la longueur  $P_4P_5$  de cette courbe. L'angle de ses directions extrêmes est  $L_4NL_5$  : plus cet angle est grand pour une longueur donnée de courbe  $P_4P_5$ , plus la valeur de la courbure est grande<sup>1</sup>. La valeur de l'angle dont a tourné la tangente pour une longueur donnée de courbe, constitue une mesure convenable de la valeur totale de la courbure pour cette longueur de courbe. Pour cette raison, nous définirons la *courbure moyenne* de l'élément de courbe  $P_4P_5$  par le rapport du nombre d'unités d'angles en  $L_4NL_5$  au nombre d'unités de longueur de l'élément de courbe  $P_4P_5$ . Ainsi, la courbure moyenne d'une portion quelconque d'une courbe est la rotation moyenne de sa tangente par unité de longueur de la courbe. De la courbure moyenne, nous pouvons passer à la conception de la *courbure actuelle*, considérée comme une limite, lorsque l'élément d'arc  $P_4P_5$  est très petit, de la même manière que de la vitesse moyenne nous avons passé à la vitesse actuelle. Cette manière d'atteindre idéalement, une limite non susceptible d'être réellement perçue, est si

1. Nous supposons ici que le sens de la courbure entre  $P_4$  et  $P_5$  ne change pas, que la courbe n'a pas la forme suivante :  $\infty$ . En prenant un élément d'arc suffisamment petit, nous pouvons toujours être sûrs qu'il en est ainsi.

importante que nous l'examinerons de nouveau dans ce cas particulier afin que le lecteur ne puisse plus éprouver désormais de difficulté à introduire et à étudier de telles limites.

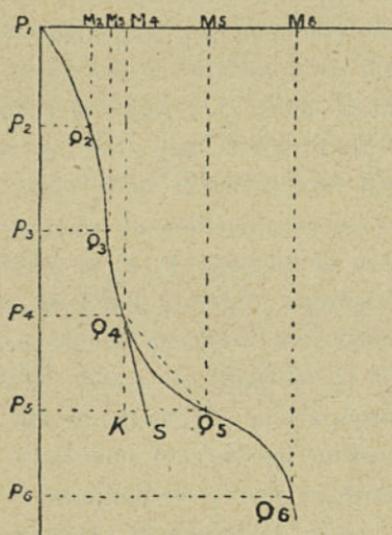


Fig. 15.

$P_1$ , les nombres d'unités d'angle comprises entre les tan-

Supposons donc que les distances entre les points  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_6$  soient portées sur une ligne verticale (fig. 15) comme dans l'horaire graphique de la figure 9 (p. 306). Sur la ligne horizontale  $P_1 M_6$ , au lieu de supposer que les unités de longueur représentent des unités de temps, supposons qu'elles représentent les unités d'angle<sup>1</sup> et représentons successivement par des nombres d'unités de longueur à partir de

1. D'après *Euclide*, III, 29 et VI, 33, les angles au centre d'un cercle, qui comprennent des arcs égaux sont eux-mêmes égaux ; si nous doublons ou triplons l'arc, nous devons doubler ou tripler l'angle. De plus (*Common Sense of the exact Sciences* de Clifford, p. 123-5) on démontre aisément que les arcs des différents cercles qui correspondent à des angles au centre égaux, sont dans le même rapport que leurs rayons. Si donc nous prenons comme cercle type pour la mesure des angles, le cercle dont le rayon est l'unité de longueur, son arc  $c$  pour un angle donné sera, à l'arc  $a$  d'un cercle de rayon  $r$  correspondant au même angle, dans le rapport de 1 à  $r$  ou  $\frac{c}{a} = \frac{1}{r}$ , d'où il résulte que  $c = \frac{a}{r}$  ou encore que la *mesure circulaire* d'un angle quelconque est le rapport de l'arc  $a$  correspondant à cet angle au centre dans un cercle quelconque, au rayon  $r$  de ce cercle. L'unité d'angle en *mesure circulaire* sera donc celui pour lequel  $a = r$  ou celui qui comprend un arc égal au rayon. Cette unité s'appelle un *radian* ; on l'utilise dans les recherches théoriques.

gentes  $P_2 L_2, P_3 L_3, P_4 L_4$ , etc. de la figure 13 (p. 322), et la tangente à la courbe en  $P_1$ . Ainsi,  $P_1 M_1$  représente l'angle des tangentes en  $P_1$  et  $P_4$ ;  $P_1 M_2$  celui des tangentes en  $P_1$  et  $P_5$  et ainsi de suite. Sur la figure 15, menons maintenant des lignes verticales par les points  $M_2, M_3$ , etc., et des lignes horizontales par les points  $P_2 P_3$ , et supposons que ces lignes se rencontrent respectivement aux points  $Q_2, Q_3$ , etc. Nous obtenons ainsi une série de points  $Q$  dont le nombre augmente lorsque nous augmentons le nombre des points  $P$  de la figure 13, et qui finalement nous donne par la pensée, la courbe représentée sur la figure 15 par une ligne continue. Le diagramme ainsi obtenu est un graphique de la courbure de la figure 13. Car, la courbure moyenne sur la distance  $P_1 P_5$ , est le rapport de l'angle  $L_1 N L_5$  à la longueur  $P_1 P_5$  de la figure 13, ou, ce qui revient au même, le rapport du nombre d'unités contenues dans  $M_1 M_5$  au nombre d'unités de  $P_1 P_5$  dans la figure 15. Mais  $Q_1 K$  étant la parallèle à  $M_5 Q_5$  qui rencontre  $P_5 Q_5$  en  $K$ , ce rapport est celui de  $K Q_5$  à  $Q_1 K$ , c'est la *pente* de la corde  $Q_1 Q_5$  par rapport à la ligne *verticale*  $P_1 P_5$ . Ainsi, la pente d'une corde de la courbe des courbures par rapport à la verticale mesure la courbure moyenne de la portion correspondante de la courbe de la figure 13. Lorsque nous rendons la corde  $Q_1 Q_5$  de plus en plus petite en rapprochant  $Q_5$  de  $Q_1$ , la courbure moyenne se rapproche de plus en plus de la courbure moyenne autour du point  $P_1$ ; comme à la page 310, la corde se rapproche de plus en plus de la tangente en  $Q_1$ . Comme nous avons défini la courbure actuelle la limite de la courbure moyenne d'un arc infiniment petit de courbe au delà de  $P_1$  (voir fig. 13), nous voyons que la courbure actuelle en  $P_1$  est la pente par rapport à la verticale, de la tangente  $Q_1 S$  au point correspondant  $Q_1$  de la courbe des courbures. Cette pente, et par suite la courbure actuelle

est donc une quantité mesurable en chaque point d'une courbe quelconque<sup>1</sup>.

§ 15. — RELATION ENTRE LA COURBURE  
ET L'ACCÉLÉRATION NORMALE

En nous reportant aux figures 13 et 14, nous voyons que la courbure moyenne de l'arc  $P_1P_2$  est le rapport du nombre d'unités d'angle contenues dans  $L_1NL_2$  au nombre d'unités de longueur contenues dans l'élément de courbe  $P_1P_2$ . Mais la vitesse en tous les points de  $P_1P_2$  est constante et égale à  $IV_1$ ; Par suite, si le point  $P$  parcourt la longueur  $P_1P_2$  dans un nombre de minutes que nous représentons par  $t$ , puisque la vitesse est le nombre d'unités de longueur par minute, la longueur  $P_1P_2$  doit être égale au produit de  $IV_1$  par  $t$  [ou symboliquement,  $P_1P_2 = IV_1 \times t$ ]. De plus, puisque l'angle  $L_1NL_2$  est également l'angle dont a tourné la tangente pendant le temps  $t$ , le rapport de l'angle  $L_1NL_2$  à  $t$  est la proportion moyenne dans laquelle a tourné la tangente

1. La courbure moyenne d'un arc quelconque  $ab$  d'un cercle de centre  $O$  est le rapport à cet arc  $ab$  de l'angle que forment les tangentes à ses extrémités, ou — ce qui est la même chose, puisque les tangentes sont perpendiculaires aux rayons

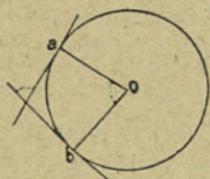


Fig. 17.

— de l'angle au centre  $aob$ . Mais nous avons vu, dans la note de la page 325, que la mesure de cet angle en radians est le rapport de l'arc  $ab$  au rayon. Il en résulte que la courbure moyenne d'un cercle est égale à l'inverse du rayon (ou à l'unité divisée par le rayon). Comme la courbure moyenne est par suite indépendante de l'arc, il en résulte que la courbure actuelle est la même en tous les points et égale à l'inverse du rayon. Puisque le rayon d'un cercle peut

prendre toutes les valeurs possibles, de zéro à l'infini, on peut toujours trouver un cercle qui ait la même courbure qu'une courbe en un point donné et qui, par conséquent, s'ajuste en ce point mieux qu'un cercle de tout autre rayon. Le rayon de ce cercle est appelé le *rayon de courbure* de la courbe au point donné. Par suite, la courbure d'une courbe est l'inverse de son rayon de courbure.

pendant le temps  $t$ , ou la *rotation moyenne* de la tangente [Si la rotation moyenne est représentée par  $S$ , nous avons symboliquement  $L_4NL_5 = S \times t$ ]. De là résulte, tout d'abord, que la courbure moyenne, qui est le rapport de  $L_4NL_5$  à  $P_4P_5$ , doit être également le rapport de la rotation moyenne  $S$  à la vitesse moyenne  $IV_4$ . Nous avons ainsi relié directement le mouvement et la courbure. Passant par la pensée à la limite, nous obtenons l'important résultat cinématique suivant : *Si un point se meut le long d'une courbe, le rapport de la rotation de la tangente à la vitesse du point est la courbure actuelle en chaque position de ce point.*

Il reste à rattacher ce résultat à l'accélération.

L'accélération, dans le cas qui nous occupe, est le vecteur vitesse de  $V$  le long du cercle (fig. 14). L'accélération en  $V$ , par exemple est dirigée suivant la tangente  $V_4T_4$  au cercle, ou perpendiculaire à  $IV_4$ , direction de la vitesse de  $P$  (fig. 13). Elle a donc seulement un effet de déviation et non d'accroissement.

Or, puisque  $IV_4$  et  $IV_5$  ont été menés parallèlement aux directions du mouvement  $L_4P_4$ ,  $L_5P_5$  en  $P_4$  et  $P_5$ , les angles  $L_4NL_5$  et  $V_4IV_5$  — qui ont leurs côtés parallèles deux à deux — sont égaux.

La rotation moyenne de la tangente de  $P_4$  à  $P_5$ , doit être le rapport de l'angle  $V_4IV_5$  au temps  $t$  pendant lequel  $P$  passe de  $P_4$  à  $P_5$ . Mais la grandeur de l'angle  $V_4IV_5$  est (voir note de la p. 326) le rapport de l'arc  $V_4V_5$  au rayon  $IV_4$ . De plus, le rapport de l'arc  $V_4V_5$  au temps  $t$  est la vitesse moyenne du point  $V$  de  $V_4$  en  $V_5$  (p. 313). Par suite, la rotation moyenne de la tangente (fig. 13) est le rapport de la vitesse moyenne de  $V$  au rayon  $IV_4$ . Si nous rapprochons de plus en plus  $P_5$  de  $P_4$ , et par suite  $V_5$  de  $V_4$ , les valeurs moyennes deviennent les valeurs actuelles en  $P_4$  et  $V_4$ ; nous en concluons que la rotation actuelle de la tangente en  $P_4$  est

le rapport de la vitesse actuelle de  $V$  en  $V_1$  à  $IV_1$ , ou, en d'autres termes, à la vitesse de  $P$ . Ainsi, la rotation de la tangente est le rapport de la vitesse du point  $V$  à la vitesse du point  $P$ . Mais la vitesse de  $V$ , c'est la valeur de l'accélération qui, dans ce cas, est simplement une déviation.

Nous en concluons que la valeur de la déviation en  $P$  est convenablement mesurée par le produit de la rotation de la tangente et de la vitesse de  $P$  (ou symboliquement, l'accélération de déviation =  $S \times U$ ,  $U$  étant la vitesse de  $P$ ). Mais nous avons vu plus haut que la courbure est le rapport de la rotation de la tangente à la vitesse de  $P$  (ou symboliquement, courbure =  $S/U$ ). Par conséquent, en combinant ces deux résultats, nous voyons que dans ce cas, l'accélération de déviation, est convenablement mesurée par le produit de la courbure et du carré de la vitesse <sup>1</sup>. Cette accélération se produit dans la direction  $V_1T_1$ , ou est perpendiculaire à la direction du mouvement en  $P$ .

Une simple remarque fera comprendre au lecteur que l'expression de l'accélération perpendiculaire au mouvement ne changerait pas si la vitesse variait entre  $P_1$  et  $P_2$ . Pour cela, reportons-nous à la figure 12, nous voyons que  $IV_1$  se change en  $IV_2$ ; on peut concevoir que le passage de l'un à l'autre s'opère en deux temps : 1°  $IV_1$  tourne autour de  $I$  sans changer de longueur jusqu'à la position  $IV_2$ ; 2°  $IV_1$ , dans sa nouvelle position prend la longueur de  $IV_2$ . La première phase correspond au type de mouvement dont nous venons de nous occuper, ou accélération de déviation sans expansion; la seconde phase au cas d'accélération par expansion, sans déviation. A la limite, lorsque

1. Si  $r$  est le rayon de courbure (voir note p. 326),  $1/r$  est la courbure et si nous appelons cet élément de l'accélération, *accélération normale*, nous avons d'après les résultats ci-dessus les trois valeurs équivalentes : accélération normale =  $\frac{U^2}{r} = SU = r S^2$ .

$IV_3$  se rapproche indéfiniment de  $IV_4$ , la première phase nous donne l'accélération perpendiculaire à la direction du mouvement, et la seconde phase l'élément d'accélération dans la direction du mouvement. Nous avons vu plus haut, que la première est mesurée par le produit du carré de la vitesse et de la courbure.

§ 16. — PROPOSITIONS FONDAMENTALES DE LA GÉOMÉTRIE  
DU MOUVEMENT

Nous sommes maintenant en mesure, en nous appuyant sur ces résultats, de tirer une ou deux conclusions importantes.

L'accélération comporte des composantes d'expansion et de déviation. L'accélération par expansion se produit dans la direction du mouvement et elle est mesurée par la proportion dont s'accroît la vitesse (ou, peut-être, dont elle décroît). L'accélération par déviation a lieu perpendiculairement à la direction du mouvement et est mesurée par le produit de la courbure et du carré de la vitesse.

Ces deux formes d'accélération sont habituellement désignées sous les noms d'*accélération tangentielle* et d'*accélération normale*.

De ces résultats nous concluons que :

1° Si un point n'a pas d'accélération, il décrira, relativement au système donné de référence par rapport auquel l'accélération est mesurée, une ligne droite avec une vitesse uniforme. Car il n'y a aucune expansion et par conséquent la vitesse doit être uniforme ; il n'y a aucune déviation et par suite la trajectoire doit avoir une courbure nulle, or la seule trajectoire sans courbure est la ligne droite.

La vitesse uniforme et la courbure nulle, seules, indiquent l'absence d'accélération.

2° Lorsqu'un point est astreint à se mouvoir sur une trajectoire donnée, l'accélération peut être déterminée dans chaque position au moyen de la vitesse et de la forme de la trajectoire, c'est-à-dire de sa courbure. Dans ce cas, le problème consiste à trouver la vitesse au moyen de l'accélération tangentielle.

3° Lorsqu'un point est libre de se mouvoir dans un plan donné, son mouvement peut être théoriquement déterminé lorsqu'on connaît son vecteur-vitesse en chaque point et son accélération pour toutes les positions. Car à l'aide de l'accélération normale et de la vitesse, nous pouvons calculer la valeur initiale de la courbure de la trajectoire; ainsi la forme initiale de la courbe est connue.

Pour une position très voisine de cette forme initiale, nous pouvons déterminer, à l'aide de l'accélération tangentielle, le changement de vitesse dû au changement de position. Par suite, nous obtenons la vitesse dans la nouvelle position. À l'aide de la vitesse dans la nouvelle position et de l'accélération normale dans cette position, on déterminera la courbure du petit élément voisin de courbe. Cette opération peut être répétée aussi souvent qu'on le veut jusqu'à ce que la trajectoire complète du mouvement soit construite. Les positions successives peuvent d'ailleurs être assez rapprochées pour que nous obtenions la forme de la courbe avec le degré d'exactitude voulu. Connaissant la trajectoire et la vitesse en chaque point, nous pouvons construire un graphique analogue à celui de notre figure 9 (p. 306), car à l'aide des vitesses, nous connaissons la pente en chaque point de la courbe  $Q$ .

Nous commencerons par tracer un petit élément, soit  $P_1Q_2$ , dont la pente est déterminée par la vitesse initiale; puis, à l'aide de l'horizontale  $Q_2P_2$  menée par son extrémité  $Q_2$ , cet élément donne une nouvelle position du point à la dis-

tance  $P_1 P_2$  de la position initiale ; la vitesse, dans cette nouvelle position, donne la pente de l'élément de courbe suivant  $Q_2 Q_3$  ;  $Q_3$ , à l'aide de l'horizontale  $Q_3 P_3$ , fournit un troisième élément avec une troisième vitesse et la pente de ce troisième élément, et cette opération peut être continuée jusqu'à ce que nous ayons construit le graphique par une succession de petits éléments. En prenant ces éléments suffisamment petits, nous pouvons faire en sorte que la ligne polygonale résultante diffère aussi peu que nous le voulons de la courbe vraie du graphique.

D'autre part, nous avons vu que lorsque la carte de la trajectoire et l'horaire graphique sont connus, le mouvement est complètement décrit. Nous en concluons que : *Si la vitesse d'un point dans chaque position et l'accélération de ce point dans toutes les positions sont données, le mouvement du point est entièrement déterminé*<sup>1</sup>.

Cette proposition forme effectivement la base de toute notre description mécanique de l'univers. Correctement interprétée, elle contient tout ce que nous pouvons affirmer du « déterminisme mécanique » de la nature ; mal interprétée, elle est le fondement de ce matérialisme grossier qui dépeint l'univers comme un ensemble de corps matériels objectifs, se forçant mutuellement de toute éternité à certains mouvements, dont nous avons la perception. Ce que la proposition nous dit exactement, c'est qu'un mouvement est complètement déterminé, c'est-à-dire peut être idéalement décrit, soit en donnant la trajectoire et le temps à chaque

1. Les méthodes par lesquelles nous avons montré que la vitesse, la position initiale et l'accélération dans toutes les positions, déterminent la carte de la trajectoire et le graphique-horaire, ne sont que des méthodes théoriques de construction. Les méthodes pratiques de construction de ces courbes touchent aux considérations les plus élevées de l'analyse mathématique. Notre but actuel est simplement de montrer que le mouvement est théoriquement déterminé par la connaissance des quantités considérées ci-dessus.

position de cette trajectoire, soit en donnant le vecteur-vitesse dans une position quelconque et l'accélération dans toutes les positions. Nous avons affaire en réalité à deux modes différents de *décrire* le mouvement, dont l'un quelconque des deux peut être déduit de l'autre, mais dont aucun n'explique pourquoi le mouvement a lieu, ou, peut-on dire dans le sens où l'entendent les matérialistes, dont aucun ne « *détermine* » le mouvement.

§ 17. — LA RELATIVITÉ DU MOUVEMENT. — SA SYNTHÈSE  
A L'AIDE DE COMPOSANTES SIMPLES

Il est encore une question sur laquelle il est nécessaire d'attirer l'attention du lecteur. Le mouvement entier de notre point P (fig. 8 p. 303) a été considéré relativement à un point O et à un système particulier de référence. Nous sommes partis d'une position relative par rapport à O ; il en résulte que la vitesse et l'accélération que nous avons étudiées, décrivent des changements de mouvement par rapport à O et à son système de référence. La vitesse *absolue* et l'accélération *absolue* sont aussi dénuées de sens que la position absolue. Si les points O et P venaient à prendre *tous les deux* des mouvements de même accélération, la trajectoire relative ne serait pas changée — pas plus que la carte (fig. 8) n'est modifiée quand nous retournons d'une façon quelconque la page sur laquelle elle est imprimée. Mais le fait que tout mouvement est relatif nous conduit d'abord à la question toute naturelle que voici : comment pouvons-nous passer du mouvement d'un point relativement à un pôle O, au mouvement relatif par rapport à un second pôle O', l'orientation étant mesurée par rapport au même système de référence.

Nous devons examiner ce point d'un peu plus près, car nous serons amenés à quelques conséquences importantes.

Supposons connus le mouvement de P relativement à O et le mouvement de O' relativement à O, nous voulons trouver le mouvement de P relativement à O'. Soit P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> (fig. 17) deux positions successives

de P par rapport à O, et O'<sub>1</sub>, O'<sub>2</sub> les positions correspondantes de O'. Alors O'<sub>1</sub>P<sub>1</sub> est le premier vecteur et O'<sub>2</sub>P<sub>2</sub> est le second vecteur mesurant la position de P par rapport à O'. Par O'<sub>1</sub>, menons O'<sub>1</sub>P'<sub>2</sub> parallèle et égal à O'<sub>2</sub>P<sub>2</sub>; O'<sub>1</sub>P<sub>1</sub> et O'<sub>1</sub>P'<sub>2</sub> donnent le mouvement relatif de P par rapport à O', et le déplacement relatif dans l'intervalle

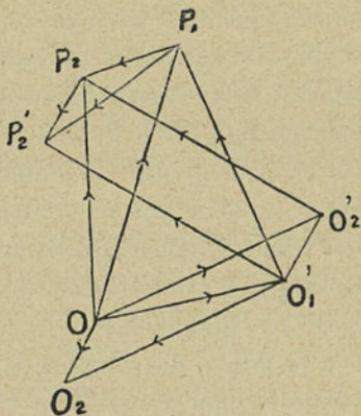


Fig. 17.

donné est P<sub>1</sub>P'<sub>2</sub>. Menons maintenant O'<sub>1</sub>O<sub>2</sub> parallèle et égal à O'<sub>2</sub>O, alors O'<sub>1</sub>O, et O'<sub>2</sub>O, ou O'<sub>1</sub>O<sub>2</sub> donnent les positions relatives de O par rapport à O'. Mais, de par l'égalité des côtés opposés de parallélogrammes, O<sub>1</sub>O<sub>2</sub> = O'<sub>2</sub>O<sub>1</sub> = P<sub>2</sub>P'<sub>2</sub>. Par suite P<sub>2</sub>P'<sub>2</sub> est égal au déplacement de O relativement à O'. Or, dans la géométrie des vecteurs (p. 303) :

$$P_1 P'_2 = P_1 P_2 + P_2 P'_2$$

Ce qui s'exprime ainsi : le déplacement de P relativement à O' est égal au déplacement de P relativement à O ajouté géométriquement au déplacement de O relativement à O'.

Ce résultat est vrai quelle que soit la grandeur des déplacements, et ces déplacements, divisés par le nombre d'uni-

tés contenues dans l'intervalle de temps, qui est le même pour tous, représentent les vitesses moyennes dans cet intervalle. De là nous concluons : La vitesse moyenne de P relativement à  $O'$  est égale à la vitesse moyenne de P relativement à O, ajoutée *géométriquement* à la vitesse moyenne de O relativement à  $O'$ . Si nous prenons l'intervalle de temps, et par suite les déplacements, de plus en plus petits, les vitesses moyennes deviennent à la limite les vitesses actuelles. Les vitesses actuelles ont toujours la direction des déplacements  $P_1P'_2$ ,  $P_1P_2$  et  $OO_2$ , qui, de sécantes deviennent finalement des tangentes aux trajectoires correspondantes ; de plus, puisque l'intervalle de temps est le même pour tous les déplacements, les amplitudes de ces vitesses sont toujours proportionnelles aux côtés  $P_1P'_2$ ,  $P_1P_2$  et  $P_2P'_2$  (ou  $OO_2$ ) du triangle  $P_1P'_2P_2$ . Par suite, les vitesses moyennes, et, à la limite, les vitesses actuelles, forment toujours les trois côtés d'un triangle qui a ses côtés parallèles et proportionnels aux côtés du triangle  $P_1P'_2P_2$ , et cela quelque petit que devienne ce dernier triangle.

La vitesse actuelle de P relativement à  $O'$  forme un côté d'un triangle dont les vitesses actuelles de P par rapport à O et de O par rapport à  $O'$  forment les deux autres côtés. En d'autres termes, la vitesse actuelle de P relativement à O, est obtenue au moyen des vitesses actuelles de P par rapport à O et de O par rapport à  $O'$ , en les ajoutant géométriquement c'est-à-dire par la règle du parallélogramme.

Tout comme on obtenait la position de P par rapport à  $O'$  en appliquant la règle du parallélogramme aux vecteurs  $O'O$  et  $OP$  (p. 304), de même on obtient la vitesse de P par rapport à  $O'$  en appliquant la même règle aux vitesses de P par rapport à O et de O par rapport à  $O'$ . Une démonstration tout à fait analogue nous montre que l'accélération de P par rapport à  $O'$  s'obtient de la même façon au moyen des accélé-

rations de P par rapport à O et de O par rapport à O'. Nous obtenons ainsi une règle simple — celle du parallélogramme — pour passer du mouvement de P par rapport à O au mouvement de P par rapport à O'.

Toute cette discussion peut être envisagée d'un point de vue quelque peu différent. Nous pouvons supposer que le plan du papier dans lequel s'effectue le mouvement de P par rapport à O se meuve toujours en entier et que le point O' reste stationnaire. Pour cela nous devons toujours déplacer le papier de façon que O'<sub>2</sub> tombe en arrière de O'<sub>1</sub> et O'<sub>2</sub>O'<sub>1</sub> mesurera le déplacement correspondant du papier. Il est clair que cette opération amène P<sub>2</sub> en avant de P<sub>1</sub> et O en avant de O<sub>2</sub>. De cette façon, le mouvement de P relativement à O' peut être envisagé comme le mouvement de P dû à deux causes : un mouvement de P par rapport à O et un mouvement du plan qui contient P et O ; ce dernier mouvement est le mouvement de O par rapport à O' ou est égal et opposé au mouvement absolument arbitraire de O' par rapport à O. Ainsi, nous en concluons que si un point P a deux vitesses indépendantes (correspondant aux limites des déplacements P<sub>1</sub>P<sub>2</sub> et P<sub>2</sub>P'<sub>2</sub>), la vitesse actuelle de P s'obtiendra en ajoutant géométriquement ces vitesses. Cette règle est habituellement appelée la règle du *parallélogramme des vitesses*. Un résultat précisément analogue est vrai pour les accélérations (p. 305) et conduit à la règle du *parallélogramme des accélérations*. Nous aurons l'occasion de revenir sur ces points importants. Nous arrivons donc à ce résultat général que les déplacements indépendants, les vitesses indépendantes et les accélérations indépendantes d'un point mobile s'ajoutent respectivement géométriquement de la même façon que les vecteurs, c'est-à-dire suivant ce que l'on appelle la règle du parallélogramme.

La valeur de cette règle combinatoire consiste dans le pouvoir qu'elle nous donne de construire des cas complexes de mouvements à l'aide de cas simples. Supposons que, d'après l'expérience, les antécédents<sup>1</sup> perceptibles d'un mouvement, que nous représentons à l'aide d'une certaine accélération, puissent être superposés aux antécédents perceptibles d'un mouvement que nous représentons à l'aide d'une seconde accélération. Sans qu'il soit nécessaire d'altérer les valeurs de ces accélérations (et dans la mesure où nous apprécions les grandeurs des déplacements) lorsque nous voulons décrire le mouvement résultant des antécédents combinés, le parallélogramme des accélérations est d'une commodité inestimable comme *mode de synthèse*, ou pour passer du simple au complexe. La loi de gravitation appliquée à la théorie planétaire est un exemple remarquable de la valeur d'une pareille synthèse.

Dans le présent chapitre, nous avons vu comment la position relative, la vitesse et l'accélération de points peuvent être définies, décrites et mesurées. Nous avons achevé de glaner dans le champ conceptuel des concepts géométriques. Nous avons maintenant à nous demander comment ces concepts peuvent être appliqués à notre expérience perceptible du mouvement, dans le monde des phénomènes. Comment ces trois facteurs, position, vitesse, accélération, se relient-ils les uns aux autres dans cette danse idéale de corpuscules à laquelle nous réduisons l'univers physique, dans cette valse d'atomes à l'aide de laquelle nous décrivons et résumons les impressions de nos sens ? Comment

1. Par « antécédents perceptibles du mouvement », nous entendons la *Cause* au sens scientifique ; mais nous n'avons pas employé ce mot dans le paragraphe ci-dessus afin que le lecteur ne puisse pas supposer que la cause du mouvement est l'entité métaphysique (et imperceptible) qu'on appelle *force*, alors que cette cause réside en réalité dans une relation *perceptible*, à savoir la relativité dans l'espace de la perception (chap. VIII, § 5).

concevons-nous que varie la position relative de ces corpuscules? Comment varient leurs vitesses et la direction de leurs mouvements?

L'expérience nous montre-t-elle que la position relative produit une vitesse définie, une expansion et une déviation définies? La réponse à ces questions réside dans ce que l'on appelle les propriétés de la matière et dans les lois du mouvement qui formeront les sujets de nos deux chapitres suivants.

#### SOMMAIRE

1. — Toutes les notions à l'aide desquelles nous décrivons et mesurons le déplacement sont des notions *géométriques*, ce sont des limites non perceptibles. Ce sont des formes sous lesquelles nous distinguons et classons les éléments de notre expérience d'après le mode mixte de mouvement. Les principales de ces formes sont le mouvement d'un point, la rotation d'un corps rigide et l'élasticité. En fait, le mouvement est relatif, jamais absolu; par exemple le mouvement d'un point est une expression sans signification quand on n'indique point le système auquel le mouvement de ce point est rapporté.

2. — L'analyse du mouvement d'un point nous conduit aux conceptions de vitesse et d'accélération; la première est une mesure convenable de la manière dont ce point varie instantanément, la seconde une mesure convenable de la façon dont la vitesse elle-même varie. Le mouvement d'un point est complètement déterminé, c'est-à-dire que théoriquement l'on peut établir une description complète de la trajectoire et de la position à chaque instant, quand la vitesse dans une position, et l'accélération dans toutes les positions, sont données.

3. — La loi du parallélogramme, en tant que règle générale de combinaison des mouvements, sert de base à la synthèse qui permet de construire des mouvements complexes au moyen de mouvements simples.

#### BIBLIOGRAPHIE

Clerk-Maxwell (J.). — *Matter and Motion*, chap. I et II, Londres, 1876.

Clifford (W. K.). *The Common Sense of the exact Sciences*, chap. IV, « Position » et chap. V, « Mouvement », Londres 1885. Voir aussi, pour une étude plus approfondie, les « *Elements of dynamics* » du même auteur, 1<sup>re</sup> partie, Livre I, chap. I et II; Livre II, chap. I et II; Livre III, chap. I; Londres, 1878.

Maggregor (J. G.). — *An elementary treatise on Kinematics and Dynamics*, 1<sup>re</sup> partie « Kinematics », chap. I à III, V et VII; Londres, 1887.

---

## CHAPITRE VIII

### LA MATIÈRE

§ 1. — « TOUTES LES CHOSSES SE MEUVENT »  
MAIS SEULEMENT EN CONCEPTION

Un ancien philosophe grec qui vivait quelque cinq cents ans peut-être avant Jésus-Christ, avait choisi comme formule en laquelle il résumait son enseignement, la phrase suivante : *Toutes choses s'écoulent*.

Les générations qui vinrent après lui n'ayant point compris ce qu'Héraclite avait voulu dire — on n'est pas sûr qu'il l'ait compris lui-même — l'appelèrent « Héraclite l'obscur ». Mais aujourd'hui, la science moderne répète à peu près la proposition d'Héraclite lorsqu'elle dit : « *Toutes choses sont en mouvement* ». Comme toutes les propositions qui résument de grandes vérités, cette formule de la science moderne, pour éviter de fausses interprétations, exige des développements et des explications. Par les mots « toutes choses sont en mouvement », nous entendons que, pas à pas, la science a trouvé possible de décrire notre expérience des déplacements perceptibles par des types de mouvements relatifs : ces mouvements sont ceux de points idéaux, de corps rigides idéaux, de milieux élastiques idéaux qui sont pour nous comme les signes ou les symboles du monde réel de nos impressions sensibles. Nous

interprétons, décrivons et résumons l'ordre naturel, dans ce monde réel d'impressions, en étudiant les positions relatives, les vitesses, les accélérations, les rotations, les torsions, les élasticités d'un monde géométrique idéal qui nous donne une représentation idéale du monde perceptible. Dans notre chapitre v, nous avons vu que l'espace et le temps ne correspondaient pas eux-mêmes à des perceptions véritables, mais étaient des *modes* sous lesquels nous distinguons des groupes de sensations. Ainsi, le mouvement, combinaison de l'espace et du temps, est essentiellement un *mode* de perception et ne constitue pas lui-même une perception (p. 246). Plus cela s'éclaircira, plus le lecteur sera à même de comprendre que le « mouvement des corps » n'est pas une réalité de perception, c'est la manière idéale de représenter ce mode de perception à l'aide duquel nous décrivons les changements des groupes d'impressions sensibles ; la réalité perceptible, c'est la complexité et la variété des impressions qui se pressent dans le bureau téléphonique qu'est le cerveau. Le fait que les résultats déduits du monde conceptuel des mouvements géométriques correspondent intimement à notre expérience perceptible du monde extérieur des phénomènes (p. 82) est un moment de l'accord entre la faculté de perception et la faculté de raisonnement, sur lequel j'ai insisté dans une précédente partie de ce volume (p. 131).

En quoi consiste le progrès réalisé entre Héraclite et le savant moderne ? Pourquoi la formule de l'un a-t-elle été, sans injustice, qualifiée d'obscur tandis que l'autre prétend — et prétend justement — trouver dans le développement de sa formule la base de toute notre connaissance de l'univers physique ? La différence réside en ceci : Héraclite ne décrivait ni ne mesurait son « écoulement » tandis que la science moderne consacre ses meilleures énergies à la recherche

précise et à l'analyse de tout type de mouvement qu'il est possible d'utiliser pour décrire et résumer une suite quelconque d'impressions sensibles. La science physique a pour unique objet de découvrir des mouvements idéaux élémentaires qui nous permettent de décrire dans le langage le plus simple les séries les plus étendues de phénomènes.

Il est absolument illogique de combler un vide de notre expérience en y projetant un filon de conceptions totalement différent des couches perceptibles voisines. C'est « une profonde erreur psychologique » dit Georges Henry Lewes, « d'affirmer que toutes les fois que nous nous formons des idées nettes, non contradictoires en elles-mêmes, ces idées doivent nécessairement représenter des vérités de la nature »<sup>1</sup>. Sûrement, le lecteur jugera impossible de concevoir, comme éléments mouvants fondamentaux des phénomènes, autre chose que des idéaux géométriques. Toutefois il n'est point inutile d'essayer de concevoir autre chose car cela amène inévitablement à cette conclusion que l'expression « corps en mouvement » n'est pas scientifique quand on l'applique à notre expérience sensible.

Dans la perception externe (p. 233), nous obtenons des impressions sensibles et des groupes plus ou moins permanents d'impressions. Ces impressions varient, se séparent, forment de nouveaux groupes, c'est-à-dire *changent*. De l'univers contenu dans les messages reçus par le *cerveau, poste central téléphonique*, c'est-à-dire des groupes d'impressions sensibles, nous ne pouvons affirmer le mouvement. Les objets apparaissent, disparaissent et réapparaissent ; les impressions sensibles altèrent et modifient leurs groupements. Le mot correct qui leur convient est *changement* plutôt que mouvement. C'est seulement dans le

1. Voir particulièrement, paragraphes 69, 69 a et 108 de son *Aristotle a chapter from the History of Science*. — London, 1864.

domaine de la conception que nous pouvons convenablement parler du mouvement des corps ; c'est là, et là seulement, que les formes géométriques changent de position dans le temps, c'est-à-dire se meuvent. Dans le domaine de la perception, le mouvement n'est qu'une expression vulgaire pour décrire le mode mixte d'après lequel nous distinguons les groupes d'impressions sensibles ; il consiste dans la symbolisation de l'univers physique à l'aide de mouvements géométriques d'un groupe de formes géométriques. Faire cette opération, c'est construire le monde mécaniquement<sup>1</sup> ; mais ce mécanisme, remarquons-le, est un produit de la conception et ne réside pas dans nos perceptions elles-mêmes (p. 147). Si surprenant que cela paraisse au lecteur non averti, il est néanmoins exact que l'esprit s'efforce en vain de réaliser clairement le mouvement d'une chose qui n'est ni un point géométrique ni un corps limité par des surfaces continues. L'esprit se refuse absolument à la notion du mouvement de choses autres que les créations conceptuelles qui, ainsi que nous l'avons vu, sont des limites irréalisables dans le champ de la perception. Si le monde des phénomènes est, ainsi que le matérialiste voudrait nous le faire croire, un ensemble de corps en mouvement, comme le monde conceptuel par lequel le symbolise la science ; si nous affirmons l'existence perceptible de l'atome et de l'éther : dans les deux cas, nous sommes incapables de considérer l'élément ultime en mouvement comme autre chose qu'une réalisation perceptible d'idéaux géométriques. Cependant, si loin qu'aille notre expérience *sensible*, ces idéaux géométriques n'ont aucune existence réelle ! Dès lors, nous n'avons évidemment aucun droit de considérer comme base de la perception, des choses dont toute notre expérience

1. Ce mot est employé ici au sens scientifique de Kirchhoff et non dans le sens vulgaire que lui a prêté M. Gladstone ; voir p. 146 et 148.

jusqu'à ce jour, ne nous révèle l'existence que dans le champ de la conception.

## § 2. — LES TROIS PROBLÈMES

Quand nous considérons le mouvement des corps comme un fait d'expérience sensible, cela est dû pour la plus grande part, à des éléments de construction qui s'associent à des impressions immédiates des sens<sup>1</sup> (p. 51). Ces éléments de construction proviennent de nos notions conceptuelles de changement qui dérivent très naturellement encore d'une perception limitée ; une expérience plus pénétrante est nécessaire pour en démontrer le caractère purement idéal (p. 252). Mais le lecteur serait peut-être mal préparé à admettre cette conclusion, que le changement est perceptible et le mouvement conceptuel, sans une analyse plus détaillée.

Cette analyse peut se résumer dans les trois questions suivantes : *Quelle est la chose qui se meut ? Pourquoi se meut-elle ? Comment se meut-elle ?*

Nous devons tout d'abord décider si nous posons ces questions dans le domaine conceptuel ou dans le domaine perceptible. Si c'est dans le premier, dans le monde des mouvements symboliques à l'aide desquels la science décrit les suites de nos impressions sensibles, il est facile de répondre à ces questions. Les choses qui se meuvent sont des points, des corps rigides, des milieux élastiques ; toutes, sans exception, sont des concepts géométriques. Demander

1. L'auteur ne s'oppose pas à l'emploi courant d'expressions telles que : « Le soleil se meut » ; « le train se meut ». Les deux se meuvent — en conception ; en perception, il y a un changement d'impressions sensibles. Dès que l'on reconnaît que l'espace est un mode de perception et qu'il n'est pas lui-même un phénomène, cette conclusion ne peut être évitée.

pourquoi elles se meuvent, c'est demander pourquoi nous les concevons et finalement pourquoi la science existe. Enfin, la manière dont elles se meuvent est celle qui nous permet le plus efficacement de décrire les résultats de notre expérience perceptible.

Si nous passons maintenant dans la sphère de la perception et si nous demandons qu'est-ce qui se meut et pourquoi cela se meut, nous sommes forcés d'avouer notre incapacité à fournir une réponse quelconque. *Ignorabimus*, nous serons toujours ignorants, disent quelques savants.

Ce fait que nous sommes réellement ignorants, constituera le sujet du présent chapitre, mais je crois que cette ignorance ne provient pas de la limitation de nos facultés de perception et de raisonnement. Elle est due plutôt à ce que nous posons des questions qui n'ont pas de sens. Nous pouvons légitimement demander pourquoi change le complexe de nos impressions sensibles, mais d'après les considérations exposées plus haut, le mouvement n'est pas une réalité de perception et par suite, pour la sphère de la perception, il est oiseux de demander quelles sont les choses qui se meuvent et pourquoi elles se meuvent. Avec le développement de connaissances plus exactes sur la nature conceptuelle du mouvement, ces questions seront je crois abandonnées comme les vieilles questions relatives, par exemple, au bluissement du lait des sorcières et à l'influence des étoiles (p. 28). En y renonçant, la science physique sera délivrée pour toujours des difficultés métaphysiques relatives à la matière et à la force dont elle a hérité des vieilles traditions scolastiques. *Ignorabimus*, ne paraît donc pas être la vraie réponse aux deux premières questions — ce peut être une bonne réponse au problème du changement des impressions sensibles (voir pages 136 et 341). La troisième question — Comment les choses se meuvent-

elles ? — demeure la seule qui ait une valeur réelle et alors elle se confond avec la question qui s'est posée de même dans la sphère conceptuelle. Quels sont, nous demanderons-nous, les types de mouvement conceptuel les plus propres à décrire les stades de notre expérience sensible. La réponse à cette question forme le sujet du prochain chapitre.

Quelques-uns de mes lecteurs pourraient être portés à considérer que, dans cette discussion, nous avons complètement déserté le domaine du sens commun. Qu'est-ce qui se se meut ? Pourquoi les corps naturels se meuvent, diront-ils, c'est une question de sens commun. Mais le sens commun est souvent un nom donné à la paresse d'esprit. Étant curieux, nous demanderons naturellement en quoi consistent ces corps et probablement l'on nous répondra que ce sont des quantités de *matière*. Persistant dans nos questions, nous demanderons : qu'est-ce alors que la matière ? il ne nous suffira pas qu'on nous dise : la matière est ce qui se meut. Tout ce que nous aurions fait alors ce serait d'avoir donné un nom à la chose qui se meut, mais nous n'aurions réussi ni à la définir ni à la décrire. Le lecteur s'imagine peut-être qu'on acquérera des connaissances sur la nature de la matière en consultant les manuels scientifiques autorisés. Examinons les exposés d'un ou de deux d'entre eux.

### § 3. — COMMENT LES PHYSICIENS DÉFINISSENT LA MATIÈRE

Un premier auteur dit : « *La matière est une conception primaire de l'esprit humain* », et plus d'un manuel élémentaire nous fournit pratiquement la même définition. Or l'obscurité et le paralogisme de cette formule ne peuvent être égalés que par les perversions des métaphysiciens<sup>1</sup>.

1. « La Matière » dit Hegel « est le simple reflet résumé, indéterminé, dans quelque autre chose, ou le reflet intérieur considéré comme déter-

La matière, nous dit-on, est ce qui se meut dans le monde des phénomènes et si l'on affirmait que la matière est une *perception* primaire de l'esprit humain, nous n'en serions pas plus avancés. Mais dans une certaine mesure, la proposition ne serait pas sans signification. Cependant, peut-être la phrase ne doit-elle pas être entendue littéralement comme signifiant qu'une conception primaire se meut véritablement parmi les perceptions, mais simplement que nous pouvons nous former par intuition une conception de ce qui se meut d'une manière perceptible — de façon que le perceptible corresponde véritablement au conceptuel. Dans ce cas, nous sommes encore ramenés à ce fait que le mouvement conceptuel est un mouvement d'idéaux géométriques qui ne correspondent pas d'une façon exacte à nos perceptions. En réalité, si la matière n'était qu'une conception, semblable à la conception d'un cercle, ce devrait être une notion claire et définie, tandis que le lecteur qui voudra se demander loyalement ce qu'il *conçoit* comme matière, s'apercevra que toute réponse est impossible, et s'il essaie d'en donner une, il s'enfoncera de plus en plus dans les fondrières de la métaphysique. Poursuivant nos recherches, nous arrivons naturellement au petit ouvrage intitulé *Matter and Motion* de Clerk-Maxwell, un des plus grands physiciens anglais de notre génération. Voici ce qu'il dit de la matière :

« *Nous ne connaissons la matière que par l'énergie qui*

miné au même moment ; c'est par conséquent l'état de la chose qui est ça et là — la substance ou le substratum de la chose. En ce sens, la chose a dans la matière son reflet intérieur ; elle n'existe pas en elle-même, mais dans la matière et il n'y a entre elles qu'une association superficielle, ou un lien extérieur qui les enveloppe (*The logic of Hegel*, traduit par W. Wallace, Oxford, 1874, p. 202). Nous pouvons sourire de pareilles absurdités, mais qu'elles aient été enseignées dans nos universités pendant la dernière décade du XIX<sup>e</sup> siècle, et cela aux frais du public, c'est plutôt un sujet de tristesse qu'un sujet de divertissement. Les scolaires les plus maltraités n'ont jamais rivalisé avec ces fondrières hegelienues, même avant qu'elles fussent transportées sur le sol anglais.

*peut lui être communiquée par une autre matière ou qu'elle peut communiquer à une autre matière. »*

Cette fois, il semble y avoir quelque chose de défini : la seule façon de comprendre la matière est de se référer à l'énergie qu'elle transmet. Qu'est-ce alors que l'énergie ? Voici la réponse de Clerk-Maxwell :

*« D'autre part, nous ne connaissons l'énergie que par ce qui passe continuellement, dans les phénomènes naturels, d'une portion de matière à une autre. »*

Toutes nos espérances s'évanouissent ! la seule manière de comprendre l'énergie c'est de se référer à la matière. La matière a été définie en partant de l'énergie et l'énergie en revenant à la matière. Cependant, les définitions de Clerk-Maxwell ont une grande valeur en ce sens qu'elles expriment brièvement la nature de certains procédés conceptuels à l'aide desquels nous décrivons certaines phases de notre expérience perceptible, mais, en tant que définition de la matière, elles ne nous renseignent pas plus que la proposition ; la matière est ce qui se meut.

Arrivons maintenant au fameux « *Treatise on natural philosophy* » de sir William Thomson (plus tard Lord Kelvin) et du professeur Tait — l'ouvrage type en langue anglaise sur les branches de la science physique dont il traite. Ces auteurs nous disent (§ 207) : « Nous ne pouvons pas, d'ailleurs, donner une définition de la *matière* qui satisfasse le métaphysicien, mais le naturaliste pourra se contenter de connaître la matière *comme ce qui peut être perçu par les sens*, ou bien *comme ce qui peut être actionné par une force ou produire une force.* » La dernière de ces définitions, et à la vérité la première également, implique l'idée de *force* qui, en fait, est un objet tombant directement sous le sens ; probablement sous tous nos sens et certainement sous le « sens musculaire. »

Nous renverrons à notre chapitre sur les « propriétés de la matière » pour une discussion plus approfondie de la question, *qu'est-ce que la matière ?*

Que le naturaliste ne soit nullement tenu de satisfaire le métaphysicien — pas plus qu'il n'est tenu de satisfaire le théologien — cela sera tout de suite admis par le sympathique lecteur de mon propre volume. Mais le naturaliste est tenu, de par son esprit scientifique, de sonder et d'analyser toute proposition, si haute que soit l'autorité sur laquelle elle se fonde ; de plus il est obligé d'examiner si une proposition relative à un fait physique est également d'accord avec son expérience psychologique. La science n'est pas divisée en compartiments n'ayant ni relations ni dépendances mutuelles, ni intercommunications. La science et sa méthode forment un tout et si une définition physique n'est pas exacte psychologiquement, elle n'est pas exacte physiquement.

Mais nous avons vu que le contenu de la perception est formé par les impressions des sens et par des impressions accumulées, c'est ce que nous pouvons percevoir au moyen des sens, et cela seulement. Nos auteurs regardent-ils comme de la matière toutes les impressions des sens ? Appelleraient-ils matière, la couleur, la dureté, la douleur ? Nous pensons que cela est peu vraisemblable ; ils voudraient probablement nous dire que la *source* de certains groupes d'impressions sensibles est ce qu'ils nomment la matière, mais ce n'est pas ce qu'ils disent. S'ils avaient dit cela, ils auraient reconnu eux-mêmes qu'ils ont passé derrière le rideau des impressions sensibles et qu'ils ont postulé une « chose en soi » (page 91) placée derrière le monde des phénomènes.

Ils auraient alors reconnu qu'ils s'efforçaient inconsciemment de satisfaire le métaphysicien qu'ils avaient si à propos désavoué. Cet essai inconscient de satisfaire « en eux-

mêmes les métaphysiciens » est de plus mis en évidence par leur seconde proposition qui rejette la notion de matière sur celle de *force*. Pour ces auteurs, la *force* est la cause du mouvement (§ 78), non dans le sens d'un antécédent ou d'une impression sensible conjointe — ainsi, par exemple, la position relative d'un objet par rapport à un autre — mais dans le sens métaphysique d'un agent mouvant. A la vérité, ils ne placent pas cet agent en mouvement derrière les impressions sensibles; ils le décrivent même comme un « objet direct pour les sens »; mais, au point de vue psychologique, la force doit être soit une impression des sens, soit un groupe d'impressions des sens; car, en tant que source ou objet d'impressions, elle aurait un caractère purement métaphysique. Mais comme groupe d'impressions en nous-mêmes, la force ne peut pas être ce qui *cause* le mouvement dans un monde objectif. Quant à notre appréciation musculaire de la force, c'est un point sur lequel nous aurons l'occasion de revenir plus tard.

Nous ne devrions cependant pas attacher beaucoup d'importance à ces observations des auteurs sur la matière, car ils nous disent expressément que la question de savoir ce qu'est la matière sera discutée dans un autre chapitre de leur ouvrage. Malheureusement, cette partie de leur important traité n'a jamais été publiée, bien qu'ils aient écrit les observations précédentes plus de vingt-cinq ans avant que ne paraisse la présente critique. Peut-être, s'ils étaient revenus à leur sujet, auraient-ils reconnu que si le mot matière n'était pas apparu plus fréquemment dans leur texte que dans leur index, leurs volumes n'auraient pas perdu un iota de leur inestimable valeur pour le physicien.

L'un des auteurs du *Traité de philosophie naturelle* a publié cependant un ouvrage intitulé : *Les propriétés de la matière*. Dans les pages 12 à 13 de cet ouvrage, on ne trouve

pas moins de neuf définitions, et dans les pages 287 à 291 pas moins de vingt-cinq définitions ou descriptions de la matière ; encore s'en faut-il que l'idée de matière soit rendue intelligible par tous ces exposés : le professeur Tait lui-même écrit :

« *Nous ne savons pas et nous sommes probablement incapables de découvrir ce qu'est la matière.* » Puis « *La découverte de la nature définitive de la matière dépasse probablement la portée de l'intelligence humaine.* »

Ces propositions marquent une avance considérable sur le point de vue du *Traité de la philosophie naturelle*. Elles feront du moins comprendre au lecteur que ce n'est point de ma part une simple fantaisie que de me demander si la matière doit *en somme* figurer dans les traités scientifiques. Lorsqu'un auteur nous dit que c'est une conception primaire de l'esprit humain et un autre qu'elle dépasse probablement la portée de l'intelligence humaine, nous éprouvons le sentiment désagréable de voir le métaphysicien sourire à ce tournant. Si nos principaux savants ne réussissent pas à nous dire ce que c'est que la matière, ou bien s'ils vont jusqu'à affirmer que nous sommes probablement incapables de la connaître, il est certainement temps de se demander si ce fétiche des métaphysiciens doit être conservé dans le temple de la science.

#### § 4. — LA MATIÈRE OCCUPE-T-ELLE L'ESPACE ?

Mais revenons au professeur Tait, il a donné pour titre à son livre : *Les propriétés de la matière* et cela, dira le lecteur, signifie quelque chose, quelque chose de bien déterminé. Dans le but de classer nos impressions sensibles, il est sans aucun doute utile d'en désigner des groupes parti-

culiers possédant certains caractères distinctifs sous le nom « d'impressions matérielles des sens », et ces impressions matérielles sont celles dont s'occupe le professeur Tait sous le titre de propriétés de la matière. Le métaphysicien inconscient, c'était le professeur Tait qui groupait les impressions de cette catégorie et les considérait comme des propriétés de quelque chose placé au delà de la sphère des perceptions, à savoir la matière<sup>1</sup>.

Comme définition de travail, le professeur Tait disait : « *La matière est tout ce qui peut occuper de l'espace.* » Or cette définition nous conduira à un certain nombre d'idées qu'il est instructif de suivre jusqu'au bout. En premier lieu, est-ce à l'espace perceptible ou à l'espace conceptuel que cette définition s'applique ? Si c'est à l'espace conceptuel, la matière doit être une forme géométrique — ce résultat, à notre avis, n'est pas celui que notre auteur avait en vue. Il est plus probable que le professeur Tait regardait l'espace comme objectif en lui-même, bien qu'il ait évité toute déclaration précise sur ce sujet vraiment important (voir sa page 47).

Cependant, du point de vue où nous nous plaçons dans le présent volume, l'espace est le mode d'après lequel nous distinguons des groupes d'impressions coexistantes des sens, et par conséquent, seuls des groupes d'impressions sensibles peuvent être dits « occuper » l'espace. Cette

1. La métaphysique inconsciente du professeur Tait se rencontre à presque toutes les pages où il traite des concepts fondamentaux de la science physique. Ainsi, il affirme « l'objectivité de la matière », tandis que la force, nous dit-il, n'est pas objective, mais subjective. Malgré cette assertion, « la matière est pour ainsi dire, le jouet de la force ». Comment ce rien, cette « suggestion fantasmagorique de notre sens musculaire », cette force, peut-il avoir un jouet objectif, il serait embarrassant pour un métaphysicien de l'expliquer. Le physicien métaphysicien de l'époque actuelle remplacerait « matière » par « électricité », mais il définirait probablement, moins encore que le professeur Tait, ce succédané, considéré comme entité perceptible.

définition nous conduirait donc à identifier la matière avec des groupes d'impressions sensibles : dans la vie pratique de chaque jour, les choses que nous appelons matière sont certainement des groupes plus ou moins permanents d'impressions, non des « choses en soi » inconnaissables, placées « au delà des impressions sensibles ». Il ne peut se produire aucune objection scientifique à ce que nous classions certains groupes plus ou moins permanents d'impressions et que nous les appelions matière. Opérer ainsi nous conduit véritablement très près de la définition que John Stuart Mill a donnée de la matière « une possibilité permanente de sensation<sup>1</sup> ». Mais cette définition de la matière nous détourne alors complètement de la matière considérée comme la chose qui se meut. On peut difficilement dire que la pesanteur, la dureté, l'impénétrabilité *se meuvent* ; ce sont des impressions du bureau téléphonique qu'est le cerveau ; leur groupement, leur variation et leur succession peuvent nous conduire à la *conception* du mouvement ; mais on ne peut dire qu'une impression sensible, en elle-même, se meut ; elle est aux terminaux cérébraux ou elle n'y est pas.

Afin de ramener le mouvement dans la sphère des impressions sensibles, nous sommes obligés d'associer la couleur, la dureté, la pesanteur, etc., à des formes géométriques, et en effectuant de telles constructions (p. 51), nous passons du domaine de la perception à celui de la conception. Je déplace ma main : le pouvoir de réaliser ce mouvement dépend de ce que je conçois ma main comme limitée par

1. *System of Logic*, livre I, chap. III. Que les groupes d'impressions sensibles reviennent suivant une forme plus ou moins permanente, c'est une expérience que nous faisons à chaque instant de notre vie. Il y a une « possibilité permanente d'impressions sensibles ». Nous ne sommes tenus à aucune affirmation touchant le fait que cette possibilité résiderait dans une entité-matière *suprasensible*.

une surface continue. Si le physicien me dit que ma main est un agrégat de molécules discrètes, alors l'idée du mouvement de ma main est ramenée au mouvement de la multitude des molécules. Mais la même difficulté se présente pour chaque molécule particulière. Je puis la surmonter en supposant que la molécule en elle-même est un groupe d'atomes, mais je ne puis concevoir le mouvement de l'atome sans le supposer limité par une surface continue ou autrement sans le regarder comme un point.

Le seul autre moyen d'éviter la difficulté est de constituer l'atome avec des atomes encore plus petits — (et certains phénomènes présentés, soit par l'analyse spectrale des gaz, soit par les recherches modernes sur l'électricité, peuvent bien nous porter à croire que l'atome ne peut être conçu comme élément ultime ou « premier élément de la matière »). — Mais que sont les plus petits atomes, sont-ils des idéaux géométriques, ou sont-ils formés d'atomes encore plus tenus et s'il en est ainsi, où nous arrêterons-nous ? L'opération nous remet en mémoire les lignes de Swift :

Ainsi, observent les naturalistes, une puce  
 A des puces plus petites qui la rongent,  
 Celles-ci sont dévorées par d'autres plus petites encore,  
 Et ainsi de suite *ad infinitum*.

Je suis incapable de vérifier l'affirmation de Swift, en ce qui concerne les puces, mais je suis tout à fait sûr que si nous affirmons l'existence réelle, dans le monde des phénomènes, de tous les concepts à l'aide desquels nous décrivons scientifiquement les phénomènes — molécule, atome, atome primaire, même *ad infinitum* — cela ne nous empêchera pas d'avoir finalement à considérer la chose en mouvement comme un idéal géométrique, d'avoir à postuler l'existence phénoménale de ce qui est contraire à notre

expérience. Ce point fait ressortir très clairement ce que le présent auteur tient pour être un canon fondamental de la méthode scientifique, savoir : « *On ne doit assigner d'existence réelle à aucun concept, quelque inestimable qu'il puisse être comme moyen de décrire la routine de nos perceptions, sans avoir découvert actuellement son équivalent perceptible.* »

Toutes les fois que nous négligerons ce canon, quand par exemple nous affirmerons la réalité des mécanismes à l'aide desquels nous décrivons notre expérience physique, alors il y aura *antinomie* ou conflit de règles. Car ces mécanismes sont des constructions fondées sur des limites conceptuelles impossibles à atteindre dans le champ de la perception. Lorsque nous considérons l'espace comme objectif et la matière comme la chose qui l'occupe, nous formons une construction basée sur les symboles géométriques à l'aide desquels nous analysons conceptuellement le mouvement. Nous projetons dans la perception la forme et le volume de la conception, et nous sommes si habitués à cet élément conceptuel de la construction que nous le confondons avec une réalité de la perception. Si nous faisons un pas de plus dans la réalisation des conceptions, et si nous admettons la réalité des atomes, l'antinomie devient évidente. Si les corps sont constitués par des multitudes d'atomes, comment peuvent-ils avoir une forme ou un volume réels ? Quelle est la forme ou le volume d'un essaim d'abeilles ou d'un nuage de poussière ? Évidemment nous ne pouvons leur donner une forme et un volume qu'en les revêtant d'une surface géométrique.

De même que dans un essaim d'abeilles ou dans un nuage de poussière, certains membres de la communauté situés près de cette surface imaginaire, passent constamment de l'intérieur à l'extérieur, de même — si nous phéno-

ménalisons la conception — nous devons affirmer qu'à la surface de l'eau ou du fer, des molécules ou des atomes particuliers quittent perpétuellement le groupe ou y reviennent.

Il se produit à la surface de l'eau de la condensation et une évaporation ; le fer a une odeur métallique. Mais si l'ensemble présente à sa surface cet état continuel de mouvement, nous ne pouvons parler de son volume ou de sa forme *qu'idéalement*, comme d'un mode de distinguer un groupe particulier d'un autre groupe d'impressions sensibles (p. 245). C'est ce volume conceptuel, ou cette forme conceptuelle, qui occupe l'espace et c'est cette forme, et non les impressions sensibles dont nous concevons le mouvement. Si nous regardons l'espace comme occupé par les membres individuels de l'agrégat, ce ne sont certainement pas les volumes et les formes de ces individus que nous regardons comme le volume et la forme du corps matériel, car nous regardons ces individus comme imperceptibles et le corps comme perceptible. De plus, nous devons alors inférer que l'inconnu est en somme différent du connu, que les idéaux géométriques peuvent être réalisés dans l'imperceptible.

C'est là d'ailleurs une brèche dans le second canon de l'inférence logique (p. 75).

A ce point, notre analyse des définitions de la matière données par les physiciens nous entraîne irrésistiblement à la conclusion suivante : que la matière comme cause inconnaissable d'impressions sensibles est une entité métaphysique aussi dépourvue de sens, pour la science, que tout autre postulat de causation placé au delà des impressions sensibles ; elle est aussi vaine que toute *autre chose en soi*, que toute autre projection dans le suprasensible, bien qu'elle se confonde avec la force des matérialistes ou l'esprit infini des philosophes. Par contre, la classification de

certains groupes d'impressions sensibles considérés comme groupes matériels a une valeur scientifique ; elle ne fournit pourtant aucun éclaircissement sur la question de la matière considérée comme la chose qui se meut d'une manière perceptible. Idéalement, tout mouvement est le mouvement d'idéaux géométriques qui sont choisis pour décrire le mieux possible ces changements d'impressions sensibles qu'en langage ordinaire nous appelons des mouvements perceptibles.

§ 5. — LA MATIÈRE IMPÉNÉTRABLE ET DURE  
DU « SENS COMMUN »

En se fondant sur son expérience journalière, le lecteur pourrait être porté à affirmer que les physiciens dont il vient d'être question et l'auteur lui-même jouent sur les mots, que nous pouvons décrire suffisamment la matière en disant qu'elle est *impénétrable* et *dure*. Ces termes décrivent bien des classes importantes d'impressions sensibles ; les impressions d'impénétrabilité et de dureté sont des facteurs très fréquents de ce que nous avons appelé des groupes matériels d'impressions sensibles. Mais il est très douteux que nous puissions les considérer comme invariablement associées à ces groupes matériels.

Dans une certaine mesure, si nous le faisons, nous serions de nouveau conduits aux antinomies auxquelles on n'échappe pas lorsqu'on passe sans précaution du champ de la perception dans celui de la conception. Lorsque nous disons qu'une chose est impénétrable, nous ne pouvons que vouloir dire que quelque chose autre ne passe pas à travers, ou bien qu'il y a deux groupes de sensations que, dans notre expérience sensible, nous sommes toujours capables de distinguer dans l'espace. L'impénétrabilité ne peut donc

être qu'un terme relatif; une chose est impénétrable pour une autre. Lorsque nous disons que la matière est impénétrable, nous n'avons pas le droit de dire que rien ne peut la traverser.

Un oiseau ne peut traverser un carreau de verre, mais un rayon de lumière y pénètre très facilement. Un rayon de lumière ne peut traverser une cloison de briques, mais une onde électrique le peut. Pour décrire le mouvement de ces ondes lumineuses et électriques, le physicien conçoit l'éther qui pénètre dans tous les corps et agit comme agent de transport de l'énergie.

La matière ne peut donc pas être regardée comme la chose impénétrable d'une façon *absolue*. Ou bien perdons-nous de vue ce qu'on veut dire lorsque l'on affirme que la matière est ce qui est impénétrable? Voulons-nous postuler l'existence réelle des atomes et supposer alors que les membres individuels de l'agrégat sont imperceptibles? Dans ce cas, une nouvelle difficulté surgit. Pour beaucoup de raisons, les physiciens tendent à croire que l'atome n'est pas l'élément le plus simple de l'analyse conceptuelle des groupes matériels.

De même qu'une cloche lorsqu'elle est frappée, met l'air en mouvement et donne une note, nous concevons qu'un atome puisse être frappé et mette en mouvement non pas l'air mais l'éther et donne, pour ainsi dire, une note d'éther. Les notes de ce genre produisent en nous certaines sensations optiques — par exemple, les lignes brillantes d'un gaz raréfié. De même que sans voir deux cloches nous pouvons (et nous le faisons souvent), les distinguer par leurs notes<sup>1</sup>, de même le physicien distingue un atome d'hydro-

1. Le propriétaire d'une maison est généralement capable de distinguer le son de la cloche de la porte de derrière, du son de la cloche de la porte principale, bien que quatre-vingt-dix-neuf fois sur cent, il n'ait jamais examiné les cloches de sa maison.

gène d'un atome d'oxygène, bien qu'il ne les ait vus ni l'un ni l'autre, par les notes lumineuses différentes dont il conçoit l'émission. Mais, de même que la cloche, pour donner une note, doit être supposée en vibration — modifiant sa forme et subissant une déformation élastique — de même, le physicien se trouve forcé pratiquement de concevoir que l'atome subit une déformation élastique, modifie sa forme. Cette conception nous oblige à supposer que l'atome est constitué de parties distinctes capables de modifier leurs positions relatives. Que sont ces parties finales de l'atome dont le mouvement relatif nous permet de décrire les sensations des raies brillantes du spectre ?

Nous commençons maintenant à avoir des idées sur la constitution de l'atome. Les parties ultimes de l'atome sont dites des « électrons » et l'éther est conçu comme pénétrant l'atome. Dans le présent développement de nos théories (voir chap. ix), il est impossible de dire définitivement si cela simplifie ou non les choses que de concevoir l'atome comme « pénétrable » ou « impénétrable ». Ces termes sont le plus souvent en eux-mêmes sans signification. De sorte que même si nous allons jusqu'à donner une existence réelle au concept de l'atome, cela ne peut nous aider à comprendre cette affirmation que la matière est impénétrable.

#### § 6. — INDIVIDUALITÉ N'IMPLIQUE PAS UNIFORMITÉ DU SUBSTRATUM

Serons-nous cependant plus dogmatique encore, et, niant que l'éther soit de la matière, affirmerons-nous que la matière est impénétrable *relativement* à la matière ? Pour donner une réponse déterminée à cette question, nous avons à passer du groupe matériel perceptible à ce que nous suppo-

sons être son élément fondamental, l'atome, et à nous demander si nous avons une raison quelconque de supposer que les atomes sont incapables de se pénétrer les uns les autres. Tout d'abord, le physicien, bien qu'il n'ait jamais saisi un atome, le conçoit comme quelque chose qui ne peut disparaître — il *existe continuellement*. En second lieu, si nous supposons qu'un atome entre en combinaison avec un autre, bien que nous n'ayons aucune raison d'affirmer que les deux atomes se pénétrèrent mutuellement, nous sommes encore obligés, pour décrire notre expérience perceptible à l'aide des atomes, de concevoir qu'on puisse tirer de la combinaison deux atomes séparés ayant les mêmes caractères individuels que les premiers. Quel droit avons-nous de postuler ces lois en ce qui concerne les atomes si les atomes, même en admettant qu'ils soient « réels », nous sont absolument imperceptibles, si nous sommes incapables d'observer leurs actions mutuelles ? Nous avons à cela exactement le même droit logique que celui d'établir toute loi scientifique que quelle qu'elle soit.

Nous constatons que ces lois relatives aux actions d'atomes isolés, lorsqu'elles sont appliquées à des groupes d'atomes, nous permettent de décrire avec une grande exactitude ce qui se passe dans les corps réels que nous symbolisons scientifiquement par des groupes d'atomes. Elles nous permettent de construire, sans contradiction avec l'expérience perceptible, ces routines d'impressions sensibles que nous appelons les réactions chimiques.

L'hypothèse que l'atome individuel est indestructible et impénétrable suffit pour expliquer certaines propriétés physiques et chimiques des corps supposés composés d'atomes. Mais l'existence continue des atomes dans les changements physiques, et la reproduction de leur individualité par la

dissolution de la combinaison chimique, peuvent être déduites d'autres hypothèses que celles de l'indestructibilité et de l'impénétrabilité de l'atome individuel. De ce que nous éprouvons le même groupe d'impressions à différents moments et en différents lieux, ou même d'une façon continue, il ne s'en suit pas nécessairement que les impressions sensibles sont fondées sur une seule et même chose.

Un exemple montrera clairement au lecteur ce que je veux dire et démontrera en même temps que quelle que soit l'utilité des hypothèses d'indestructibilité et d'impénétrabilité, ce ne sont pas encore des conceptions absolument nécessaires. De sorte que, même si nous projetons notre atome dans un domaine imperceptible du monde des phénomènes, il ne s'ensuit pas qu'il doive exister, comme élément fondamental d'un groupe permanent de sensations, quelque chose particulier et invariable dans tous les temps et dans toutes les positions.

La permanence et l'uniformité du corps réel peuvent se trouver dans le groupement individuel des impressions sensibles et non dans l'uniformité d'une chose imperceptible projetée du domaine de la conception dans celui des phénomènes.

L'exemple que nous prendrons est celui d'une vague à la surface de la mer. La vague forme pour nous un groupe de sensations, nous la regardons et nous la citons comme une chose individuelle. Mais nous sommes obligés de concevoir que la vague, lorsqu'elle est éloignée de cinquante mètres, est composée d'éléments qui se meuvent tout autrement que ceux qu'elle comprend quand elle arrive à nos pieds. Le substratum de la vague a changé. Jetons-y un bouchon de liège ; il s'élève et retombe lorsque la vague passe sur lui, mais il n'est pas entraîné par elle. La vague peut conserver sa forme et demeurer pour nous exactement le même

groupe de sensations en différentes positions et à des instants différents, et pourtant son substratum peut changer continuellement.

Nous pouvons même pousser plus loin l'image : nous pouvons former sur la surface d'une eau tranquille deux vagues de formes différentes (fig. 18) allant dans des directions opposées (*a*) ou dans la même direction, si la seconde vague a la plus grande vitesse. L'une de ces vagues rencontrerait ou atteindrait l'autre (*b*) ; elles s'uniraient ou se combineraient (*c*) produisant en nous pendant un certain temps (qui dépend entièrement de leurs vitesses relatives) un nouveau groupe de sensations qui diffère complètement de chaque groupe individuel ; mais, finalement elles se traverseraient réciproquement (*d*), réapparaissant avec leurs individualités distinctes, les mêmes qu'auparavant (*e*). A travers cette succession, les substratums des deux vagues individuelles changent, et ils restent identiques pendant la durée de la combinaison. Pourtant les vagues sont capables de conserver leurs caractères individuels jusqu'à réapparaître avec eux après que la combinaison a eu lieu<sup>1</sup>.

On voit ainsi, par un exemple perceptible que l'uniformité des impressions sensibles avant et après une combinaison n'implique pas nécessairement une uniformité de substratum.

J'ai cité cet exemple de la vague pour deux raisons. Il nous montre en premier lieu qu'il est possible de concevoir des atomes pénétrés par des atomes, et modifiant d'un instant à l'autre leur substratum, sans nier la possibilité de leur permanence physique et de leur reproduction individuelle

1. On trouvera une analogie de l'identité de poids total avant, pendant, et après la combinaison, dans l'identité de volume du fluide soulevé au-dessus du niveau de la mer, avant, pendant et après la rencontre. Idéalement, l'identité de poids n'implique pas nécessairement l'identité de substratum.

après une combinaison chimique. Regarder un atome comme ayant toujours le même substratum et comme impénétrable par d'autres atomes, cela peut nous aider à décrire facilement certains phénomènes physiques ou chimiques, mais il est parfaitement concevable que d'autres hypothèses

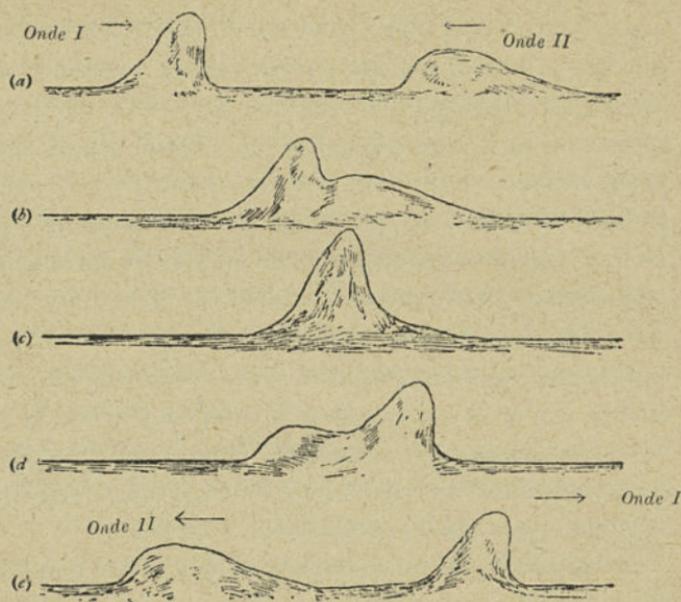


Fig. 18.

puissent également bien expliquer ces phénomènes ; cela étant, il est clair que nous n'avons aucun droit de projeter d'abord des conceptions spéciales dans le monde des phénomènes, puis d'affirmer par cela même que la matière, pénétrable en elle-même, est impénétrable dans son dernier élément, l'atome. Il est clair que l'impénétrabilité, ni en conception ni en perception, n'est un facteur nécessaire des groupes matériels d'impressions sensibles.

De plus, la permanence et l'uniformité d'un tel groupe

n'impliquent pas nécessairement, pour le groupe, la conception du même substratum invariable.

Ma seconde raison pour citer cet exemple de la vague est qu'il éclaire les possibilités comprises dans cette proposition : *La matière est ce qui se meut.*

La vague consiste en une forme particulière de mouvement dans le substratum qui, pour l'instant considéré, constitue la vague. Cette forme de mouvement elle-même se meut sur la surface de l'eau. Nous voyons donc par suite, qu'on peut concevoir à côté du substratum, quelque chose autre en mouvement, à savoir, les *formes du mouvement*. Et si, après tout, la matière, comme chose en mouvement, pouvait être idéalement représentée, le mieux possible, par une forme de mouvement se déplaçant, et cela que le substratum demeure ou non le même ? Nous reviendrons plus tard sur cette suggestion extrêmement fertile en résultats.

§ 7. — LA DURETÉ N'EST PAS UNE CARACTÉRISTIQUE  
DE LA MATIÈRE

Il nous reste maintenant à nous occuper de l'autre caractéristique, la dureté, que l'on attribue communément à la matière. Certaines personnes se contentent de remarquer, lorsqu'on leur signale l'ignorance de l'homme relativement à la nature de la matière, qu'il suffit de se frapper la tête contre un mur pour avoir une puissante démonstration de l'existence et de la nature de la matière. Si cette remarque a une valeur quelconque, elle peut seulement signifier que la sensation de dureté est, dans l'opinion de ces personnes, la preuve essentielle de la présence de la matière. Mais aucun de nous ne met en doute l'existence de l'impression de dureté associée à d'autres impressions sensibles dans certains groupes permanents ; nous en avons été avertis dès

les premiers jours de notre enfance et nous n'exigeons pas maintenant que cette existence soit démontrée expérimentalement. C'est une de ces impressions musculaires, nous le verrons, que la science conçoit pour décrire clairement l'accélération relative de certaines parties de notre corps et des corps extérieurs. Mais il est difficile de saisir comment l'impression de dureté peut nous apprendre davantage sur la nature de la matière que ne le ferait l'impression de mollesse. Il y a évidemment beaucoup de choses que l'on appelle vulgairement de la matière et qui ne sont certainement pas dures. De plus, il existe des choses qui satisfont aux définitions de la matière considérée comme ce qui se meut, ou ce qui occupe l'espace, et qui sont véritablement loin de produire des impressions de la nature de la dureté ou de la mollesse ; elles ne satisferaient même pas à notre définition si nous disions que la matière est ce qui est lourd, la lourdeur étant un facteur des groupes matériels d'impressions sensibles certainement plus répandu que la dureté. Entre le soleil et les planètes, entre les atomes des corps, les physiciens conçoivent l'existence de l'éther, agent intermédiaire, dont les vibrations constituent le canal au moyen duquel l'énergie électro-magnétique et l'énergie optique sont transportées d'un corps à un autre. En premier lieu, l'éther est une pure conception à l'aide de laquelle nous relierions différents mouvements dans l'espace conceptuel. Ces mouvements sont les symboles par lesquels nous décrivons les successions et les relations que nous percevons entre les différents groupes de phénomènes. L'éther est ainsi une manière de résumer notre expérience sensible : mais, comme un grand nombre d'autres conceptions dont nous n'avons aucune perception directe, les physiciens le projettent dans le monde des phénomènes et affirment son existence réelle.

Il paraît y avoir, dans cette assertion, autant ou aussi peu

de logique que dans le postulat d'un substratum réel, la matière, placé derrière les groupes d'impressions sensibles; les deux propositions sont actuellement des affirmations métaphysiques. Il n'y a aucune raison pour que dans l'avenir l'éther doive être considéré comme un éther dur ou lourd<sup>1</sup>, et cependant il peut être déformé, ou bien encore ses parties peuvent avoir des mouvements relatifs. De plus, du point de vue du professeur Tait, il occupe l'espace. Par suite, ceux qui associent la matière avec l'idée de dureté ou de poids doivent être prêts à nier que l'éther soit de la matière ou à se contenter de l'appeler l'immatériel. Il convient d'observer en même temps que les métaphysiciens — soit matérialistes affirmant l'existence réelle à la fois de l'espace et d'un substratum permanent de la sensation, soit philosophes de « sens commun » nous engageant à nous frapper la tête contre un mur — que ces métaphysiciens parviennent fatalement à des résultats différents lorsqu'ils disent que la matière est ce qui se meut, que la matière occupe l'espace ou que la matière est ce qui est dur et lourd.

§ 8. — LA MATIÈRE CONSIDÉRÉE COMME « NON-MATIÈRE »  
EN MOUVEMENT

Cependant, les philosophes du sens commun tiennent en réserve un dilemme encore plus remarquable. Nous n'avons pas encore une conception lucide de ce qui constitue l'éther, l'immatériel de nos philosophes. A première vue, il y a, en fait, deux voies tout à fait différentes par lesquelles

1. Je me permets de penser que la tentative de feu Lord Kelvin de peser l'éther, est un pas en arrière (voir ses *Lectures on molecular dynamics*, p. 206 à 208; Baltimore, 1884). Si l'éther est un concept suffisamment compréhensif, la gravitation devrait en découler; c'était certainement l'idée de Lord Kelvin lorsqu'il proposait sa théorie de l'atome tourbillon.

on parvient à l'éther comme à une limite idéale de notre expérience sensible (voir p. 266), mais actuellement la science a le grand espoir de montrer que la « matière dure et lourde » est de l'éther en mouvement. En d'autres termes, il est parfaitement de l'ordre des possibilités que, dans le prochain quart de siècle, notre description symbolique du monde des phénomènes sera énormément simplifiée et que la science adoptera, comme base symbolique des groupes matériels d'impressions sensibles, un type de mouvement de l'éther conceptuel ; ou encore, en langage plus expressif sinon plus exact, elle regardera la matière qui nous est familière comme de la « non-matière » en mouvement. Nous reconnaitrons alors que nos sensations de dureté, de poids, de couleur, de température, de cohésion, de constitution chimique peuvent toutes être décrites à l'aide d'un simple agent intermédiaire conçu comme n'ayant lui-même ni la dureté, ni le poids, ni la couleur, ni l'élasticité des formes perceptibles ordinaires. Il en résulterait un progrès incommensurable dans notre puissance scientifique de description<sup>1</sup>.

Pourtant, si les physiciens persistaient alors à projeter le conceptuel dans la sphère des impressions sensibles et à affirmer l'existence réelle de l'éther, nous ne saurions pas encore quelle est la chose qui se meut et en quoi peut réellement consister la matière-éther.

Notre analyse des diverses définitions fournies par les physiciens et par les philosophes du sens commun au sujet de la nature de la matière nous apprend ainsi qu'elles sont toutes, sans exception, *métaphysiques* — c'est-à-dire qu'elles cherchent à décrire quelque chose au delà des impressions

1. Il semble que nous tâtons le terrain dans cette direction. Les physiciens commencent à concevoir « la matière » comme un ensemble de centres d'action électromagnétique et à admettre que la différenciation de la matière réside dans le groupement et le mouvement de ces centres.

sensibles, en dehors de la perception ; elles apparaissent donc au mieux comme des dogmes, au pis comme des inconséquences.

Si nous nous enfermons dans le domaine de la conséquence logique, nous voyons dans le monde des phénomènes, non de la matière en mouvement, mais des impressions sensibles et des changements d'impressions : coexistence et séquence, association et routine. La science symbolise en concepts ce monde des impressions sensibles en faisant appel à un milieu infiniment étendu dont les divers types de mouvement correspondent aux divers groupes d'impressions sensibles et nous permettent de décrire les associations et les successions de ces groupes. Les éléments en mouvement de ce milieu peuvent, par la pensée, être simplement considérés comme des idéaux géométriques, des points ou des surfaces continues. Pour que notre tracé, notre dessin symbolique, représente le mieux notre expérience perceptible, nous voyons qu'il est nécessaire de doter ces idéaux géométriques de positions, de vitesses, d'accélération relatives dont les relations peuvent s'exprimer par certaines lois simples appelées les lois du mouvement (voir le chapitre suivant).

Si nous employons le mot *matière* pour désigner les choses en mouvement, sur le tracé conceptuel, on ne peut faire aucune objection à ce choix pourvu que nous distinguons soigneusement de la matière conceptuelle les idées métaphysiques sur la matière considérée comme substratum des impressions sensibles, comme chose qui se meut perceptiblement, qui occupe l'espace ou qui peut être définie : ce qui est lourd, dur et impénétrable. Ainsi, la matière conceptuelle est tout simplement un nom donné aux idéaux géométriques pourvus de certains mouvements combinés, à l'aide desquels nous décrivons la routine de

nos perceptions extérieures. C'est dans ce sens que nous emploierons le mot matière dans le reste de cet ouvrage, à moins que nous ne fassions expressément allusion à la matière des métaphysiciens. La matière « lourde » sera le nom du symbole conceptuel par lequel nous représentons ce que nous avons appelé des groupes matériels d'impressions sensibles formant des individualités isolées, tandis que la matière-éther sera le nom du symbole par lequel nous représentons d'autres phases de l'impression sensible, en particulier l'alliance dans l'espace et le temps, d'impressions qui appartiennent à différents groupes matériels. Nous ne projeterons pas nos conceptions dans les choses imperceptibles<sup>1</sup> du champ de la perception ! tant que cela ne sera pas nécessaire pour critiquer les notions physiques courantes.

Du point de vue où l'on regarde la science comme une description conceptuelle à l'aide d'une sténographie mentale nous devons nous efforcer de conserver les symboles de cette sténographie comme des limites générales *idéales* d'opérations perceptibles, comme n'ayant pas d'équivalents perceptibles exacts.

Le réduction de la « matière » à de la « non-matière en mouvement », de la matière lourde à la matière-éther, est si importante, comme simplification possible de notre analyse scientifique des phénomènes, que nous devons consacrer quelques pages à sa discussion. Nous appellerons *atome primaire* l'élément fondamental de la matière lourde, élément dont peut-être les atomes chimiques sont eux-mêmes constitués,

1. Le lecteur préférerait peut-être les mots « choses non perçues » plutôt que « choses imperceptibles ». Mais, comme toute perception extérieure est un groupe d'impressions sensibles, l'atome, s'il constitue un phénomène réel, ne pourrait paraître sensible que par la couleur, la dureté, la température, etc., les impressions mêmes qu'il sert à décrire. Par suite, si l'atome n'est pas ces choses elles-mêmes, mais leur source, on peut vraiment l'appeler *imperceptible*.

Nous avons alors à voir quels sont les types de mouvement de l'éther que l'on a suggérés comme formes possibles de l'atome primaire.

On peut signaler deux suggestions fondées sur notre postulat que l'éther a la même constitution que la matière. Nous ferons ici une courte digression afin de jeter quelque lumière sur cette constitution de l'éther.

§ 9. — L'ÉTHER, « FLUIDE PARFAIT »  
ET « GELÉE PARFAITE »

Le lecteur est certainement familiarisé avec deux types de corps perceptibles que l'on peut, au moins grossièrement, regarder les uns comme liquides les autres comme élastiques. Comme spécimens de ces deux types, nous prendrons l'eau et la gelée. En tant que substances, l'eau et la gelée présentent une ressemblance remarquable à certains égards et une divergence remarquable à d'autres égards.

Si nous enfermons l'eau ou la gelée dans un cylindre fermé à son extrémité inférieure et si nous les comprimons avec un piston lourdement chargé, nous trouvons que cette compression est insensible, en fait très faible. Des expériences soigneuses avec des appareils de précision montrent cependant que ces substances sont compressibles, mais la grandeur de la compression, bien que mesurable, est excessivement faible par rapport à ce que serait par exemple la compression de l'air par le même poids. Nous exprimons ce résultat en disant que l'eau ou la gelée offrent une grande résistance à une forme particulière d'élasticité, le changement de volume (p. 292). Mais cette résistance n'est que relative, relative à d'autres substances telles que les gaz et relative aux compresseurs dont nous disposons. Dans le champ de notre expérience perceptive, il n'existe aucune substance

qui ne subisse absolument aucun changement de volume, ou pour laquelle un changement de volume soit impossible. Par suite, une substance incompressible est simplement une limite idéale qui n'a pas d'équivalent dans le monde des phénomènes, mais à laquelle on parvient en poursuivant indéfiniment un processus (ou une classification des corps compressibles) dont le point de départ est dans la perception. Passant de l'analogie à la différence, nous remarquons que si l'on appuie une latte de bois ou même une lame de couteau sur la gelée, il faut un effort notable pour la couper ou pour la séparer en deux parties; par contre, l'eau est séparée par la latte sans résistance sensible. Dans ce cas, le changement de forme est de la nature d'un glissement (p. 295), et nous disons que l'eau offre une faible résistance, la gelée une résistance plus notable, à l'élasticité de glissement.

Ici encore, la notion de la grandeur de la résistance est relative. D'après notre expérience, tous les fluides offrent une résistance semblable, quoique faible, au glissement de leurs parties les unes par rapport aux autres. Le fluide qui offre une résistance absolue à la compression et nulle résistance au glissement de ses parties — ou dont les parties glissent les unes sur les autres sans frottement — est simplement une limite conceptuelle. Un tel fluide s'appelle *fluide parfait*. D'autre part, en passant à la limite opposée pour le cas d'une gelée incompressible, c'est-à-dire en supposant que celle-ci résiste d'une façon absolue au changement de forme par glissement, nous obtiendrions un corps incapable de modifier sa forme, soit par compression, soit par glissement, et ainsi nous arriverions à cette limite idéale, le *corps rigide*. Si nous supposons une résistance absolue à la compression et une résistance partielle au glissement, nous obtiendrions idéalement

un milieu qu'on peut peut-être appeler une *gelée parfaite*.

Revenons maintenant à l'éther; les physiciens le conçoivent incompressible mais, dans certains cas, ils paraissent le traiter comme un *fluide parfait* et dans d'autres cas, comme une *gelée parfaite*<sup>1</sup>. A première vue, il semble y avoir là une contradiction ou un conflit de perceptions et il en résulte, sans doute, des difficultés que les physiciens, à l'heure actuelle, sont loin d'avoir surmontées. Si nous considérons l'éther comme purement conceptuel, alors, pour décrire différentes phases des phénomènes, nous avons certainement le droit de le considérer d'abord comme d'une certaine nature, puis comme possédant une autre nature. Mais, ce faisant, nous abandonnons évidemment le terrain pour acquérir une vue plus large qui résumera en même temps les deux phases du phénomène; elle n'en comportera pas les contradictions qui surgissent lorsque les deux phases interviennent dans la même recherche. Ainsi, si l'éther, en tant que fluide parfait, nous permet de représenter les atomes par les types de mouvement dont il est capable et si l'éther, en tant que gelée parfaite, nous permet de décrire les radiations de la lumière, il est clair que si nous regardons l'atome comme une source de radiations lumineuses, nous tombons dans une sérieuse confusion, puisque nous concevons l'éther à la fois comme un fluide parfait et comme une gelée parfaite. A la vérité, il nous faut essayer de mettre quelque accord entre ces deux conceptions. Si nous demandons à l'expérience perceptible de nous en suggérer le moyen, nous remarquerons que l'eau est l'élément principal de la gelée et que, par l'addition de matières plus ou moins gélatineuses, nous pouvons la transformer en une gelée de quelque consistance. De la même façon, nous pouvons concevoir une

1. Dans certains cas aussi comme l'un et l'autre à la fois.

série de gelées parfaites rangées d'après leur résistance au glissement, en passant par tous les degrés de viscosité, depuis le fluide parfait jusqu'au corps rigide parfait. Dans cette série de gelées, nous pouvons alors en choisir une qui soit sensiblement un fluide parfait pour les élasticités de glissement d'une certaine amplitude tandis qu'elle se comporterait comme une gelée parfaite pour des élasticités plus faibles telles que celles dont il s'agit dans la théorie de la radiation lumineuse.

C'est la solution proposée en 1845 par Sir Georges G. Stokes<sup>1</sup>, et que l'on peut appeler la théorie gélatineuse de l'éther.

La théorie de l'éther gélatineux a sans aucun doute de la valeur parce qu'elle simplifie plusieurs de nos idées sur les phénomènes physiques, mais dans quelle mesure peut-elle se concilier avec la théorie de l'atome primaire constitué par un système de mouvements de l'éther, de nouvelles recherches sont nécessaires pour l'établir<sup>2</sup>.

Il est une autre possibilité dont je ne puis parler que très brièvement ici. L'éther peut être considéré comme un fluide parfait; or précisément de même qu'un certain type de mouvement de l'éther correspond à l'atome, de même d'autres types de mouvement peuvent servir à durcir l'éther ou à lui attribuer une rigidité élastique.

L'éther peut être un fluide parfait, mais en raison de

1. *Mathematical and physical Papers*, volume I, pages 125 à 129, et volume II, pages 42 et 43. Le présent auteur considère toutefois qu'il y a une différence de qualité et une différence de degré entre un fluide visqueux et un milieu élastique. Le caractère différent des équations d'un solide plastique et des équations d'un fluide visqueux en est une preuve suffisante. Dans le premier cas, un déplacement est produit par un effort quelconque à partir d'une certaine valeur, dans le second, par tout effort *quelqu'il soit* pourvu qu'il continue assez longtemps.

2. Par exemple, il serait difficile de concevoir la possibilité de l'atome-tourbillon de Lord Kelvin.

l'agitation de son mouvement, il peut agir dans certains cas comme une gelée parfaite.

Cette hypothèse sera mieux appréciée lorsque j'aurai dit quelques mots des mouvements de l'éther qui peuvent constituer l'atome primaire.

§ 10. — L'ATOME ANNEAU-TOURBILLON ET L'ATOME  
JET-D'ÉTHER

En construisant un atome avec un mouvement de l'éther, nous avons d'abord à nous représenter comment il est possible que l'éther n'étant pas lui-même dur, c'est-à-dire résistant au changement de forme, puisse cependant se concevoir comme donnant naissance par son mouvement aux sensations de dureté et de résistance.

On peut aisément se former quelques idées générales sur le genre des résistances produites par des types particuliers de mouvement de la manière suivante :

Prenons un fuseau ordinaire à filer et supposons que nous parvenions, avec beaucoup de soin, à le faire tenir en équilibre sur sa pointe. Il est clair que le moindre contact de la main le renversera ; il n'offre aucune résistance au mouvement de la main. De même, si l'extrémité du fuseau est fixée à la table par une genouillère. Par contre, si l'on fait tourner le fuseau, les choses changent complètement ; le fuseau présente maintenant une résistance considérable au renversement et si on le fait tourner partiellement autour de sa genouillère, il tend à reprendre son ancienne position verticale. De semblables fuseaux disposés en nombre considérable offriraient une grande résistance si l'on passait la main sur la table à une distance plus faible que leur hauteur. Cet exemple convaincra peut-être le lecteur qu'un certain type de mouvement peut suffire à rendre rigide un corps

qui, à d'autres égards, n'est pas rigide. Un autre exemple de mouvement produisant de la rigidité est fourni par l'anneau de fumée que connaissent bien la plupart des fana-tiques du tabac. Deux de ces anneaux de fumée ne s'unissent pas ; ils se traversent et tourbillonnent l'un autour de l'autre et autour des objets qui se trouvent sur leur pas-sage ; de plus, on voit facilement que leurs mouvements relatifs dépendent étroitement de leurs positions relatives.

Nous voyons les anneaux de fumée parce que les parti-cules humides de la fumée rendent visible le mélange gazeux, de même que des particules semblables rendent visible la vapeur ; mais nous pourrions souffler dans l'air des anneaux d'air qui se comporteraient précisément comme des anneaux de fumée, seulement ils seraient invi-sibles. De tels anneaux sont appelés *anneaux-tourbillons* ; si nous étudions l'action de ces anneaux, non dans l'air ni dans l'eau, mais dans notre fluide conceptuel parfait, nous voyons que, de même que les atomes, ils conservent leur individualité propre ; ils entrent en combinaison, mais ne peuvent être créés ni détruits. C'est le fondement de la théorie des anneaux-tourbillons de la matière de Lord Kel-vin. D'après cette théorie, un atome primaire est un anneau-tourbillon d'éther<sup>1</sup>. A l'aide du mouvement tourbillon, ou des éléments de liquide en rotation dans un liquide, nous pouvons remplacer l'éther gelée parfaite par l'éther fluide parfait dans un certain état d'agitation<sup>2</sup>. C'est l'éther dit *gyrostatique* dont les propriétés ont été développées

1. Pour un exposé plus complet de cette théorie, voir l'article de Clerk-Maxwell « Atom » dans l'*Encyclopædia Britannica*, 2<sup>e</sup> volume, pages 445 à 484. Voir aussi comment la rotation produit une résistance élastique dans le *popular lectures and addresses* de S.-W. Thomson, 1<sup>er</sup> volume, pages 142 à 146 et 235 à 252.

2. Voir G.-F. Fitzgerald : « on an electro-magnetic intrepertation of turbulent fluid motion », *Nature*, vol. XL, pages 32 à 34.

par Sir J. Larmor. Nous pouvons alors nous passer de l'hypothèse de Sir Georges Stokes sur la viscosité légère. Mais si suggestives que puissent être ces idées quant à la manière dont il sera possible dans l'avenir de dégager nos conceptions de l'éther et de l'atome, en réalité, à l'heure actuelle, celles-ci sont loin d'être dégagées et il y a plusieurs difficultés dans la théorie de l'atome tourbillon — notamment la difficulté d'expliquer la gravitation — que le présent auteur n'a pas grand espoir de voir jamais surmontées.

Tandis que la théorie de Lord Kelvin suppose que le substratum d'un atome est toujours constitué des mêmes éléments, l'auteur s'est permis de mettre en avant une théorie dans laquelle l'éther étant considéré comme un fluide parfait, l'atome individuel n'est pas toujours constitué des mêmes éléments de l'éther. Dans cette théorie, on conçoit l'atome comme un point à partir duquel l'éther rayonne dans toutes les directions de l'espace; un tel point est appelé un *jet d'éther* (*ether squirt*). Un jet d'éther dans l'éther est ainsi quelque chose comme un robinet ouvert sous l'eau avec cette différence que le mécanisme du robinet est inutile. Deux jets semblables, placés dans l'éther, se meuvent l'un par rapport à l'autre, tout comme deux particules gravitantes, la masse de l'un ou de l'autre correspondant à la vitesse moyenne avec laquelle l'éther est lancé dans le jet. Des variations périodiques dans la vitesse de jaillissement, influencées par l'action mutuelle des groupes de jets, on peut déduire plusieurs des phénomènes d'action chimique, de cohésion, de lumière et d'électro-magnétisme. En fait, le jet d'éther paraît être un mécanisme conceptuel capable de décrire une série considérable de phénomènes.

L'idée de ce mécanisme implique, naturellement, la conception de matière négative ou d'un *trou d'éther*; car la quantité jaillissant dans un fluide incompressible doit au

moins être égale à la quantité qui sort. Toutefois, comme un jet d'éther et un trou d'éther peuvent être regardés comme se repoussant l'un l'autre, on ne sera pas surpris que nous soyons forcés de considérer notre portion de l'univers comme formée de matière positive. La matière négative, ou les trous d'éther, serait sortie depuis longtemps du champ des jets d'éther<sup>1</sup>.

§ 11. — UNE ÉCHANCRURE MATÉRIELLE  
DANS LE SUPRASENSIBLE

Maintenant, le lecteur peut naturellement demander : D'où peut-on concevoir que vienne l'éther lorsqu'il s'échappe du jet ou de l'atome primaire ? En prenant le jet d'éther comme système dynamique modèle de l'atome, nous ne sommes pas obligés de répondre à cette question pour en démontrer la validité, pas plus que nous ne sommes obligés d'expliquer pourquoi l'éther et l'atome eux-mêmes existent.

De notre point de vue, ils se justifient en tant que conceptions s'ils sont capables de résumer notre expérience perceptible. Mais comme certains insisteront en projetant le conceptuel dans le champ des phénomènes, je vais m'efforcer de répondre à la question par une suggestion.

Supposons que nous ayons deux surfaces planes horizontales opaques, placées tout près l'une de l'autre, entre lesquelles se trouve de l'eau où nage un poisson plat, un car-

1. Carnelly, cependant, demandait si un élément de poids atomique négatif et une substance de poids négatif sont entièrement inconcevables. Si le lecteur s'intéressait à l'exposé mathématique de cette théorie, il pourrait consulter : « Ether-Squirts : Being an attempt to specialise the form of ether motion which forms an atom in a theory propounded in former papers », *American journal of mathematics*, vol XIII, p. 309 à 362. Voir aussi *Camb. phil. trans.*, vol. XIV, p. 71 ; *London math. society*, vol. XX, p. 38 et 297.

relet par exemple. Il est clair que les perceptions de notre poisson seraient limitées aux mouvements en avant ou en arrière, à droite ou à gauche, mais verticalement, vers le haut ou vers le bas, le mouvement serait, pour lui, imperceptible et par suite probablement inconcevable. Passons maintenant par la pensée à une limite irréalisable en perception ; supposons que notre carrelet devienne de plus en plus plat et l'épaisseur de l'eau de plus en plus mince, les plans se rapprochant de plus en plus. On peut alors imaginer que le mouvement du carrelet et celui de l'eau s'effectuent dans un plan horizontal. Si nous percions maintenant un trou dans l'un des plans et que nous y injectons de l'eau, il est clair que notre carrelet

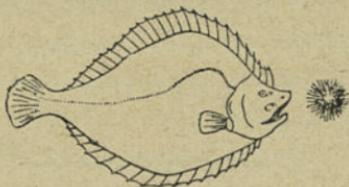


Fig. 19.

éprouverait de nouvelles sensations lorsqu'il viendrait au voisinage du jet. En effet, la pression produite par l'écoulement de l'eau obligerait le carrelet à tourner autour du jet — c'est-à-dire que pour lui, le jet serait dur et impénétrable. De tels jets, quoiqu'étant simplement de l'eau en mouvement, peuvent constituer pour notre poisson de véritables groupes *matériels* d'impressions sensibles. Si d'ailleurs on lui disait que la matière est formée de jets, il serait absolument incapable de concevoir d'où proviennent ces jets. Cela ne pourrait être ni d'avant, ni d'arrière, ni de droite, ni de gauche, car il nage dans toutes ces directions. Le carrelet penserait que nous sommes complètement fous si nous lui suggérions que l'eau vient verticalement par en bas ou par en haut; qu'il y a une autre direction de l'espace « vers le haut et à l'extérieur dans la direction de son estomac » comme l'exprime d'une façon

heureuse l'auteur de *Flatland*<sup>1</sup>. Si le carrelet pouvait sortir de son espace à travers le jet — à travers et au dehors dans la direction de la matière — il atteindrait un monde nouveau dans lequel il percevrait ce que sont les jets et ce qui constitue réellement la matière.

Par le trou d'une aiguille, ou à travers la matière du Pays plat, le carrelet atteindrait le ciel de notre espace à trois dimensions dans lequel nous montons et descendons aussi bien que nous avançons ou reculons, que nous allons à droite ou à gauche. Mais pour le carrelet, cette « sortie à travers la matière » resterait inconcevable pour ne pas dire ridicule ; ce serait pénétrer derrière la surface des impressions sensibles.

Cette parabole du carrelet est spécialement destinée aux esprits qui, malgré leurs efforts, ne peuvent entièrement réprimer leurs tendances métaphysiques, qui *doivent* projeter leurs conceptions dans des réalités au delà de la perception. Le danger de cette spéculation métaphysique réside dans la fréquence avec laquelle elle contredit notre expérience sensible lorsqu'elle passe de « l'au delà » des impressions sensibles dans le monde des phénomènes. Une conception satisfaisante relative à la constitution de l'atome primaire, s'adaptant à toute notre expérience sensible (c'est-à-dire capable de nous la décrire avec une grande exactitude), *pourrait* laisser une échancrure par où l'esprit métaphysique passerait à quelque chose qui ne symbolise pas le perceptible, et par suite cette conception *pourrait* être admise comme appartenant au suprasensible.

En dehors de notre espace, à travers le jet d'éther, à travers la matière, nous passons en conception, comme le carrelet, à un espace comportant d'autres dimensions. Cet

1. *Flatland : a Romance of many dimensions*, par A. Square, Londres, 1884.

espace a formé, pendant un grand nombre d'années, le sujet des recherches laborieuses de quelques-uns de nos meilleurs mathématiciens<sup>1</sup>. Il possède ce grand avantage : que lorsque nous passons des conclusions tirées pour cet espace supérieur à l'espace de notre expérience, nous ne sommes pas conduits aux contradictions qui abondent quand on passe de l'ancienne métaphysique à notre expérience physique.

Là, dans cette nouvelle salle de récréation, entrés peut-être par la porte de la matière, le métaphysicien et le théologien peuvent maintenant dérouler au delà du sensible les toiles qui ont été balayées par le balai scientifique quand elles encombraient les appartements habitables de la connaissance. L'appareil mathématique exigé par les études véritables dans le champ de l'espace à nombreuses dimensions, agira dans tous les cas comme une sauvegarde contre des expéditions faites d'un cœur léger « au delà du sensible » ! S'il arrive jamais un temps, ce dont on peut douter peut-être, où l'on démontrera qu'une conception heureuse relative à la structure de l'atome primaire est un fait *perceptible*, alors, si une telle conception implique l'existence de l'espace à quatre dimensions<sup>2</sup>, nos amis auront rendu un grand service en ouvrant la voie à une théorie scientifique du suprasensible — *au dehors, par la porte d'entrée de la matière*.

1. Riemann, Helmholtz, Beltrami et Clifford.

2. Le jet d'éther n'est pas la seule théorie atomique qui suggère un espace au delà de notre propre espace. Clifford imaginait que la matière est une *ride* dans notre espace, ce qui suggère l'idée d'un autre espace pour l'effacer. Cette idée de Clifford peut se représenter en imaginant le carrelé plat rigide et un pli ou une ride dans le plan de son mouvement. Pour le poisson, la ride serait, comme la matière, impénétrable ; il ne pourrait pas *l'ajuster* ; soit la ride, soit lui-même devraient quitter la route. Jusqu'ici, cependant, on n'a développé cette idée de l'inadaptation de deux sortes d'espace pour décrire aucune de nos expériences physiques fondamentales.

## § 12. — LES DIFFICULTÉS D'UN ÉTHER PERCEPTIBLE

Mais j'ai assez fait de romans par égard pour l'esprit métaphysique. Revenant au terrain solide des faits, nous devons nous souvenir qu'aucune hypothèse relative à la structure de l'atome primaire, en partant de l'éther en mouvement, n'est à l'heure actuelle acceptée scientifiquement.

On n'a point encore prouvé jusqu'ici qu'aucun système dynamique modèle de l'atome ait une puissance de description de notre expérience sensible d'une portée assez large pour sortir du domaine de l'imagination et devenir un symbole courant de sténographie scientifique. Et la raison ne doit pas en être cherchée bien loin ; nous désirons constituer, si possible, l'atome primaire par de l'éther en mouvement, mais nos conceptions de l'éther sont actuellement très mal définies. Nous convenons qu'il doit être conçu comme un milieu résistant à l'effort, mais nous ne sommes pas fixés sur la meilleure représentation des mouvements relatifs qui suivent les changements relatifs survenus dans la position des éléments de l'éther. Nous ne sommes pas encore satisfaits des notions de fluide parfait, de gelée parfaite, ni même de la conception de l'éther comme fluide parfait agité. Traitant l'éther, non comme une conception, mais comme un phénomène, nous trouvons qu'il est difficile de comprendre comment un milieu *continu* et *permanent* pourrait offrir une résistance quelconque à un mouvement de glissement de ses parties, car la continuité et la permanence impliqueraient qu'après un déplacement, tout soit resté dans le même état qu'avant le déplacement. L'idée d'une gelée parfaite semble impliquer quelque changement de structure, puisque nous amplifions de plus en plus des éléments de plus en plus petits. Finalement, l'idée d'un mouvement relatif

de translation, distinct d'un mouvement de rotation, semble exclue par l'idée de l'incompressibilité absolue<sup>1</sup>. Ce n'est pas une argutie métaphysique lorsque nous demandons que deux choses n'occupent pas le même espace, et que lorsque le mouvement commence il existe *quelqu'endroit* inoccupé pour que *quelque chose* s'y meuve. Le fait évident, c'est que, tandis qu'idéalement nous pouvons nous représenter les parties en mouvement de l'éther comme des points possédant des vitesses et des accélérations relatives, de façon à décrire le mieux possible notre expérience perceptible, quand nous projetons l'éther dans le monde des phénomènes, nous voyons tout de suite que c'est une limite conceptuelle non conforme à notre expérience perceptible et cela nous gêne. Les anciens problèmes relatifs à la « matière lourde » se représentent. Quel est l'élément final de l'éther qui se meut? et pourquoi se meut-il? Si nous construisons une matière perceptible avec de l'éther réel, nous nous exposons de nouveau à la question relative à la nature de la matière éther. Y a-t-il donc une *terra incognita nunc et in æternum*? L'esprit ne peut rester en paix jusqu'à ce qu'il atteigne quelque part le mouvement d'un point, l'élément ultime sans dimensions de la matière postulé par Boscovich. Nous nous trouvons nous-mêmes entraînés aux contradictions qui surgissent quand nous attribuons une réalité au mouvement dans le champ des phénomènes.

Nous sommes de nouveau forcés de conclure que le mouvement est une pure conception qui peut décrire les changements perceptibles mais ne peut être projetée dans le monde des phénomènes sans entraîner des difficultés inexplicables.

1. Car le mouvement d'éléments absolument incompressibles (autres que des points) autour d'une courbe fermée autre qu'un cercle nous paraît inconcevable.

## § 13. — POURQUOI LES CORPS SE MEUVENT-ILS ?

Nous n'avons laissé qu'un espace restreint pour la discussion de notre seconde question : pourquoi les corps se meuvent-ils ? Mais, après ce qui précède, la réponse à cette question sera claire.

Si nous voulons dire : pourquoi nos impressions sensibles changent-elles d'une certaine manière ? Alors nous avons déjà vu quelles sont les possibilités de la connaissance sur ce point quand nous avons considéré la conscience, la nature de la faculté perceptive et la routine des perceptions (pages 129 à 136). Si nous voulons dire : Pourquoi les symboles géométriques à l'aide desquels nous conceptualisons des groupes matériels d'impressions sensibles se meuvent-ils d'une certaine façon ? Alors la réponse est qu'après diverses conjectures, nous avons vu que ces types de mouvement sont le mieux capables de décrire la routine passée et de prédire la routine future de nos perceptions. Si toutefois on persiste à phénoménaliser nos symboles conceptuels de mouvement, alors la science ne peut que répondre à cette question : Pourquoi la matière se meut-elle ? *Nous ne le savons pas.*

Supposons que la terre se meuve actuellement suivant une ellipse autour du soleil comme foyer et essayons alors d'en analyser le *pourquoi*. En conception, nous construisons bien ce mouvement en imaginant un certain mouvement relatif des parties élémentaires du soleil et de la terre. Nous disons que si ces parties élémentaires ont certaines accélérations relatives lorsqu'elles sont en présence l'une de l'autre, la terre décrira une ellipse autour du soleil. Ces parties élémentaires peuvent être envisagées comme des atomes, ou des groupes d'atomes, mais pour éviter toute hypothèse,

appelons-les simplement des *particules* de matière. Pourquoi ces deux particules lorsqu'elles sont en présence l'une de l'autre se meuvent-elles d'une certaine façon l'une par rapport à l'autre ? la réponse ne sera pas : à cause de la *loi* de gravitation. On décrit simplement ainsi la manière suivant laquelle elles se meuvent. Nous ne pouvons pas dire non plus : à cause de la *force* de gravitation. Ce serait simplement transporter la question dans l'au delà des impressions sensibles — c'est le procédé métaphysique pour éviter de dire : nous ne savons pas.

Lorsque nous voyons deux personnes danser ensemble, nous admettons qu'elles le font parce qu'elles désirent le faire, parce qu'elles veulent le faire. On ne peut pas dire, si l'une des deux ne tient pas l'autre, que l'une force l'autre à se mouvoir. Attribuer la danse à leur volonté commune est la seule explication que nous puissions donner. Lorsque nous trouvons que les particules finales de la matière dansent les unes autour des autres, nous pouvons difficilement, comme Schopenhauer, l'attribuer à leur volonté commune de danser ainsi, parce que la volonté dénote la présence de la conscience, et nous ne pouvons admettre la conscience sans qu'il existe certains types d'impressions matérielles associés avec elle. Ainsi la volonté, si elle avait une signification quelconque comme cause du mouvement — et nous avons vu qu'elle n'en a pas (p. 160) — ne pourrait nous être d'aucune utilité en ce qui concerne notre danse des particules matérielles. Tout ce que nous pouvons dire scientifiquement, c'est que la *cause* de leur mouvement est leur position relative mais ce n'est nullement une explication de la raison pour laquelle elles se meuvent lorsqu'elles sont dans cette position. La difficulté ne peut pas être surmontée en faisant appel à la notion de force. Nous avons suffisamment parlé du concept métaphy-

sique de la force (p. 148 et suivantes) et nous n'avons pas besoin de l'envisager de nouveau ici. Mais on dit quelquefois que la force est une impression sensible — nous disons avoir une « sensation musculaire » de la force. Je *veux* pousser une chose avec ma main, et cette volonté devenant action, il se produit une sensation musculaire qui est appelée l'exercice de la force.

Mais pourquoi cela est-il plus une impression de force qu'une impression de changements dans le mouvement ou dans les accélérations relatives des particules des extrémités de mes doigts ? Ajoutons que ce que l'on appelle « la sensation musculaire » de la force est associé à un être conscient ou bien correspond à un côté subjectif de certains changements de mouvement de sa personne ; nous voyons alors qu'il n'en résulte aucune lumière sur la raison pour laquelle les particules matérielles se meuvent. « La force est un *objet* direct des sens » écrivaient Sir W. Thomson et le professeur Tait<sup>1</sup>. La force « n'est pas l'expression de quelque chose d'objectif », écrivait le professeur Tait<sup>2</sup>. En face de pareilles contradictions, ne vaut-il pas mieux cesser de supposer qu'une explication claire de la cause du mouvement puisse être donnée par l'idée de force ? Mais nos particules ne peuvent *se tenir les mains*, comme deux danseurs, et se forcer ainsi réciproquement au mouvement. Nous ne devons pas dire que toute liaison est impossible quoique les particules soient éloignées de 90.000.000 de milles. Nous concevons en effet que la lumière traverse aisément ces 90.000.000 de milles à l'aide de l'éther : nos particules ne peuvent-elles être liées au moyen de l'éther ? Tous les hommes de science croient que cela peut être, au moins

1. A. Treatise on natural philosophy, 1<sup>re</sup> partie, p. 220, Cambridge, 1879.

2. The properties of Matter. Edimbourg, 1885.

idéalement, bien qu'ils n'aient point encore conçu comment cela pourrait être.

Mais si nous phénoménalisions l'éther et si nous étions capables de décrire par son moyen l'action à une distance de millions de milles, nous resterions encore en présence de la question : Pourquoi la position relative de deux parties adjacentes de l'éther influe-t-elle sur le mouvement de ces parties ? Il peut sembler, à première vue, plus facile d'expliquer pourquoi deux parties voisines de l'éther « se meuvent l'une par rapport à l'autre » que d'expliquer pourquoi deux particules éloignées de la matière le font. Le philosophe de sens commun tient tout de suite prête une explication : elles *s'attirent* ou *se repoussent* l'une l'autre. Mais que voulons-nous dire par ces mots ? Une tendance, lorsque un corps est déformé, à reprendre sa forme primitive ; une tendance, dans une certaine position relative des parties, à un certain mouvement relatif de ces parties. Mais pourquoi ce mouvement résulte-t-il d'une certaine position ? C'est de nouveau l'ancien problème, avec cette différence que la position relative comporte de faibles distances au lieu de grandes distances. On ne l'attribuera pas à l'élasticité de l'intermédiaire, ce serait simplement donner un *nom* au fait. A la vérité, nous essayons bien de décrire idéalement le phénomène de l'élasticité, mais c'est uniquement en construisant des corps élastiques avec des particules non adjacentes dont nous associons les changements de position avec certains mouvements relatifs. En d'autres termes, faire appel à la conception d'élasticité, c'est simplement expliquer une « action à distance » par une seconde « action à distance ». Si les éléments de l'éther doivent leur élasticité à une telle disposition, nous aurons besoin d'un autre éther pour « expliquer » le mouvement du premier et le procédé devra être continué à *l'infini*. Il est clair que la phénomé-

nalisation de l'éther est absolument inutilisable comme moyen d'expliquer pourquoi la matière se meut. Le même problème subsiste sous une autre forme : Pourquoi la matière-éther se meut-elle ? et là on ne peut donner aucune réponse. Nous ne pouvons procéder continuellement en *expliquant* un mécanisme par un mécanisme. Ceux qui persistent à phénoménaliser le mécanisme doivent finalement dire : *Ici nous ignorons* » ou, ce qui est la même chose, doivent invoquer matière et force. D'après Paul du Bois-Reymond, le problème de l'action à distance est celui du troisième *Ignorabimus*<sup>1</sup>, mais ce problème est en réalité identique à celui du premier *Ignorabimus* d'Émile du Bois-Reymond, la nature de la matière et de la force. Il me semble que nous sommes ignorants et que nous resterons ignorants aussi longtemps que nous projetterons dans le monde des phénomènes notre tracé conceptuel qui symbolise mais qui n'est pas ce monde, tant que nous chercherons des réalités correspondant à des idéaux géométriques ou à d'autres limites purement conceptuelles. Tant que nous opérerons ainsi, nous ne comprendrons pas l'objet de la science qui n'est pas d'expliquer mais de décrire, par une sténographie conceptuelle, notre expérience perceptible. Si nous reconnaissons clairement une fois pour toutes que le changement des impressions sensibles est la réalité, que le mouvement et le mécanisme sont des idéaux descriptifs, alors le premier et le troisième problèmes des frères du Bois-Reymond et leur cri *Ignorabimus* deviennent sans signification. La matière et la force et « l'action à distance » sont des problèmes analogues à celui du lait bleu des sorcières (p. 28), si le mécanisme est purement une description conceptuelle.

1. Voir l'ouvrage cité page 48.

Ce qui se meut en conception est un idéal géométrique ; cela se meut parce que nous le concevons se mouvoir. *Comment* cela se meut-il ? Voilà la seule question importante, car c'est la question des moyens par lesquels nous réglons notre mécanisme de façon à décrire notre expérience passée et à prédire notre expérience future. Le *comment* du mouvement est le point vers lequel nous devons maintenant nous tourner. Les lois du mouvement, dans le sens le plus large, embrassent toute la science physique — peut-être ne serait-il pas trop de dire toute science quelle qu'elle soit. Toutes les lois, a dit von Helmholtz, doivent finalement se confondre dans les lois du mouvement. Même un phénomène aussi complexe que celui de l'hérédité n'est au fond, pense Haeckel, qu'un transfert de mouvement. Forte de son pouvoir de décrire *comment* s'effectuent les changements, la science peut bien se permettre de négliger le *pourquoi*.

Elle ne peut pas, aussi longtemps du moins que la psychologie se maintiendra ce qu'elle est, aller jusqu'à accepter même le second *Ignorabimus* d'Émile du Bois-Reymond ; mais quant à ce qui est conscient et à savoir pourquoi il y a une routine des impressions sensibles, elle se contente actuellement de dire, *Ignoramus*.

## SOMMAIRE

La notion de matière se définit de la même façon, soit dans les écrits des physiciens, soit dans ceux des philosophes de « sens commun ». Les difficultés qu'elle comporte paraissent tenir de ce que l'on affirme l'existence phénoménale, mais imperceptible, de symboles conceptuels.

Changement d'impressions sensibles, tel est le terme approprié pour désigner la perception extérieure ; mouvement est le terme qui convient pour désigner notre symbolisation conceptuelle de ce changement. Au point de vue de la perception, les questions « Qu'est-ce qui se meut » et « pourquoi cela se meut-il » sont sans

intérêt. Dans le champ de la conception, les corps qui se meuvent sont des idéaux géométriques dont les mouvements sont simplement descriptifs.

Des trois fois où du Bois-Reymond a crié *Ignorabimus*, la seconde seulement, avec un sens atténué, comporte une valeur scientifique, les autres ne correspondent à rien d'intelligible parce que la matière, la force et « l'action à distance » ne sont pas des termes qui expriment des problèmes réels du monde des phénomènes.

#### BIBLIOGRAPHIE

- Émile du Bois-Reymond. — *Über die Grenzen des Naturkennens*. — Leipzig, 1876.
- Clerk-Maxwell (J.). — Articles « Atom » et « Éther » dans l'*Encyclopædia Britannica*, reproduits dans les « Scientific-Papers », 2<sup>e</sup> vol. pp. 445 et 763. L'article sur la « Constitution of bodies » peut être aussi avantageusement consulté.
- Clifford (W.-K.). *Lectures and Essays*, vol. I, (« Atoms » et « The unseen Universe »). Londres, 1879.
- Tait (P. G.). — *Properties of Matter* (particulièrement chap. I et V) Édimbourg, 1885.
- Thomson (S.-W.) (Lord Kelvin). — *Popular lectures and addresses*, vol. I, (particulièrement pp. 142-52). Londres, 1889. On trouvera un exposé vulgaire de l'éther gyrostatique de Larmor et aussi du jet d'éther dans une lecture, « over Ether-Theoriën » faite par W. H. Julius en 1899 devant le *Netherlands Natur-en Geneeskundig Congress* et publiée dans les procès-verbaux du Congrès.
-

## CHAPITRE IX

### LES LOIS DU MOUVEMENT

#### § 1. — LES CORPUSCULES ET LEUR STRUCTURE

Dans le chapitre précédent, nous avons vu comment le physicien construit idéalement l'univers à l'aide d'une vaste danse atomique. J'utilise le mot *atome* bien que ce soit plus probablement l'élément final éther que nous devrions regarder comme l'unité fondamentale de la danse. Appelons cette dernière unité *l'élément d'éther* sans avoir l'intention d'affirmer que l'éther est nécessairement discontinu<sup>1</sup>. Deux éléments d'éther adjacents seront les symboles, nécessairement géométriques, par lesquels nous représenterons le mouvement relatif des parties de l'éther. Sur la base de l'élément d'éther, essayons de concevoir comment le physicien imagine, construit, son modèle mécanique de l'univers.

L'expérience ne nous permet aucun aperçu de la manière dont nous devrions concevoir la constitution de l'élément d'éther, ou de la façon dont nous devrions imaginer qu'il agirait s'il pouvait être isolé. Mais nous admettons que les éléments d'éther, lorsqu'ils sont en présence les

1. Si nous supposons que l'éther est la limite conceptuelle d'un fluide ou d'une gelée perceptibles (p. 369 et 385), alors pour nous représenter en pensée sa propriété de transmettre la tension, ou son élasticité, nous sommes, je crois, obligés de le supposer discontinu.

uns des autres, se meuvent suivant certains modes définis, prennent part à une danse réglée.

Dans le monde des perceptions, cette danse n'aurait aucune raison d'être, mais, dans celui des conceptions, elle nous permet de décrire le monde des impressions sensibles.

Probablement, bien que ce point soit loin d'être définitivement établi, on peut concevoir, parmi les éléments d'éther, un type de mouvement qui constitue l'atome primaire. Ces atomes primaires, les *protyles* de Crookes, doivent être envisagés comme des symboles des éléments ultimes des groupes matériels d'impressions sensibles ou, en langage ordinaire, de la « matière » grossière ou sensible. Les atomes primaires considérés isolément, ou plutôt en groupes, forment l'atome du chimiste, le substratum conceptuel de ce que l'on appelle les éléments simples tels que l'hydrogène, l'oxygène, le fer, le carbone, etc., à l'aide desquels le chimiste classe toute la matière pondérable connue de l'univers physique. Si l'atome primaire du physicien est réellement l'atome du chimiste, on doit concevoir l'atome primaire comme capable de variations correspondant aux divers éléments chimiques, soit dans sa structure, soit dans son type de mouvement.

Certains faits perceptibles permettent toutefois de penser que nous décrivions le mieux possible les phénomènes si nous concevions que l'atome de l'élément chimique simple soit constitué par des groupes d'atomes primaires dont la dissociation ne corresponde à aucun des résultats perceptibles que le chimiste ait jusqu'ici réussi à obtenir.

Avec les atomes de l'élément simple, le chimiste construit des *composés* ; c'est-à-dire qu'en combinant idéalement les atomes en certains groupements, il forme la *molécule* du composé. Ainsi, deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène sont unis pour former la molécule de l'eau. Une

portion quelconque de la substance composée elle-même est, pour l'esprit, composée d'un nombre immense de molécules. Pour décrire les impressions sensibles que nous associons physiquement à un « fragment de matière », nous sommes obligés de considérer le plus petit élément physique de ce fragment comme contenant des millions de molécules<sup>1</sup>. Si nous prenons une portion d'une substance

1. Les raisons de cette affirmation sont principalement tirées de la théorie cinétique des gaz. Clerk-Maxwell, dans son article « Atom » (Encyclopædia Britannica), considère que le *minimum visible* à l'heure actuelle contient peut-être soixante à cent millions d'atomes d'oxygène ou d'hydrogène. Il va jusqu'à tirer de ce résultat des conclusions, à mon avis tout à fait incertaines, quant à notre pouvoir de décrire, à l'aide de la structure moléculaire, les faits physiologiques de l'hérédité. Il remarque que : « puisque les molécules des substances organiques contiennent en moyenne cinquante des atomes les plus élémentaires, nous pouvons admettre que la plus petite particule visible au microscope contient environ deux millions de molécules de la matière organique. La moitié au moins de tout organisme vivant consiste en eau, de sorte que le plus petit être vivant visible au microscope ne contient pas plus d'un million environ de molécules organiques. Un organisme extrêmement simple peut être supposé formé de plus d'un million de molécules similaires. Il est impossible, cependant, de concevoir qu'un si petit nombre soit suffisant pour former un être pourvu de tout un système d'organes spécialisés. » Ce raisonnement est simplement une forme d'argumentation spéciale basée sur l'hypothèse que la variation, dans les organes physiologiques, dépend *uniquement* de la constitution chimique et non de la structure physique. Pourquoi avançons-nous qu'il y a plus de cinquante atomes dans la molécule organique, qu'il y a une certaine proportion d'eau et que ces molécules organiques doivent être conçues comme *étroitement* serrées dans un germe à peine visible ? Pourquoi ne pas concevoir que ces cent millions d'atomes influencent réciproquement leur *mouvement* ? S'il en est ainsi, leur position relative, la structure du germe regardé comme un système dynamique, peut impliquer plus de dix mille milliards de mouvements périodiques comportant les positions relatives les plus diverses dans l'espace : indépendamment de cette position relative, dans leur amplitude, dans leurs phases relatives, dans leur « ton » il y a trois cent millions de variables à la disposition du physiologiste ! Déterminer si l'hérédité est ou n'est pas le résultat de l'influence d'une pareille structure moléculaire sur d'autres molécules, c'est là un problème qui dépasse tout à fait nos connaissances scientifiques actuelles ; mais nous ne pouvons certainement pas affirmer dogmatiquement avec Maxwell que : « La science moléculaire nous place face à face avec les théories physiologiques. Elle défend au physiologiste d'imaginer que tous les détails de structure, de dimensions infiniment petites, puissent fournir une explication de l'infini variété des propriétés et des fonctions des organismes les plus menus. »

quelconque, disons un morceau de craie, et que nous la divisons en petits fragments, ceux-ci posséderont encore les propriétés de la craie. Divisons un fragment quelconque à plusieurs reprises : tant que la fraction est visible au microscope, cette fraction nous paraît encore de la craie. Le physicien appelle *particule* la plus petite portion d'une substance qu'il regarde comme susceptible de posséder les propriétés physiques de la substance originale.

La particule est ainsi une notion purement idéale car nous ne pouvons pas dire à quel moment nous atteindrions la limite exacte de subdivision à laquelle les propriétés physiques de la substance cesseraient d'exister. Mais la particule joue un rôle très important dans notre modèle conceptuel de l'univers, car nous représentons son mouvement au moyen du mouvement d'un point géométrique. En d'autres termes, nous lui supposons uniquement un mouvement de translation (pages 287 et 296) ; nous négligeons ses mouvements de rotation ou de déformation. Le physicien a atteint ici une limite purement conceptuelle de l'expérience sensible ; il prend un élément de plus en plus petit de la « matière » grossière et le supposant toujours de la même substance (produisant la même sensation bien qu'il devienne imperceptible), il le traite comme un point en mouvement. Quel droit a le physicien d'inventer cette particule idéale ? Il n'a jamais perçu la quantité limite, le *minimum esse* d'une substance, et par conséquent il ne peut affirmer qu'elle ne produirait pas en lui des impressions dont la description exigerait un recours aux concepts de rotation et d'élasticité. Le droit logique du physicien est cependant exactement celui qui sert de base à toutes les conceptions scientifiques. Demandons-nous si un postulat de ce genre nous permet de construire, à l'aide du mouvement des groupes de particules, les mouvements plus complexes

dont nous avons besoin pour décrire l'univers physique. La particule est-elle un symbole au moyen duquel nous pouvons décrire les suites naturelles de nos sensations passées et prédire les suites naturelles de nos sensations futures avec un grand et uniforme degré d'exactitude ? S'il en est ainsi, son emploi se justifie comme moyen scientifique de simplifier nos idées et d'économiser la pensée.

Le lecteur notera que l'hypothèse de la particule a été utilisée par Newton dans l'exposé de sa loi de gravitation : « Dans l'univers, une *particule* quelconque de matière, attire une autre *particule* quelconque » nous dit-il sous différentes formes. Toutefois, il s'agit pour Newton d'une notion idéale car il n'a jamais vu, ni aucun physicien après lui, des particules individuelles, et il n'a point été à même de voir comment le mouvement de deux particules semblables dépend de leur position. La justification de la loi de gravitation réside dans le pouvoir qu'elle nous donne de construire le mouvement des groupes de particules à l'aide desquels nous symbolisons les corps physiques, à l'aide desquels nous pouvons décrire et prévoir la routine de nos impressions sensibles. Par conséquent, la notion de la particule en tant qu'unité symbolique de la substance physique et celle de son simple mouvement de translation, sont aussi justifiées que la loi de gravitation qui les contient en fait implicitement.

Enfin, des groupes de particules limités idéalement par des surfaces continues constituent les symboles à l'aide desquels nous représentons les groupes matériels d'impressions couramment appelés corps physiques ou objets. Trouver les types de mouvement relatif les plus simples possible correspondant à ces divers concepts, et par suite construire le mouvement des formes géométriques par lesquelles nous symbolisons les corps physiques, de façon

que ce mouvement décrive assez exactement notre routine des impressions sensibles, c'est là le but de la science physique. En admettant certaines lois du mouvement relatif de ces symboles conceptuels — les lois du mouvement au sens le plus large — nous sommes capables de construire un monde de formes géométriques, en mouvement dans un espace et un temps conceptuels, qui décrit avec une merveilleuse exactitude les phases complexes de notre expérience.

## § 2. — LES LIMITES DU MÉCANISME

Résumons maintenant ces éléments de notre modèle idéal de l'univers physique d'une manière purement *schématique*<sup>1</sup>.

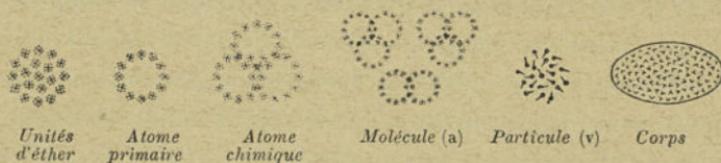


Fig 20.

Un astérisque représentera l'élément d'éther, un anneau d'astérisques l'atome primaire, probablement formé par un mouvement spécial de l'élément d'éther — par exemple un anneau tourbillon. Un, deux ou plusieurs atomes primaires forment l'atome chimique ; trois anneaux entrelacés le figureront. Les combinaisons des atomes chimiques forment la molécule représentée sur la figure par deux atomes chimiques de trois atomes primaires et un atome chimique de deux atomes primaires. Des millions de ces molécules, dont nous ne pouvons

1. La figure 20 a simplement pour but de suggérer au lecteur des relations physiques possibles ; il ne faut attacher aucune signification aux dimensions ou aux formes.

en représenter que quelques-unes par le symbole sténographique  $\xi$ , formeront la particule (symbole sténographique V), tandis que des millions de particules, dont on ne peut que se faire une idée, limitées conceptuellement par une surface continue, symbolisent les corps physiques de notre expérience perceptible. Ces différents concepts, depuis l'élément d'éther jusqu'à la particule, n'ont pas d'équivalents perceptibles, il ne faut pas l'oublier ; c'est seulement par des expériences sur l'équivalent perceptible du dernier de la série, sur le corps conceptuel, que le physicien peut éprouver la vérité des lois de mouvement qu'il propose.

En premier lieu, il a admis ses lois pour les particules et il a établi leur validité en montrant qu'elles lui permettaient de décrire la routine des impressions sensibles dues aux « corps » physiques. Mais, avec le progrès de nos idées sur la nature de l'éther et de la « matière » vulgaire, les lois qui décrivent le mouvement relatif de deux particules sont-elles encore valables pour deux molécules, pour deux atomes chimiques, pour deux atomes primaires, et finalement pour deux éléments d'éther ? Jusqu'à quel point les lois du mouvement, appliquées aux particules de la « matière » grossière, résultent-elles pour nous de la manière dont les particules sont formées de molécules, les molécules d'atomes et enfin, probablement, les atomes des éléments de l'éther ? C'est une question très importante et qui ne paraît pas avoir toujours été suffisamment examinée. Si nous supposons que la particule a en fin de compte pour origine un certain type de mouvement de l'éther, nous devons admettre l'existence d'autres types de mouvement de l'éther qui ne constituent pas de la « matière » grossière.

Dans ce cas, le mouvement relatif de deux particules ou de deux atomes primaires ne suivra pas nécessairement les mêmes lois que le mouvement relatif de deux éléments

d'éther. Il est naturellement évident que les modes de mouvement particuliers à la « matière » grossière doivent provenir de sa structure spéciale et qu'on ne doit pas *supposer* qu'ils dérivent de lois applicables à *toutes* les choses en mouvement. Par exemple, la gravitation, la magnétisation, l'électrification, l'absorption et l'émission de chaleur ou de lumière sont toutes des phases d'impressions sensibles que nous associons à la « matière » grossière et par conséquent ces propriétés doivent être décrites à l'aide de modes de mouvement caractéristiques de la « matière » grossière ou qui dérivent de sa constitution particulière. En tant que formules cinétiques ou lois spéciales du mouvement, ces modes de mouvement ne peuvent être étendus à l'éther en général. Mais il existe des lois de mouvement encore plus générales que nous \*pouvons appeler lois newtoniennes et qui, lorsqu'on les applique à des particules, sont assurément confirmées par notre expérience perceptible des corps. Affirmerons-nous que ces lois sont valables dans leur intégralité pour toute l'échelle descendante de la particule à l'élément d'éther ? Notre description conceptuelle de l'univers se simplifiera-t-elle ou non, en *supposant* un mécanisme complet s'étendant de la particule à l'élément d'éther ? ou sera-t-il plus avantageux d'admettre que ce mécanisme dérive, en tout ou en partie, de la complexité ascendante de nos structures, que l'élément d'éther est en grande partie la *source* du mécanisme mais n'est pas complètement mécanique<sup>1</sup>, dans le sens de soumission aux lois du mouvement telles qu'elles sont données dans les manuels de dynamique ? La question est sans aucun doute importante, mais c'est une question à

1. Par exemple, on le verra par la suite, la « masse » d'une particule doit être considérée, suivant toute vraisemblance comme très différente de la « masse » d'un élément d'éther (voir § 11 de ce chapitre).

laquelle on ne peut répondre sur-le-champ. A la vérité, jusqu'à ce que nous ayons obtenu sur la structure de l'atome primaire, des notions plus claires qu'à l'heure actuelle, nous ne pourrons concevoir encore jusqu'à quel point le mécanisme que nous attribuons aux particules peut dériver de leur structure.

Afin de rappeler au lecteur que les lois générales du mouvement dont il est question ici peuvent s'appliquer entièrement, ou seulement en partie, à la série complète des concepts physiques de la particule à l'élément d'éther, nous désignerons tous ces éléments par le mot *corpuscules*, corps élémentaires. Nous nous demanderons, dans chaque cas, auquel des corpuscules idéaux nous supposons que s'appliquent nos lois. L'épreuve sera toujours la même, à savoir : nous examinerons jusqu'à quel point la supposition est nécessaire pour obtenir un modèle qui nous permettra de décrire brièvement la routine de la perception.

### § 3. — LA PREMIÈRE LOI DU MOUVEMENT

Revenons maintenant à notre conception de l'univers, théâtre d'une danse bien réglée des groupes élémentaires que nous avons appelés atomes primaires, atomes chimiques, molécules et particules. Les corpuscules individuels dansent par groupes, ces groupes dansent autour d'autres groupes et les groupes de groupes dansent les uns par rapport aux autres.

Nous nous demanderons ensuite : *comment* deux corpuscules dansent-ils l'un par rapport à l'autre ?

En premier lieu, tout au moins dans le cas de la « matière grossière », on doit admettre qu'un corpuscule solaire règle sa danse par rapport à un corpuscule terrestre. Nous ne pouvons affirmer qu'il ne vaudrait pas mieux concevoir

cette danse comme si elle s'accomplissait effectivement par l'intermédiaire d'une chaîne de partenaires qui seraient les éléments d'éther intervenant entre les corpuscules du soleil et ceux de la terre ; mais, comme nous n'avons pas encore établi comment agira cette chaîne de danseurs, nous devons nous contenter actuellement de l'affirmation que les corpuscules du soleil et ceux de la terre ont égard à leur présence respective.

Mais s'ils le peuvent à 90 millions de milles de distance, il y a toutes raisons pour n'admettre aucune solution de continuité et pour supposer qu'ils le feraient tout aussi bien à 90 billions de milles. Toutefois, remarquons-le en même temps, on conçoit nécessairement qu'une particule de la surface de la terre prêterait plus d'attention à une particule terrestre qu'à une particule solaire ; de plus le phénomène de la cohésion nous fait comprendre que deux particules adjacentes de la même portion de substance se prêtent plus d'attention que des particules de portions différentes. Nous concluons : 1° d'une manière générale les corpuscules dansent en accordant plus d'égard à leurs compagnons immédiats qu'à leurs proches voisins et plus d'égards à leurs proches voisins qu'aux corpuscules à grande distance ; 2° il n'y a aucune limite à la distance à laquelle nous concevons que les corpuscules sont capables d'influencer leurs mouvements réciproques. Cette influence peut d'ailleurs être si petite que, même totalisée pour les corps construits à l'aide des corpuscules, on ne puisse lui attribuer d'équivalent perceptible à l'aide d'un instrument quelconque. Nous pouvons maintenant établir une première loi générale du mouvement :

*Dans le modèle idéal de l'univers, tout corpuscule doit être conçu comme en mouvement sous l'influence de tout autre corpuscule, bien que, pour des corpuscules très dis-*

*tants, l'influence soit extrêmement faible par rapport à ce qu'elle est entre corpuscules immédiatement voisins.*

Si le lecteur comprend bien que tout corpuscule de l'univers doit être conçu comme influençant le mouvement de tout autre corpuscule, il se rendra alors pleinement compte de la complexité de la danse corpusculaire par quoi nous symbolisons le monde des impressions sensibles. La loi du mouvement qui vient d'être établie s'applique probablement aux atomes primaires et par eux aux atomes chimiques, aux molécules et aux particules. Peut-être ne s'applique-t-elle pas directement aux éléments d'éther éloignés ; ceux-ci influencent peut-être simplement leur mouvement réciproque d'une façon indirecte, peut-être influencent-ils directement le mouvement de leurs voisins immédiats. S'il en est ainsi, on peut concevoir avec une grande probabilité que « l'action à distance » généralement affirmée des corpuscules de la « matière » grossière, soit due à l'action réciproque des éléments d'éther adjacents. Nous énoncerons alors la première loi sous la forme suivante :

*Tout corpuscule, soit d'éther soit de « matière » palpable, influence le mouvement des corpuscules adjacents d'éther, et par eux le mouvement de tout autre corpuscule, même éloigné ; l'influence ainsi transmise est néanmoins de grandeur tout à fait insignifiante par rapport à celle qui s'exerce à de petites distances.*

§ 4. — LA SECONDE LOI DU MOUVEMENT  
OU LE PRINCIPE D'INERTIE

En construisant idéalement l'univers avec nos corpuscules, il est impossible de tenir compte de l'influence de tous les corpuscules les uns sur les autres en un seul et

même moment. En conséquence, nous négligeons tout d'abord les influences qui, même dans l'agrégat considéré, dépassent notre pouvoir de mesure. De plus, nous excluons à dessein les légères variations de mouvement, même mesurables, dues à des groupes plus éloignés. Nous isolons un groupe particulier de corpuscules et ce groupe, dont nous nous occupons idéalement en dehors des autres, nous l'appellerons, en vue d'une discussion particulière, le *champ*.

Le champ le plus limité que nous puissions concevoir est celui d'un corpuscule isolé. Si nous pouvions isoler un tel corpuscule du reste de l'univers conceptuel, comment se mouvrait-il ? A première vue, la question est absurde car, dans le chapitre VII (page 298), nous avons vu que le mouvement n'a aucune signification s'il n'est pas relatif à quelque chose. A l'instant cependant où nous introduisons d'autres corpuscules dans le champ afin de mesurer le mouvement du premier, ceux-ci commencent à avoir égard à leur présence respective et nous n'avons plus affaire à un corpuscule isolé. Mais nous avons vu que plus la distance entre les corpuscules est grande, plus faible sera leur influence réciproque. Par suite, nous pouvons admettre une limite conceptuelle d'après laquelle les corpuscules seraient si éloignés les uns des autres que leur influence mutuelle serait négligeable, tandis que leur présence mutuelle suffirait encore pour fournir le « cadre » (voir p. 300) nécessaire à la description de leurs mouvements relatifs<sup>1</sup>. Or, pour que les lois qui gouvernent les mouvements des corpuscules nous conduisent à la construction de mouvements complexes décrivant entièrement

1. Le lecteur doit se rappeler que la position relative est caractérisée par un segment *dirigé* et que c'est une série de segments dirigés qui forme la trajectoire du mouvement relatif (p. 303). On conçoit que chaque segment dirigé soit « fixé » en direction par un cadre dont les points sont supposés n'avoir aucune accélération les uns par rapport aux autres.

les phases de notre expérience sensible, nous sommes obligés de supposer que mieux nous soustrayons un corpuscule à l'influence d'autres corpuscules, plus son mouvement relativement à un cadre convenablement déterminé par ces corpuscules cesse de varier. Le premier corpuscule, ou bien reste au repos par rapport à ce cadre, ou bien continue à se mouvoir avec la même vitesse — c'est-à-dire en parcourant le même nombre de kilomètres par minute — dans la même direction. Mais c'est ce que nous appelons le mouvement uniforme ou mouvement sans accélération (p. 329-300) et nous dotons ainsi nos corpuscules d'une propriété très importante; nous affirmons qu'ils ne dansent pas, c'est-à-dire qu'ils ne modifient pas leur mouvement, s'ils n'ont des compagnons pour danser avec eux.

La propriété caractéristique que nous attribuons ainsi aux corpuscules, à savoir que leur mouvement uniforme n'est pas altéré si ce n'est par la présence d'autres corpuscules, est appelée scientifiquement leur *inertie*.

Le lecteur doit noter très soigneusement les caractères essentiels du principe d'inertie.

En premier lieu, nous considérons que tous les corpuscules influencent leur mouvement réciproque; en second lieu nous jugeons nécessaire, en raison de la relativité de tout mouvement, d'introduire d'autres corpuscules afin de déterminer un « cadre de référence » (p. 300). Un tel cadre de référence peut être placé tout de suite dans l'espace conceptuel, mais que prendrons-nous comme correspondant dans l'espace perceptible?

Pour concevoir un semblable cadre, nous le fixerons par des corpuscules placés à une distance telle que leur influence soit insensible (voir la seconde partie de la première loi) et nous chercherons alors, dans la sphère des choses percep-

tibles, quelque chose qui se rapproche de cette limite idéale. Pratiquement, il nous suffira d'utiliser un cadre formé par les étoiles. Un tel cadre donne lieu à plusieurs objections théoriques et à quelques objections pratiques. En premier lieu, bien que les influences mutuelles des étoiles les unes sur les autres soient sans doute très faibles, cependant la loi d'inertie leur permettrait de se mouvoir dans une certaine mesure et nous n'avons jusqu'ici aucun moyen de vérifier d'une façon satisfaisante qu'elles parcourent plus ou moins effectivement des lignes droites par rapport à notre propre système, ainsi que nous le concevons. Puis, comme nous ne connaissons que de la manière la plus grossière les distances qui nous séparent probablement des étoiles fixes, ou leurs distances les unes par rapport aux autres, il est impossible de grouper nos petits changements de distance relativement à un cadre dont l'origine soit dans une étoile fixe. En conséquence, on a pour habitude de prendre l'origine de référence dans notre propre système solaire et de n'utiliser les étoiles que pour marquer les directions qui servent à fixer « l'orientation » (p. 299).

Dans presque tous les cas, on dispose là d'une chaîne suffisante pour relier les phénomènes réels à notre modèle conceptuel; cependant, pour quelques applications astronomiques raffinées, on doit tenir compte des légers changements de direction des lignes qui passent par les étoiles. Pratiquement, ces variations sont si faibles que les étoiles sont dites étoiles « fixes »; toutefois le lecteur ne doit pas oublier qu'elles ne sont pas fixes et que notre cadre de référence, donnant une orientation fixe, est simplement une de ces conceptions idéales tirées de l'expérience, mais en passant à la limite, et auxquelles nous avons eu souvent l'occasion de nous référer (pp. 255, 259). Si nous pouvions associer l'éther conceptuel à des phénomènes qui conserveraient leur caractère dans des

régions de l'espace perceptible vides de « matière » grossière, alors peut-être l'éther lui-même pourrait-il être utilisé comme cadre de référence<sup>1</sup> et cela éclaircirait à coup sûr plus d'une difficulté relative à l'inertie et à la rotation absolue. N'oublions pas aussi que tandis que le cadre de référence et le principe d'inertie sont des idées tout à fait claires dans le modèle conceptuel des corpuscules, ils n'ont pas d'équivalents perceptibles exacts. Mais, ainsi que nous l'avons remarqué, aucune partie de notre modèle conceptuel n'a, en fait, d'équivalent perceptible exact; tout ce que nous pouvons demander est ceci : ces équivalents perceptibles peuvent-ils servir d'instruments pour décrire les phénomènes? Ici l'on répondra : certainement, si notre cadre est déterminé par ce que l'on appelle les étoiles « fixes ».

Quant à la loi d'inertie, on doit probablement la concevoir comme valable de l'atome primaire à la particule; toutefois une difficulté s'élève lorsque nous considérons les éléments d'éther. Si l'atome primaire est une forme particulière du mouvement de l'éther, par exemple un anneau-tourbillon ou un jet d'éther, alors la véritable existence des corpuscules de la « matière » grossière dépend de la présence des éléments d'éther, non seulement dans leur constitution propre mais encore dans leur entourage immédiat. Par conséquent, il devient irrémédiablement absurde de considérer ce que serait un corpuscule de « matière » brute s'il était isolé de l'influence des éléments de l'éther. La loi d'inertie, pour la « matière » grossière doit alors dériver de la structure particulière de celle-ci. La présence mutuelle des éléments de

1. Actuellement, on se sert de l'éther à cette fin : C'est la direction d'un rayon de lumière dans l'éther qui donne la direction « fixe »; cette lumière peut avoir quitté l'étoile depuis des millions d'années, elle n'indique donc pas nécessairement la direction actuelle de l'étoile. Malheureusement, elle ne *persiste* pas. Sur le mouvement relativement à l'éther en général, voir chap. x, § 9 et 10.

l'éther et d'un atome primaire isolé entraînera l'inertie de ce dernier mais, tandis que l'atome primaire se meut uniformément, les éléments d'éther eux-mêmes modifieront leur mouvement eu égard à la présence de l'atome primaire<sup>1</sup>. Il est encore difficile de dire quel est le sens de la loi d'inertie pour les éléments d'éther isolés.

Peut-être est-il oiseux de se poser cette question, tout au moins tant que l'éther conceptuel restera aussi peu défini qu'à l'heure actuelle. Nos idées sur l'éther sont essentiellement liées à la conception de sa continuité tandis que nos idées sur la « matière » grossière sont, au contraire, intimement associées à l'idée de la discontinuité de la matière. Dès lors nous sommes portés à regarder comme fondamentales, pour les éléments d'éther, les vues suivant lesquelles ils agissent lorsqu'ils sont en présence les uns des autres et, pour les corpuscules de « matière », les vues d'après lesquelles ces corpuscules agissent lorsqu'ils sont isolés. Pour cette raison, la loi d'inertie telle que nous l'admettons pour les corpuscules de « matière » grossière, peut être considérée comme une forme de mécanisme qui dérive très probablement de la structure de l'atome primaire lui-même,

§ 5. — LA TROISIÈME LOI DU MOUVEMENT. L'ACCÉLÉRATION MUTUELLE EST DÉTERMINÉE PAR LA POSITION RELATIVE

Faisons un pas de plus et admettons le champ le plus simple suivant : supposons deux corpuscules et leurs mouvements déterminés par rapport à un cadre passant par un

1. Par exemple, on peut montrer qu'un anneau-tourbillon d'éther, dans un fluide indéfini, se meut, sans changement sensible de dimensions, avec une vitesse uniforme perpendiculaire à son plan; par contre, les éléments d'éther modifient leur vitesse suivant leur position par rapport à l'anneau (voir A.-B. Basset, *A Treatise on Hydrodynamics*, volume II, p. 59-62).

troisième corpuscule que nous supposons toutefois (comme à la page 400) à une distance telle qu'il soit complètement soustrait à l'influence des deux premiers. Comment imaginer ce qui se passera ? En premier lieu, pour la simple raison que deux corpuscules sont dans le même champ, devons-nous les considérer comme ayant une certaine position définie l'un par rapport à l'autre ? Certainement non. Nous sommes obligés de les supposer capables de prendre une grande variété de positions l'un par rapport à l'autre. Le fait qu'ils sont dans le même champ ou qu'ils occupent certaine position relative dans ce champ détermine-t-il les vitesses de leurs mouvements ? Nous devons encore répondre : non, du moins pour les particules.

Afin de construire des mouvements qui décriront effectivement les successions de nos impressions sensibles, nous sommes forcés de supposer que des particules peuvent se mouvoir dans la même position relative avec toutes sortes de vitesses. Que devons-nous alors regarder comme déterminé lorsque nous connaissons la position relative de deux corpuscules ? Ce sont leurs accélérations, la proportion dans laquelle ils changent leur position relative. *Deux corpuscules peuvent se mouvoir en passant par la même position avec des vitesses quelconques, mais ils accroitront et dévieront leurs mouvements respectifs d'une manière parfaitement définie dépendant de leur position relative.*

Si A et B représentent deux corpuscules se mouvant, relativement au « cadre », dans les directions AT et B'T', avec les vitesses V et V' données par les vecteurs OQ et O'Q' de leurs hodographes respectifs (p. 316), alors l'accroissement et la déviation de V et V', ou comme nous l'avons vu (p. 317), les vitesses de Q et Q' sur leurs courbes hodographiques, seront déterminés à chaque instant par la position relative de A et B. Représentons ces vitesses de V et V', ou les accéléra-

tions de A et B, par les vecteurs  $Qt$  et  $Q' t'$  portés sur les tangentes en R et R' (p. 310 et 320). La question se pose naturellement de savoir comment, pour nous, les accroissements et les déviations donnés par  $Qt$  et  $Q' t'$  (p. 318) dépendent de la position relative de A et B?

En premier lieu, concevons que  $Qt$  et  $Q' t'$  soient *parallèles* mais de *sens opposés* (p. 299).

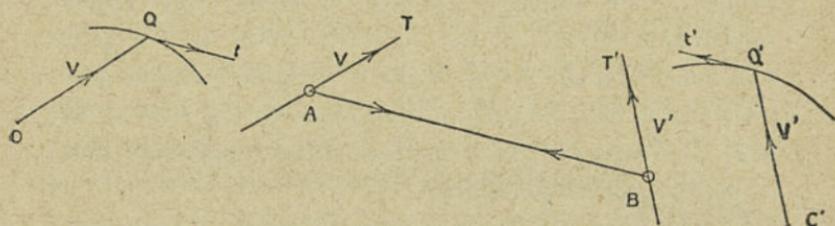


Fig. 21.

Dans tous les cas il faut supposer que les accélérations mutuelles des corpuscules ont la même direction mais des sens opposés<sup>1</sup>. En second lieu, on suppose habituellement que la direction est celle de la ligne qui joint les points représentatifs des corpuscules A et B. Cette hypothèse est peut-être suffisamment<sup>2</sup> correcte lorsque nous avons affaire à des corpuscules de matière grossière, tout au moins lorsque nous analysons le mouvement de deux particules non adjacentes, c'est-à-dire dont nous ne sommes pas obligés de supposer la distance AB infiniment petite, comme les dimensions des particules elles-mêmes<sup>3</sup>.

1. C'est-à-dire, si A agit sur B dans la direction de B vers A, B agira sur A dans la direction de A vers B et vice versa.

2. Voir appendice, note 2.

3. On remarquera dans ce cas que si nous considérons le mouvement de A par rapport à B, le rayon et la tangente à la trajectoire ou orbite de A sont respectivement parallèles à la tangente et au rayon de l'hodographe ou trajectoire de Q. On exprime cela en langage technique en disant que l'orbite d'un tel mouvement est un polygone gauche (poly-

Par contre, il existe apparemment des phénomènes physiques ou même chimiques qui ne peuvent être décrits en remplaçant le mouvement d'un atome primaire, d'un atome chimique, ou d'une molécule, par le mouvement d'un point. Dans ce cas, la ligne joignant deux corpuscules perd toute signification et nous avons, en fait, à envisager le mouvement relatif de groupes d'éléments construits très probablement à l'aide du mouvement des éléments d'éther les plus simples.

Toutefois, quand à propos des éléments de l'éther, nous nous demandons s'il faut les supposer susceptibles d'accélération mutuelle suivant la ligne qui les joint, nous sommes tout de suite arrêtés par une difficulté, car nous supposons à bon droit que les éléments d'éther n'ont aucune influence sur leurs mouvements réciproques (p. 399).

Mais si nous avons affaire à des éléments d'éther adjacents, la longueur de la ligne qui les joint s'abaisse aux dimensions des éléments, dès que nous essayons de concevoir l'éther comme absolument continu (pp. 262, 380 et 404). L'hypothèse de la discontinuité de l'éther peut nous faire franchir cette difficulté et nous permettre de considérer les éléments d'éther comme accélérant mutuellement leur mouvement dans la direction de la ligne qui les joint, mais cette hypothèse réintroduit un des problèmes pour la solution desquels l'éther a été inventé (pp. 262 et 384). Nous pouvons en toute sûreté admettre que lorsqu'une surface géométrique idéale est supposée tracée et fixée dans l'éther, ses *points*, s'ils sont déplacés, prendront sur cette surface un mouvement relatif les uns par rapport aux autres. Mais lorsque nous affirmons que cela est dû à l'accélération

gone funiculaire) ou pour l'hodographe un polygone de vecteurs (polygone de forces) et c'est là la base d'un procédé graphique pour étudier les accélérations centrales.

mutuelle des éléments d'éther, suivant la ligne qui les joint, nous pouvons, après tout, admettre une phase de mécanisme de l'éther, seulement vraie pour la « matière grossière » et qui, en réalité, dérive de la forme particulière du mouvement d'éther qui constitue la « matière grossière ». Si l'atome primaire était un anneau-tourbillon, on ne pourrait dire en général que l'action réciproque de deux atomes primaires est une « accélération mutuelle suivant la ligne qui les joint ». D'un autre côté, si l'atome primaire était un jet d'éther, cette phrase décrirait effectivement l'action réciproque de deux atomes primaires. Dans les deux cas, l'affirmation que les particules accélèrent mutuellement leur mouvement, dériverait, soit comme règle absolue, soit comme règle approximative, de la structure particulière de la « matière grossière » et ne constituerait pas une vérité mécanique pour tous les corpuscules, depuis l'élément d'éther jusqu'à la particule. Il y a encore plusieurs points à noter relativement à la manière dont les corpuscules accroissent et dévient réciproquement leurs mouvements. Nous avons dit que cette action dépend de leur position relative, mais l'accélération mutuelle n'est-elle jamais influencée par les vitesses des corpuscules ? Deux de nos danseurs idéaux influent-ils l'un sur l'autre uniquement par leur position relative et jamais par la rapidité et la direction suivant lesquelles ils passent par cette position ? On a admis qu'en introduisant la vitesse relative comme facteur déterminant de l'accélération mutuelle de deux particules, on contredirait un principe physique bien établi appelé la conservation de l'énergie. Depuis Helmholtz, plusieurs auteurs ont prouvé mathématiquement que l'énergie se conserve, en faisant dépendre cette conservation de l'accélération mutuelle, celle-ci étant fonction de la position relative et non de la vitesse relative.

Mais si deux corps en mouvement sont placés dans un fluide, ils exercent l'un sur l'autre une influence accélératrice et les accélérations dépendent aussi bien de leurs vitesses que de leur position relative. La conservation de l'énergie subsiste encore dans ce cas pour le système entier du fluide et des corps en mouvement, etc. Cependant, pour l'observateur ignorant la présence du fluide, les accélérations mutuelles des corps paraîtraient déterminées par leurs vitesses aussi bien que par leurs positions <sup>1</sup>.

Quelque chose de ce genre peut bien se passer lorsque nous envisageons l'action mutuelle des corpuscules de la « matière grossière » sans avoir égard à l'éther dans lequel nous concevons qu'ils flottent. Nous ne pouvons supposer que les accélérations mutuelles des atomes primaires, des atomes chimiques et des molécules dépendent seulement de leurs positions relatives ; elles peuvent dépendre aussi de leurs vitesses les uns par rapport aux autres ou par rapport à l'éther dans lequel nous les supposons se mouvoir. Cette remarque est d'une importance spéciale lorsque nous essayons de décrire les phénomènes électriques et magnétiques à l'aide des accélérations mutuelles des particules à distance. Toutefois, les physiciens admettent généralement que l'action à distance entre des particules a lieu suivant la ligne qui les joint et ne dépend que de leur position relative. Beaucoup d'auteurs scientifiques ont affirmé que tout l'univers pourrait être décrit mécaniquement à l'aide d'un système de particules ou de points dont les accélérations mutuelles ne dépendraient que de leurs distances mutuelles. Mais si simple que soit une pareille hypothèse, ses

1. Si l'on ne tient pas compte de l'éther, son énergie cinétique négligée est, pour nous, l'énergie potentielle des corps en mouvement et est généralement exprimable en fonction des vitesses de ces corps. Par suite, ces corps paraissent avoir une accélération mutuelle qui dépend non seulement de leur position relative, mais encore de leurs vitesses.

auteurs n'ont pas réussi à la démontrer suffisamment <sup>1</sup>.

Néanmoins, elle a joué un grand rôle dans la recherche physique et l'on constate encore son influence dans beaucoup d'ouvrages actuels relatifs aux lois du mouvement et à la conservation de l'énergie.

La discussion précédente nous place dans une meilleure position pour apprécier ce qu'il faut légitimement conclure relativement à la danse, de deux et même d'un nombre quelconque de corpuscules. En général, qu'il s'agisse de l'éther continu, des atomes ou des molécules discontinues, si nous fixons notre attention sur un point symbolisant un élément d'éther, un atome ou une molécule, l'accélération (non la vitesse) de ce point dépendra de la position du point ou de l'élément, relativement à d'autres points ou éléments (et peut être, dans certains cas, de ses vitesses relativement aux autres points ou éléments). D'autre part, pour les particules de « matière grossière » il suffit généralement (sinon invariablement) de dire que le mode d'après lequel leurs vitesses s'accroissent et dévient dépend seulement de leurs positions relatives par rapport à d'autres particules. En particulier, si deux particules sont seules dans le champ, leurs accélérations mutuelles dépendront de leur position relative ; on peut concevoir qu'elles se produisent suivant la ligne qui les joint, mais dans des sens opposés.

1. L'impulsion qu'a reçue ce mode de description de l'univers physique provient certainement de la loi newtonienne de gravitation. Cette description a été poussée très loin dans les ouvrages de Poisson, de Cauchy et des grands analystes français du commencement du siècle. On peut encore trouver des traces de sa persistance dans les auteurs modernes ; nous citerons par exemple, Clausius — un des physiciens allemands modernes les plus distingués — d'après qui tous les phénomènes de la nature peuvent probablement être réduits à des points agissant mutuellement, suivant la ligne qui les joint, avec des accélérations qui sont des fonctions de leurs distances mutuelles seules (Die mechanische Wärmethéorie, Bd. I S 17). On reconnaît, au moins à l'apparence, l'insuffisance de cette description en ce qu'elle ne décrit pas complètement divers phénomènes des corps élastiques.

§ 6. — LA VITESSE EST UN ABRÉGÉ DE L'HISTOIRE PASSÉE.  
LE MÉCANISME ET LE MATÉRIALISME

Il y a dans l'exposé précédent, un ou deux points qui méritent une attention spéciale. Si nous écartons l'idée métaphysique de la force et si nous considérons la causation comme une pure antériorité dans les phénomènes (pp. 165-167), alors la cause du changement de mouvement, ou de l'accélération, dépend, dans notre modèle conceptuel du monde des phénomènes, de la *position relative*. Les vitesses données d'un système, à un instant quelconque, peuvent être regardées comme la somme de tous les changements de mouvement antérieurs; ou encore, on peut concevoir simplement que les causes d'un mouvement donné résident dans l'ensemble des positions relatives antérieures du système. Ainsi la force, en tant que cause idéale de mouvement, peut être tout simplement définie par l'histoire des positions relatives d'un système. Cette histoire détermine les vitesses actuelles des parties du système, tandis que la position actuelle détermine les changements instantanés de ces vitesses. D'ailleurs, la « position actuelle » est l'équivalent conceptuel du mode d'après lequel nous percevons, en les distinguant les unes des autres, des impressions coexistantes des sens, tandis que « l'histoire passée » est l'équivalent conceptuel de la succession perceptible des impressions. La « position actuelle » et « l'histoire passée », prises conjointement, symbolisent ainsi ce que nous avons appelé la routine des perceptions (p. 129). Nous en concluons que si, avec feu le professeur Tait et les autres physiciens métaphysiciens, nous projetons nos conceptions dans la sphère des perceptions, nous ne trouvons encore dans la « force » considérée, soit comme cause du mouvement, soit comme

cause du changement de mouvement, rien de plus que la routine des perceptions sur quoi, nous l'avons vu, se fonde la définition scientifique de la causation (p. 167). L'idée que l'histoire passée d'un corpuscule est résumée dans sa vitesse actuelle est une idée importante. Si nous connaissions les vitesses actuelles de tous les corpuscules existants et si nous savions comment leurs accélérations dépendent de leurs positions relatives (et peut-être aussi de leurs vitesses relatives), alors, en appliquant l'opération décrite page 330, ou bien, par une extension de cette opération à des systèmes géométriques élargis, nous serions théoriquement capables de retracer le passé tout entier ou d'écrire toute l'histoire future de notre modèle idéal de l'univers. Les données suffiraient pour résoudre théoriquement ces problèmes, bien que nos cerveaux soient insuffisants pour analyser les données. Cependant, ils les mettent en œuvre partiellement. Connaissant les vitesses actuelles de la terre et de la lune et leurs accélérations par rapport au soleil et l'une par rapport à l'autre, nous calculons les éclipses survenues il y a trois ou quatre mille ans et nous rectifions la chronologie en déterminant les dates des éclipses enregistrées par l'expérience humaine. Ou encore, à l'aide de données relatives à la température et aux marées, nous décrivons les conditions de l'univers tel que nous concevons qu'il a existé des millions d'années auparavant ou tel que nous concevons qu'il sera dans des millions d'années.

Dans tous ces cas, comme notre modèle conceptuel décrit très exactement notre expérience limitée du passé et du présent, nous estimons qu'elle continuera à le faire si nous nous en servons pour décrire les suites que l'on ne peut vérifier à l'état d'impressions immédiates des sens. Dans ce cas, nous forgeons évidemment des hypothèses, mais des hypothèses qui se peuvent justifier logiquement (p. 77 et

chap. XI, § 11) ; nous admettons que, puisque notre modèle idéal décrit très exactement notre expérience immédiate, il décrirait aussi bien les antécédents et les conséquents de cette expérience s'ils existaient perceptiblement. Lorsque nous regardons le panorama d'une rivière dont une partie représente exactement ce que nous connaissons de la Tamise, il est logique de supposer que le reste du panorama reproduit les parties de la *même* rivière que nous ne connaissons pas.

Sur la correspondance vérifiable et nécessairement limitée, entre notre expérience et notre modèle conceptuel, se fonde notre description mécanique de l'univers. En tant qu'il s'agit de résumer sténographiquement notre expérience sensible, ou de la coordonner avec des impressions sensibles accumulées, le seul élément objectif de cette théorie mécanique réside dans la similitude des facultés de perception et de raisonnement de deux esprits humains. Ainsi, l'unique support de ce matérialisme qui « partant de la relation établie entre la matière et la force comme d'une base indestructible » aboutit aux « lois mécaniques inhérentes aux choses elles-mêmes » s'écroule sous la plus légère pression de la critique logique<sup>1</sup>.

Mais tout en balayant le matérialisme et en affirmant qu'il fournit non une explication, mais simplement une description conceptuelle des changements observés dans les phénomènes, nous ne devons pas tomber dans l'extrême contraire et rabaisser la valeur surprenante de notre modèle mécanique de l'univers.

1. Les principaux représentants allemands de ce matérialisme sont J. Moleschott et L. Büchner ; ses plus zélés partisans en Angleterre se comptent parmi les disciples de feu M. Bradlaugh : Il est peut-être inutile d'ajouter que la femme d'élite pour qui l'attachement aux choses de ce monde constituait le « Credo de Clifford et de Charles Bradlaugh » n'a pas aperçu la divergence inconciliable qui séparait l'inventeur du « Mind-Stuff » et le disciple de Büchner.

Si nombreux que soient ses défauts et ses défaillances, nous voyons cependant son exactitude s'étendre sûrement, bien que graduellement ; ses affirmations quant au passé et quant à l'avenir se vérifient continuellement de la plus saisissante et la plus large façon. Parfois, comme par quelque procédé mathématique abstrait, l'analyse mécanique nous a permis de résumer dans un petit nombre de formules concises de nombreux faits de l'expérience sensible, notre raison semble maîtresse de l'univers et nous avons un avant-goût de ce qu'une intelligence humaine développée pourrait accomplir en prédisant l'avenir et en décrivant le passé. L'un de ceux qui ont fait progresser la description mécanique de l'univers, par sauts et par bonds, Laplace, à l'apogée de sa carrière d'inventeur, a exposé ses vues dans la phraséologie matérialiste de son temps :

« Nous devrions envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur et comme la cause de celui qui suivra. Une intelligence qui, pour un temps donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée, et la situation respective des êtres qui la composent, si, d'ailleurs, elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers, et ceux du plus léger atome : rien ne serait incertain pour elle ; l'avenir comme le passé serait présent à ses yeux. L'esprit humain, dans la perfection qu'il a pu donner à l'astronomie, offre une faible esquisse de cette intelligence. Ses découvertes en mécanique et en géométrie, jointes à celle de la pesanteur universelle, l'ont mis à portée de comprendre dans les mêmes expressions analytiques les états passés et futurs des systèmes du monde<sup>1</sup> ».

1. *Essai philosophique sur les probabilités*, p. 4, Paris, 1819. Laplace continue : « Tous ses efforts dans la recherche de la vérité font qu'il

Ceux-là seuls qui se font une idée des progrès énormes des mathématiques appliquées à l'époque de Laplace et qui ont éprouvé, même à un faible degré, la joie de la découverte scientifique, peuvent convenablement juger de telles paroles. Les traiter avec mépris comme une « imagination laplacéenne » et se joindre à Napoléon — ce dissipateur du pouvoir intellectuel humain — pour déclarer leur auteur « incapable d'autre chose que de résoudre des problèmes dans l'infiniment petit<sup>1</sup> », c'est vraiment se proclamer soi-même un sot incapable d'apprécier quelques-uns des plus merveilleux produits de l'esprit humain. Si notre description mécanique de l'univers n'a pas progressé dans la proportion que Laplace se sentait autorisé à espérer, c'est surtout parce que nous n'avons pas eu un second Laplace pour s'occuper de « l'infiniment petit » comme le premier Laplace s'occupait de « l'infiniment grand ». La théorie mécanique que Laplace esquissait à l'avance ne nous permettra jamais d'affirmer que tel événement doit nécessairement avoir eu lieu dans le passé ni qu'il se produira sans contredit dans l'avenir. Mais la description par le mouvement, la formule brève exprimant les changements des concepts géométriques dans le temps et dans l'espace, est tout le contenu de la science naturelle<sup>2</sup>. Nous devrions plutôt nous étonner du pouvoir énorme que nous donne, même actuellement,

se rapproche continuellement de l'intelligence que nous venons de concevoir, mais *il restera toujours infiniment loin de cette intelligence* ». Ces derniers mots sont souvent omis par ceux qui citent le passage.

1. James Ward : *Naturalism and Agnosticism*, vol. I, p. 45, Londres, 1899.

2. J'utilise le mot à dessein car je ne vois finalement aucune distinction entre les branches physique et biologique de la science. A mesure que la dernière progresse, les simples descriptions des suites naturelles de sensations sont de plus en plus de nature à être remplacées par des formules décrivant des mouvements conceptuels. Tel est en fait le but avoué de ces études quelque peu embryonnaires : « Cellular dynamics » et « protoplasmatic mechanics ».

ce modèle idéal pour comprendre les souvenirs passés et anticiper sur les expériences de l'avenir, au lieu de critiquer vainement l'« incapacité » d'un homme qui a fait plus que tout autre travailleur scientifique du XIX<sup>e</sup> siècle pour le progrès de nos notions conceptuelles dans le domaine de la mécanique.

### § 7. — LA QUATRIÈME LOI DU MOUVEMENT

Cependant, il est grandement temps de revenir à notre discussion des lois du mouvement. En admettant, pour le moment, que la détermination des accélérations mutuelles a pour facteur principal la position relative, nous devons nous demander comment l'on pourrait arriver à formuler des lois plus exactes qui régiraient ces accélérations. Nous avons en premier lieu à rechercher jusqu'à quel point l'on peut concevoir que l'*individualité* de nos danseurs influe sur la manière dont ils accroissent réciproquement leurs mouvements. Deux danseurs quelconques, quelles que soient leur race et leur famille, et quels que soient les milieux dans lesquels ils évoluent, danseront-ils toujours de la même façon chaque fois qu'ils passeront par la même position ?

Ou bien jugerons-nous nécessaire de classer nos corpuscules d'après une certaine échelle qui changerait effectivement pour tout changement dans le champ ? ou encore faut-il concevoir les deux danseurs comme dansant de la même façon quel que soit l'aspect (p. 287) qu'ils présentent l'un à l'autre, s'ils arrivent à la même position face à face ou dos à dos, pour ainsi dire ?

En fin de compte, si nous savons comment A et B influent réciproquement sur leurs mouvements lorsqu'ils sont seuls dans le champ, et comment A et C dansent lorsqu'ils sont

seuls ensemble, serons-nous capables de dire comment agira A en présence à la fois de B et de C ? Il y a là un certain nombre d'idées que nous devons essayer d'exprimer en langage scientifique dans le but de déterminer les réponses à faire aux problèmes qu'elles suggèrent. En premier lieu, nous poserons la question : Y a-t-il entre les accélérations mutuelles de deux corpuscules A et B une relation quelconque qui soit indépendante : 1° de leur position relative, 2° de leurs compagnons éventuels dans le champ ? Y a-t-il en fait une relation quelconque qui dépende des *individualités* des corpuscules A et B ?

Ce problème peut être appelé le problème de l'*échelle cinétique*<sup>1</sup>. Voyons comment nous pourrions résoudre idéalement ce problème.

Nous pourrions prendre deux corpuscules et les placer à différentes distances dans un champ où ils exerceraient seuls une influence, et nous pourrions mesurer leurs accélérations mutuelles. Puis, nous pourrions répéter cette opération avec d'autres corpuscules dans le champ<sup>2</sup> et modifier le champ lui-même de toutes les manières possibles. Nous obtiendrions ainsi deux séries de nombres, une série représentant l'accélération de A due à B<sup>3</sup> et l'autre l'accélération de B due à A. Dans la sphère de la conception, nous appliquerions ainsi la méthode scientifique par

1. *Cinétique* est un adjectif formé du mot grec *κινεσις*, une *danse*, un mouvement.

2. Le procédé suivant lequel la partie de l'accélération de A due à B pourrait être séparée de celle due aux autres corpuscules dans le même champ, ne peut être complètement exposé dans cet ouvrage. Dans beaucoup de cas, on pourrait faire la part de chaque influence à l'aide du parallélogramme des accélérations.

3. Par l'expression « accélération de A due à B », fréquemment utilisée dans ce chapitre, le lecteur ne doit pas entendre que B *oblige* le changement de mouvement de A, le terme est seulement employé comme sténographie de l'idée conceptuelle que A et B, quand ils sont en présence l'un de l'autre, doivent être considérés comme modifiant d'une certaine manière leurs mouvements relatifs.

laquelle on classe les faits et l'on essaye, après un examen soigneux de ces faits, de découvrir une loi ou une formule qui les décrive. Et nous obtiendrons très rapidement une relation fondamentale entre les accélérations mutuelles de A et de B. En se reportant à la figure 21, on voit que le nombre des unités de longueur en  $Qt$  (si  $Qt$  représente l'accélération de A due à B) est toujours dans un rapport constant avec le nombre des unités de longueur en  $Q't'$  (ou accélération de B due à A). Si  $Qt$  comprend 7 unités de longueur et  $Q't'$  3 unités, alors, quels que soient les corpuscules placés dans le champ et de quelque manière que l'on modifie la position de A et B, les longueurs  $Qt$  et  $Q't'$ , petites ou grandes, seraient toujours dans le rapport de 7 à 3. Il y a là le commencement de la réponse à notre première question et nous pouvons formuler ainsi notre conclusion immédiate :

*Le rapport de l'accélération de A due à B à l'accélération de B due à A doit être regardé comme ayant toujours la même valeur, quelles que soient les positions de A et B et quelque soit le champ environnant.*

On voit ainsi que le rapport des accélérations mutuelles dépend du couple individuel de danseurs et non de leur position relative, ni de la présence et du caractère de leurs voisins. Mais le lecteur se demandera : comment est-il possible que la science tire une conclusion d'une telle portée puisque le plus métaphysicien des physiciens n'a jamais pu saisir un corpuscule, encore bien moins deux, et ne peut par conséquent avoir éprouvé leurs actions, dans tous les champs possibles ? La réponse est analogue à celle qui a été faite à propos du problème des particules gravitantes (p. 393). Les physiciens ont fait des expériences sur des corps perceptibles dans toutes sortes de champs ; ils ont électrisé, magnétisé, échauffé ou réuni mécaniquement par

des fils ou des tringles des corps de dimensions finies ; et, quelque soit la nature du champ, ils ont trouvé que plus les corps étaient petits — plus ceux-ci se rapprochaient de la limite idéale qu'est la particule —, mieux il était possible de décrire les suites naturelles d'impressions sensibles en imaginant des particules idéales obéissant à la loi ci-dessus. Ils ont alors supposé que la loi précédente était vraie pour les particules, et, renversant la méthode, ils ont décrit, à l'aide de cette loi, le mouvement des ensembles de particules qui sont nos symboles des corps perceptibles. La validité de la loi s'est trouvée alors démontrée par son pouvoir de prédire la routine future de nos impressions sensibles, à l'égard de corps perceptibles.

La loi établie comme principe mécanique applicable aux particules, il était naturel de rechercher si son application à la série complète des corpuscules donnait des résultats conformes à l'expérience. Dans les limites où l'on a opéré, on a reconnu que la loi trouvée pouvait être regardée comme une loi universelle de mécanisme. Cette méthode, qui consiste à découvrir puis à justifier la loi conceptuelle à l'aide de l'expérience perceptible, s'applique à toutes les propositions ultérieures relatives aux lois du mouvement ; je ne pense pas avoir besoin ici de me référer chaque fois au mode expérimental de la découverte et à sa justification.

#### § 8. — LE CONCEPT SCIENTIFIQUE DE MASSE

La danse des corpuscules nous a fait parcourir un long détour avant d'arriver à la quatrième loi du mouvement. Je dois maintenant demander au lecteur de me suivre dans une recherche un peu plus difficile. Celle-ci, toutefois nous dédommagera, par le nombre des idées nouvelles aux

quelles elle nous conduira. De la façon dont se présente actuellement la quatrième loi, nous devrions procéder à des expériences sur chaque couple possible de corpuscules pour former une échelle des rapports de leurs accélérations mutuelles. Afin d'éviter ce procédé très laborieux, imaginons un corpuscule type, que nous représenterons par la lettre Q, et supposons formé un tableau des valeurs que prend le rapport des accélérations mutuelles de Q et de chacun des autres corpuscules dont nous peuplons l'espace conceptuel.

Par la troisième loi du mouvement, l'accélération de Q due à A sera toujours dans le même rapport avec l'accélération de A due à Q, quelque soit le champ. Nous allons maintenant donner un nom à ce rapport, nous l'appellerons la *masse* de A par rapport au corpuscule type Q, ou, plus simplement, la *masse* de A. Ainsi nous avons :

$$\text{Masse de A} = \frac{\text{Accélération de Q due à A}}{\text{Accélération de A due à Q}} \quad (\alpha)$$

et de la même façon, si B est un second corpuscule, nous avons :

$$\text{Masse de B} = \frac{\text{Accélération de Q due à B}}{\text{Accélération de B due à Q}} \quad (\beta)$$

Cette définition nous conduit à deux points importants. Nous voyons, par exemple, que la masse d'un corpuscule a une certaine relation avec un corpuscule type, ou que la masse est toujours une quantité relative ; de plus, la masse est un simple nombre représentant un rapport d'accélérations. Nous avons ainsi une définition parfaitement claire et intelligible, nous pouvons saisir ce que signifie la vitesse et nous pouvons comprendre comment son changement est mesuré par l'accélération. Par conséquent la masse, comme rapport des nombres d'unités contenues dans

deux accélérations, est une conception dont on appréciera aisément la valeur. C'est de cette façon que la masse est invariablement déterminée scientifiquement ; néanmoins, dans les manuels de physique, le lecteur verra fréquemment la masse définie comme « la quantité de matière contenue dans un corps ». Après notre discussion sur la matière au chapitre VIII, le lecteur jugera combien est vide une définition de la masse fondée sur la matière<sup>1</sup>.

§ 9. — LA CINQUIÈME LOI DU MOUVEMENT. — DÉFINITION  
DE LA FORCE

Nous pouvons maintenant passer à la phase suivante de notre recherche relative à la danse corpusculaire. Ayant choisi un corpuscule type Q, nous supposerons mesurées par rapport à lui les masses de plusieurs autres corpuscules A, B, C, etc. Si nous formions le tableau de ces masses et que nous les comparions ensuite avec le rapport des accélérations mutuelles de A et B, B et C, C et A, etc., en vue de déterminer s'il existe une relation<sup>n</sup> quelconque entre les accélérations mutuelles de chaque couple et leurs masses, nous aurions bientôt découvert une cinquième loi importante du mouvement à savoir : *que le rapport de l'accélération de A due à B à l'accélération de B due à A est exactement égal au rapport de la masse de B à la masse de A*, ou en notation algébrique simple :

$$\frac{\text{Accélération de A due à B}}{\text{Accélération de B due à A}} = \frac{\text{Masse de B}}{\text{Masse de A}} \quad (7)$$

1. La *quantité* appartient essentiellement à la sphère des impressions sensibles. Nous ne pouvons lui attribuer de signification quand elle est projetée au delà de cette sphère. Il paraît donc illogique d'appliquer le mot quantité à la « source » métaphysique des impressions sensibles.

Ceci s'exprime brièvement par cette proposition que les accélérations mutuelles sont en raison *inverse* des masses. La validité de cette règle se démontre précisément de la même manière que la quatrième loi du mouvement. Nous remarquerons que si la masse du corpuscule <sup>1</sup> type Q est prise pour unité, la définition de la masse de la page 420 peut être remplacée par la formule :

$$\frac{\text{Accélération de Q due à A}}{\text{Accélération de A due à Q}} = \frac{\text{Masse de A}}{\text{Masse de Q}} \quad (2)$$

résultat parfaitement conforme à la loi qui vient d'être établie.

Cette loi peut être mise sous une forme légèrement différente. On sait<sup>2</sup> que, dans une proportion, le produit des moyens est égal à celui des extrêmes. Il en résulte que :

$$\begin{aligned} \text{Masse de A} \times \text{accélération de A due à B} &= \\ &= \text{masse de B} \times \text{accélération de B due à A.} \end{aligned}$$

Donnons un nom à ce produit de la masse par l'accélération. Nous appellerons le produit de la masse de A par l'accélération de A due à la présence de B, la *force de B sur A*. Cette force sera considérée comme ayant la direction et le sens de l'accélération de A due à B; tandis que sa grandeur s'obtiendra en multipliant le nombre d'unités contenues dans l'accélération de A due à B par le nombre d'unités contenues dans la masse de A. Ainsi, la mesure propre de la force sera son nombre d'unités de masse-accélération. Nous rappelant que les accélérations de A et de B sont de sens opposés, nous pouvons maintenant énoncer notre cinquième loi sous une nouvelle forme :

1. C'est-à-dire, le rapport des accélérations mutuelles de Q et d'un corpuscule absolument identique. Ces accélérations doivent être exactement égales par raison de symétrie; par suite leur rapport, la masse de Q, doit être pris comme unité.

2. Euclide VI, 16, interprété arithmétiquement.

*La force de B sur A est égale et opposée à la force de A sur B, ou bien, comme Newton lui-même l'a exprimé pour la première fois :*

« *L'action et la réaction sont toujours égales et opposées* <sup>1</sup> » ( $\varepsilon$ ).

Il est clair maintenant que d'après notre définition, la force est une certaine mesure de *la façon* dont un corpuscule danse par rapport à un second corpuscule ; cette mesure dépend partiellement du caractère individuel du premier corpuscule (sa masse) et partiellement de l'attention qu'il témoigne à la présence d'un second corpuscule (son accélération due au second corpuscule).

Le fait que cette mesure est scientifiquement appropriée à son objet est prouvé par son usage général ; on aurait peut-être pu le prévoir en comparant la simplicité de la règle ( $\varepsilon$ ) avec la complexité de ( $\gamma$ ). La définition de la force à laquelle nous sommes arrivés est une définition parfaitement intelligible ; elle est complètement indépendante de toute notion de matière en tant que « chose qui se meut » et de toute notion de « cause de mouvement » métaphysique. Nous n'avons qu'à prendre le vecteur représentant l'accélération de A due à la présence de B, et à étendre ou amplifier sa longueur dans le rapport de la masse de A à la masse du corps type Q pour avoir un nouveau vecteur qui représente la force de B sur A. La force est par conséquent une mesure conceptuelle arbitraire du mouvement, sans aucun équivalent perceptible.

La distinction entre la définition précédente de la force et celle que l'on trouve dans les manuels ordinaires <sup>2</sup> peut à

1. « *Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem* ».

2. « La force est une cause qui tend à modifier l'état naturel (*Sic !* d'un corps au repos ou en mouvement uniforme en ligne droite) » (Dynamics of a particle de Tait, art. 53). Il n'est peut-être pas indispensable de remarquer que nous ne pouvons concevoir un *corps* quel-

première vue sembler très légère au lecteur, mais l'auteur se permet de penser que cette distinction représente toute la différence qui sépare la science physique pure du matérialisme métaphysique grossier. La causation, ainsi que nous avons eu l'occasion plusieurs fois de l'indiquer, n'est intelligible, dans la sphère perceptible, que comme une antériorité dans une routine de sensations. Dans la sphère conceptuelle, d'autre part, la cause du changement de mouvement de nos corpuscules réside uniquement dans notre désir de construire un modèle mécanique exact du monde des phénomènes.

Pour toute configuration définie des corpuscules, nous supposons certaines accélérations mutuelles en vue de mettre notre mécanisme en harmonie avec nos impressions de changement. La force, mesure arbitraire des changements idéaux du mouvement, est ainsi un concept intelligible. Par contre, projeter la cause du mouvement dans quelque chose au delà des impressions sensibles, c'est affirmer dogmatiquement la causation là où nous ne pouvons pas la connaître, c'est illogiquement conclure du semblable au dissemblable (p. 76-233). La seule alternative est de considérer la force comme un groupe antérieur d'impressions sensibles ; cependant, cela ne consiste pas simplement à projeter nos notions purement conceptuelles dans le champ de la perception mais cela nous impose le devoir de définir le groupe particulier d'impressions sensibles auquel correspond la force. Nous avons déjà parlé de la « sensation musculaire de la force » (p. 384) qui, si nous projetons les conceptions dans le champ de la perception, doit être regardée plus exactement comme une impression d'accélé-

conque *naturellement* au repos ou se mouvant en ligne droite, à moins que le monde *naturel* ne soit redéfini dans quelque nouveau sens, disons dans le sens d'*artificiel*.

ration mutuelle indissolublement liée au fait de la conscience. Elle ne projette absolument aucune lumière sur la cause du mouvement de ces « automates sans conscience », tels que nous pouvons concevoir « les corpuscules phénoménaux ». Ainsi, quelle que soit la voie que nous suivions, les définitions courantes à la fois de la masse et de la force ne nous conduisent qu'à l'obscurité métaphysique. La masse définie comme la quantité de matière contenue dans un corps, la matière, définie comme ce qui se meut perceptiblement, la force, définie comme ce qui modifie le mouvement : ce sont là purement et simplement des termes qui servent à masquer l'ignorance humaine. Cette ignorance, au fond, est l'ignorance du *pourquoi* il existe une routine des sensations ; nous avons déjà complètement traité cette question de la routine (p. 129-135). La science ne répond à aucun *pourquoi*, elle fournit simplement une description sténographique du *comment* de nos sensations ; il en résulte par conséquent que si les expressions de masse et de force sont employées dans le langage scientifique, elles le sont comme des symboles à l'aide desquels nous décrivons ce *comment*. C'est ainsi que je les ai employées ; nous avons vu que pour décrire brièvement la danse corpusculaire qui forme notre modèle conceptuel de l'univers, les notions de masse et de force basées sur des accélérations mutuelles se présentent naturellement à l'esprit et comportent une définition intelligible.

§ 10. — L'ÉGALITÉ DES MASSES VÉRIFIÉE PAR LA PESÉE

Bien qu'il nous soit impossible de passer en revue tout le domaine de la mécanique, il est encore nécessaire d'indiquer au lecteur que nos définitions de la masse et de la force nous conduiraient finalement à la même conclusion que les

définitions d'un manuel courant de physique. En premier lieu, nous examinerons un problème élémentaire qui nous conduira à une manière de vérifier *l'égalité des masses*. Supposons que nous ayons deux corpuscules, ou plutôt deux particules, A et B de masses  $m_a$  et  $m_b$  dans le même champ et placées sur une ligne horizontale, A à gauche et B à droite.

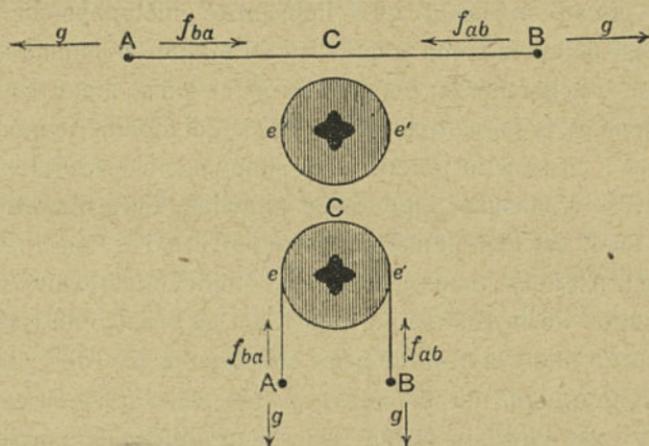


Fig. 22.

Maintenant, en raison de la présence de quelque système à gauche de A, que nous n'avons pas besoin de décrire d'une manière précise, nous supposons que A possède une accélération représentée horizontalement par  $g$  unités à la gauche de A. De la même façon B, à cause de quelqu'autre système, aura une accélération horizontale de  $g$  unités vers la droite. De plus, A et B s'accéléreront mutuellement l'un l'autre et nous représenterons l'accélération de A due à B de gauche à droite par le symbole  $f_{ba}$  et l'accélération de B due à A par  $f_{ab}$  qui sera dans le sens opposé. Nous choisirons un « champ physique » particulier pour l'accélération de A et de B : nous les supposons liés ensemble de manière que leur distance ne puisse changer, la liaison elle-même

étant telle qu'elle ne produise aucune accélération ni en A ni en B. Nous pouvons imaginer cette liaison comme limite de la perception réelle, en supposant qu'une ficelle fine sans poids et inextensible unit A et B. Une pareille ficelle, à elle seule, ne produirait pas en elle-même des accélérations sensibles de A et de B. Puisque la ficelle est inextensible, tout le système doit se mouvoir dans la *même* direction, par exemple de droite à gauche. Et il est clair que la vitesse de A doit être à chaque instant égale à la vitesse de B, sans quoi la ficelle se serait allongée. Mais si les vitesses de A et de B sont toujours égales, leurs accélérations sont aussi toujours égales, sans quoi leurs vitesses s'étant accrues différemment commenceraient à différer. Nous en concluons que l'accélération totale de A vers la gauche doit être égale à l'accélération totale de B dans la même direction ou symboliquement :

$$g - f_{ba} = f_{ab} - g \quad (I)$$

Mais d'après la cinquième loi du mouvement [(γ), p. 421] :

$$\frac{f_{ba}}{f_{ab}} = \frac{m_b}{m_a} \quad (II)$$

Ainsi, (I) et (II) sont deux relations simples donnant  $f_{ba}$  et  $f_{ab}$ . On en déduit par une opération élémentaire :

$$f_{ab} = 2 \frac{m_a}{m_a + m_b} g, \quad \text{et} \quad f_{ba} = 2 \frac{m_b}{m_a + m_b} g$$

D'où :

$$\text{Accélération de A ou de B vers la gauche} = g - f_{ba} = \frac{m_a - m_b}{m_a + m_b} g \quad (III)$$

De plus :

Force de B sur A = Masse de A × Accélération de A due à B

$$\begin{aligned} &= m_a \times f_{ba} = 2 \frac{m_a m_b}{m_a + m_b} g \\ &= m_b \times f_{ab} \text{ ou force de A sur B} \end{aligned}$$

Or, cette force de B sur A est ce qu'on appelle habituellement la *tension de la ficelle*. Par suite nous avons :

$$\text{Tension de la ficelle} = 2 \frac{m_a m_b}{m_a + m_b} g. \quad (\text{IV})$$

Un nouveau point important est à noter maintenant. Pour que A et B soient en repos, relativement au champ qui produit l'accélération  $g$ , il est nécessaire que leurs vitesses soient toujours nulles et cela implique que les changements de leurs vitesses, c'est-à-dire que leurs accélérations, soient toujours nulles. Mais on voit tout de suite d'après la formule (III) que la seule condition pour que ces accélérations soient nulles est que  $m_a$  et  $m_b$ , ou que les masses de A et de B soient égales, car alors la différence  $m_a - m_b$  est nulle. Ainsi, le repos dépendra de l'*égalité des masses* de A et de B.

Une notion idéale nouvelle s'introduit maintenant, à savoir que les effets physiques terminaux — les impressions sensibles consécutives à ces effets — ne sont point altérés en grandeur, mais seulement en direction quand on emploie comme organe de liaison une corde sans poids et inextensible placée autour d'un corps « parfaitement poli ». C'est là encore une limite conceptuelle d'une expérience très réelle. Supposons une cheville ou un cylindre horizontal parfaitement poli, que l'on introduit sous la ficelle en son point milieu C et que celle-ci enveloppe de telle sorte que les portions eA et eB de la ficelle pendent verticalement vers le bas. Supposons de plus que les systèmes particuliers qui produisent l'accélération  $g$  en A et B soient maintenant remplacés par le système unique de la terre, Galilée a démontré que l'on doit attribuer à toutes les particules situées au même endroit de la surface de la terre la même accélération verticale ( $g$ ) vers cette surface. Nous en concluons que si deux particules sont reliées par une ficelle

sans poids et inextensible placée sur un cylindre parfaitement poli, l'accélération de l'une vers le bas et de l'autre vers le haut est donnée par la relation (III) et la tension de la ficelle par la relation (IV). Par suite, si les particules sont au repos, ou « se font équilibre », leurs masses doivent être égales. Dans ce cas, puisque  $m_a = m_b$ , la tension de la ficelle est égale à  $m_a \times g$  ou au produit de la masse de A par l'accélération de A due à la terre ; c'est-à-dire est égale à la force de la terre sur A. Cette force est appelée le poids de A et puisque  $m_a = m_b$ , il en résulte que le poids de A est égal au poids de B.

Nous venons d'avoir recours à la notion la plus simple de machine à peser — une ficelle inextensible, aux bouts de laquelle les particules sont suspendues, et placée sur un cylindre poli. Si les poids des particules sont égaux, leurs masses sont égales et elles se font équilibre. Ainsi, l'égalité des masses peut être vérifiée par la pesée. Un autre résultat important est acquis. Si une particule suspendue par une ficelle est au repos relativement à la terre, son poids sera égal à la tension de la ficelle. Par suite, si l'accélération  $g$  due à la terre en chaque lieu, est connue, nous avons un moyen de mesurer la masse en fonction de la tension. Le développement complet de ce principe conduit à d'importantes méthodes permettant de déterminer l'égalité de masses par l'égalité de déformations (p. 292) dues à des tensions égales.

§ 11. — JUSQU'À QUEL POINT S'ÉTEND LE MÉCANISME  
DES QUATRIÈME ET CINQUIÈME LOIS DU MOUVEMENT ?

Avant de terminer cette discussion sur la masse, il y a encore quelques points connexes à élucider même dans un livre élémentaire tel que celui-ci. Nous avons d'abord à

nous demander si les quatrième et cinquième lois du mouvement, avec les définitions de la masse et de la force qu'elles comportent, doivent être supposées valables pour la série entière des corpuscules depuis l'élément d'éther jusqu'à la particule. La difficulté est naturellement la même pour la force et pour l'accélération si nous concevons les atomes primaires comme étant peut-être — les atomes chimiques et les molécules comme étant presque certainement — des corps étendus. Il n'y a plus de points géométriques définis fixant les directions des accélérations mutuelles, et par suite les forces. Nous revenons à l'idée que, pour appliquer ces lois aux molécules, il faut considérer l'action et la réaction entre des parties élémentaires de ces corpuscules et entre les masses de ces parties élémentaires.

De l'action de ces parties élémentaires les unes sur les autres, nous déduirons alors, à l'aide des lois ci-dessus, l'action totale entre deux atomes ou deux molécules. Celle-ci ne sera pas nécessairement mesurable par une force unique agissant entre deux points déterminés. Cependant, de nouvelles difficultés surgissent à propos de notre conception de la masse. La masse d'un élément d'éther a-t-elle le même caractère que la masse d'un atome, d'une molécule ou d'une particule? Cela semble en vérité très douteux. Si les rapports des accélérations mutuelles de deux éléments d'éther, ou de deux atomes, ou de deux particules sont, chacun en particulier, constants et capables de nous conduire à une définition claire de la masse pour chaque type de corpuscules, il n'est nullement certain que le rapport des accélérations mutuelles d'un élément d'éther et d'une particule est l'inverse du rapport de la masse de l'élément à la masse de la particule. *Il se peut que nous ne puissions concevoir ces masses comme mesurables avec le même étalon.*

Si l'atome primaire consistait en de l'éther en mouvement, sa masse disparaîtrait avec son mouvement; mais les éléments d'éther qui formaient l'atome primaire conserveraient encore leur masse d'éther. Vraisemblablement la possibilité qu'une vitesse intervienne dans la masse de la « matière grossière » nous empêchera d'affirmer que le rapport des accélérations mutuelles de l'élément d'éther et de la particule sont « en raison inverse de leurs masses ». Ainsi, l'idée d'action et de réaction mécaniques entre l'éther et la matière brute devient très obscure. Il n'est guère douteux que ces lois sont acceptables pour les particules; elles peuvent peut-être suffire à décrire la relation entre les éléments d'éther; mais elles ne peuvent pas être affirmées dogmatiquement quant aux actions entre l'éther et la « matière grossière ». J'ai amené exprès le lecteur à cette difficulté et à ces points encore mal établis parce que les physiciens, trouvant que certaines lois du mouvement appliquées aux particules suffisent à décrire notre expérience perceptible des corps physiques (qu'ils représentent par des systèmes de particules), sont, je me permets de le penser, trop disposés à affirmer que ces mêmes lois s'étendent au modèle conceptuel entier par lequel ils représentent l'univers<sup>1</sup>. Ils admettraient que des formes spéciales d'accélération comme la gravitation, le magnétisme, etc., dérivent vraisemblablement de la manière dont on conçoit que sont constitués l'atome primaire et la particule. Mais il faut peut-être aller plus loin. En majeure partie les lois du mouvement, telles que nous les établissons pour les particules, peuvent aussi dériver de la structure particulière de la particule. Elles peuvent résulter en grande partie de la nature que nous attribuons à

1. Voir spécialement sur ce point, le-paragraphe 4 du chapitre ix.

l'éther et aux types particuliers du mouvement de l'éther à l'aide desquels nous construisons les phases variées de la « matière grossière ».

Ce n'est donc pas mettre en doute les résultats bien établis de la physique moderne que de demander si la conception de l'éther comme un pur mécanisme<sup>1</sup> est, en somme, scientifique. L'objet de la science est de décrire dans le plus petit nombre de mots, la plus vaste série de phénomènes et il est parfaitement possible qu'une conception de l'éther puisse un jour se former, par laquelle on pourra résumer dans une large mesure le mécanisme même de la « matière grossière ». A la vérité, c'est sur ces questions de la constitution de l'éther et de la structure de l'atome primaire que la théorie physique est à, l'heure actuelle, principalement en défaut. Il est tout à fait opportun de procéder à des expériences soigneuses pour définir plus étroitement les faits perceptibles que nous désirons décrire scientifiquement ; mais l'application brillante de l'imagination scientifique (p. 40) est encore plus utile. On peut former des concepts plus élevés que ceux que supposent la loi de gravitation ou la loi d'évolution des espèces par la sélection naturelle. Ce ne sont pas les problèmes qui manquent, mais l'inspiration pour les résoudre ; ceux qui les débrouilleront seront les égaux de Newton, de Laplace et de Darwin.

#### § 42. — LA DENSITÉ, BASE DE L'ÉCHELLE CINÉTIQUE

Si notre mécanisme, d'après les lois du mouvement formulées ci-dessus, ne peut être définitivement tenu

1. Par un *pur* mécanisme, l'auteur souhaite que le lecteur entende un système conçu comme obéissant à toutes les lois fondamentales du mouvement telles qu'elles sont exposées dans les traités de mécanique.

comme vrai que pour les particules, nous devons encore nous demander comment on conçoit que les formes géométriques par lesquelles nous symbolisons les corps perceptibles sont constituées et comment il est possible d'admettre l'idée de plusieurs familles différentes de particules. Afin de juger de la réponse à faire à cette question, nous définirons ce que nous entendons par *uniformité de substance*. Supposons que nous prenions deux portions de corps différents ou d'un même corps et supposons que ces portions, de quelque façon qu'on les examine, provoquent les mêmes groupes d'impressions sensibles physiques et chimiques, nous dirons que ces portions sont de *même substance*. De plus, si des portions d'un corps, prises en un point quelconque de ce corps, semblent toujours de la même substance, de sorte qu'en supposant que les perceptions de forme demeurent exactement les mêmes, une portion quelconque pourrait être confondue avec une autre quelconque, nous dirons que le corps est *homogène*. Bien que, perceptiblement, nous ne puissions réaliser une particule, nous concevons encore que si l'on formait des particules en prenant des éléments de plus en plus petits en chaque point d'une pareille substance homogène, toutes ces particules auraient des *masses égales*<sup>1</sup>. Nous parvenons ainsi au symbole conceptuel d'un corps homogène considéré comme une distribution uniforme de particules d'égales masses sur toute l'étendue d'une surface géométrique. En appliquant nos lois, comme nous l'avons fait pour le mouvement des particules, à une telle distribution uniforme de particules, nous construisons, pour la forme géométrique, un mouvement qui décrit exactement notre routine d'impressions sensibles dans le cas des corps perceptibles qui se

1. C'est-à-dire possédant une individualité analogue, voir p. 415 et comparez p. 499.

rapprochent de l'idéal d'homogénéité. Nous disons alors que la somme des masses contenues dans une portion quelconque de notre forme géométrique est la masse de cette portion.

De là, il résulte tout d'abord que : *Les masses de deux portions quelconques de la même substance homogène sont proportionnelles à leurs volumes.*

Ce résultat n'est pas un truisme<sup>1</sup>, il résulte simplement de l'hypothèse de la distribution uniforme des particules dans une substance homogène ; cette homogénéité est comme la loi de gravitation, une conception uniquement justifiée par l'accord des résultats qu'elle décrit avec l'expérience.

Si nous prenons deux volumes petits et égaux d'une substance homogène, plus ils seront petits, plus nous pourrons décrire intimement notre expérience sensible de ces volumes au moyen des symboles conceptuels, « particules de masses égales ». Si nous prenons deux volumes petits et égaux de deux substances homogènes différentes, plus ils seront petits, plus intimement nous pourrons décrire notre expérience sensible de ces volumes par les symboles conceptuels de « particules de masses différentes ». Ainsi idéalement, chaque substance indépendante doit être regardée, pour l'objet de notre modèle mécanique, comme individualisée par une masse spéciale de sa particule fondamentale. Si nous choisissons comme étalon une substance homogène déterminée alors, en prenant des volumes petits et égaux d'une substance homogène quelconque et de la substance type, le rapport des masses des particules par lesquelles nous représentons conceptuellement ces volumes, lorsqu'ils

1. On pourrait fort bien le regarder comme exprimant une *sixième* loi fondamentale du mouvement.

deviennent de plus en plus petits, s'appelle la *densité* de la substance homogène donnée<sup>1</sup>.

De la proposition précédente que les masses de deux portions de la même substance sont proportionnelles à leurs volumes, il résulte que : *La densité d'une substance homogène donnée est le rapport des masses de deux volumes égaux de cette substance et de la substance type.*

Si un corps n'est pas tel que deux portions, prises n'importe où, nous présentent les mêmes groupes d'impressions sensibles physiques et chimiques, le corps est alors dit *hétérogène*. Si nous prenons des volumes petits et égaux de ce corps en des endroits différents, plus ils sont petits, mieux nous pouvons décrire intimement notre expérience sensible de ces corps en imaginant des particules de masses *différentes*. Si nous prenons des volumes petits et égaux « en un point donné » d'un corps hétérogène et de la substance homogène type, plus nous les prenons petits, mieux nous pouvons décrire intimement notre expérience sensible en considérant l'action mutuelle de deux particules.

Le rapport de la masse de la particule de la substance hétérogène à celle de la particule de la substance type s'appelle la *densité* de la substance hétérogène *au point donné*. La densité d'une telle substance n'est donc pas, comme dans le cas d'une substance homogène, le rapport des masses de volumes finis de la substance donnée et de la substance type, c'est une quantité qui varie *d'un point à l'autre* du corps hétérogène.

Il est clair que la notion de densité ainsi présentée, ouvre des horizons sur la manière dont nous concevons que les

1. Le terme adopté dans les manuels est « poids spécifique » mais à mon avis, le choix de ce terme n'est pas heureux et je préfère utiliser dans ce sens le mot *densité*.

symboles des corps physiques soient construits à l'aide d'agrégats de particules. La notion de la densité nous permet d'individualiser les substances et de classer parfaitement les particules qui sont les éléments conceptuels des corps. La densité forme l'échelle cinétique que nous cherchions (p. 417); c'est le moyen fondamental par lequel nous mesurons la grandeur relative des accélérations supposées entre les éléments idéaux des corps lorsqu'ils sont en présence les uns des autres. Elle met de la vie dans les formes géométriques au moyen desquelles nous conceptualisons l'univers des phénomènes.

Le lecteur doit cependant noter avec soin que cette considération de la densité abonde en notions purement idéales. J'ai défini l'homogénéité, mais l'homogénéité ainsi définie est une limite étendue, idéalement, à un procédé de comparaison qui peut être commencé mais non achevé par la perception. Aucune substance perceptible n'est exactement homogène. De plus, j'ai parlé de prendre des « volumes égaux », procédé qui n'est qu'une conception géométrique, jamais exactement réalisable dans la perception où l'on ne peut admettre de limites continues (p. 253). Puis j'ai dit encore « un volume en un point » et « la densité d'un corps hétérogène en un point », limites conceptuelles n'ayant aucun équivalent perceptible. Enfin, j'ai dit que la densité était égale au rapport des masses de « certains volumes », et que les agrégats de particules remplissaient des « formes géométriques ». Ces indications suffiront à montrer au lecteur que la densité, comme la masse, est une notion conceptuelle et un moyen idéal de classer les symboles de notre modèle conceptuel de l'univers. A la vérité, nous choisissons les densités de façon que notre modèle décrive aussi exactement que possible notre expérience sensible. Mais la densité elle-même appartient à la sphère

conceptuelle et se définit par rapport aux formes géométriques qui servent à symboliser les corps physiques. C'est une chaîne conceptuelle entre ces formes géométriques et les accélérations dont nous les dotons.

On doit insister sur ce point important, car c'est cette relation entre le volume géométrique et la masse, dans le cas de substances homogènes, qui a conduit les physiciens à définir la masse « la quantité de matière dans un corps » (p. 421).

La forme géométrique fut d'abord projetée dans le monde des phénomènes, puis cette forme remplie avec la source métaphysique des impressions sensibles, la matière. La masse proportionnelle au volume devint ainsi la masse mesure de la matière, et la vanne fut ouverte au flot des métaphysiciens qui menacèrent parfois de ruiner la base solide de la science physique.

### § 13. — L'INFLUENCE DE L'ASPECT SUR LA DANSE CORPUSCULAIRE

Jusqu'ici, je ne me suis occupé que de la valeur du rapport des accélérations mutuelles de deux corpuscules. L'examen des valeurs absolues de ces accélérations mutuelles, pour chaque champ particulier, nous ferait parcourir toute l'étendue de la physique moderne; nous aurions à nous occuper des lois spéciales de mouvement qui décrivent les phénomènes que nous classons sous les titres de cohésion, gravitation, capillarité, électrisation, magnétisme, etc. Cette discussion n'est point comprise dans l'objet du présent ouvrage, mais il y a un ou deux points généraux que je dois noter ici. Je commence, en premier lieu, à poser en termes précis le second problème dont il est question page 416 : *Les grandeurs absolues des accélérations*

*mutuelles de deux corpuscules sont-elles influencées par l'aspect qu'ils présentent l'un par rapport à l'autre ?*

Aucune réponse décisive ne peut encore être donnée à cette très importante question de l'influence de l'aspect.

Distinguons les divers types de corpuscules. Il ne paraît exister aucun fait d'expérience capable de nous laisser supposer que l'aspect joue un rôle quelconque dans l'action mutuelle des éléments d'éther. Pour ce qui est de l'atome primaire, nous ne pouvons rien dire; si l'atome était un anneau-tourbillon, l'aspect aurait une certaine importance, mais si c'était un jet d'éther il n'en n'aurait aucune. Par contre, quelle que soit la constitution de l'atome primaire, et vraisemblablement pour la plupart des autres mécanismes, l'aspect jouerait un grand rôle dans les actions mutuelles entre les atomes chimiques et entre les molécules. Ces groupes, formés d'un nombre relativement faible d'atomes primaires, peuvent difficilement accélérer réciproquement leurs mouvements de la même manière, bien qu'ils tournent les uns autour des autres. Il nous faut probablement envisager le changement d'accélération mutuelle suivant le changement d'aspect, quand nous essayons de décrire idéalement des phénomènes tels que la cristallisation et la magnétisation. En ce qui concerne la particule, l'aspect a probablement une faible influence lorsque nous avons affaire à des particules situées à de grandes distances comparativement à leur volume infiniment petit. Mais on conçoit encore que si toutes les molécules d'une particule avaient un aspect semblable, l'aspect pourrait avoir une certaine importance pour déterminer l'action de cette particule sur une particule *adjacente*. Dans le phénomène de la gravitation, l'aspect ne joue cependant aucun rôle appréciable. En somme, nous concluons que l'aspect doit être considéré comme un facteur significatif

pour déterminer les grandeurs absolues des accélérations mutuelles mais l'influence exacte que la « posture » de nos danseurs exerce sur la manière dont ils dansent est encore un des points obscurs de la physique (voir pages 431, 444).

§ 14. — L'HYPOTHÈSE DE L'ACTION MODIFIÉE  
ET LA SYNTHÈSE DU MOUVEMENT

Le problème suivant a une extrême importance lorsque nous nous occupons de la synthèse du mouvement, de la construction du mouvement de groupes complexes avec des groupes simples de corpuscules (p. 336). C'est le problème de l'*action modifiée*. Je le poserai ainsi :

*Étant donnée l'accélération de A en présence de B, la grandeur<sup>1</sup> de cette accélération sera-t-elle altérée si C est mis en présence de A et B ?* Ce problème peut être énoncé un peu différemment de la manière suivante :

Supposons que lorsque A et B sont seuls dans le champ l'action de A due à B soit représentée par le vecteur  $b$ , et que lorsque A et C sont seuls dans le champ, l'accélération de A due à C soit représentée par le vecteur  $c$ , alors, lorsque B et C sont tous deux dans le champ, ces accélérations resteront-elles les mêmes et par suite l'effet d'accélération totale de B et de C sera-t-il représenté, conformément à la loi que nous avons établie pour la combinaison des accélérations (p. 335), par le vecteur qui forme la diagonale du parallélogramme dont les côtés sont  $b$  et  $c$  ? Ou, au contraire, devons-nous concevoir que lorsque B et C sont tous

1. Nous avons déjà vu que le rapport des accélérations mutuelles, ou des masses de A et de B, ne doit pas être considéré comme modifié par la présence d'autres corpuscules dans le champ ; mais cela ne résout pas la question des grandeurs absolues.

les deux dans le champ, la première accélération  $b$  due à B se change en  $b'$  et l'accélération  $c$  due à C en  $c'$ , de sorte que l'accélération totale de A est maintenant la diagonale  $d'$ ? Il est clair que si la dernière proposition est correcte, la synthèse du mouvement devient beaucoup plus compliquée.

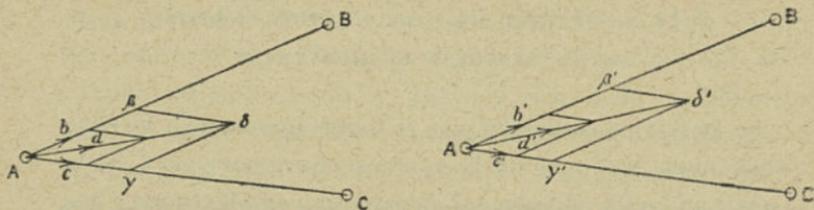


Fig. 23.

Il sera encore vrai que l'accélération de A est composée des accélérations dues à B et C, seulement ces accélérations ne dépendront pas uniquement des positions respectives de B et C relativement à A, elles résulteront de la configuration du système entier A, B, C. Il sera ainsi impossible de former des mouvements composés par la combinaison de mouvements simples, avant d'avoir déterminé comment les actions  $b$  et  $c$  de B et de C agissant seuls se changent en  $b'$  et  $c'$  quand B et C sont superposés.

La même question peut maintenant être envisagée du point de vue de la force. Si  $m$  est la masse de A,  $m \times b$  et  $m \times c$  seront les forces de B et de C sur A et seront représentées par des vecteurs  $m$  fois plus grands en longueur que les vecteurs  $b$  et  $c$  (p. 422). Si B et C ne modifient pas leurs influences réciproques, l'action combinée, donnée par l'accélération  $d$ , correspond à une force qui, mesurée par le produit de la masse et de l'accélération, ou par  $m \times d$ , est  $m$  fois le vecteur  $d$ . Cette force s'appelle *la force résultante*; et nous voyons que puisque les forces

résultante et composantes valent respectivement  $m$  fois la diagonale et les côtés du parallélogramme des accélérations, ces forces doivent former elles-mêmes la diagonale et les côtés d'un parallélogramme  $A\beta\delta\gamma$ , qui est une figure amplifiée du parallélogramme des accélérations. C'est le fameux *parallélogramme des forces* ; nous remarquerons qu'il résulte immédiatement du parallélogramme des accélérations lorsque nous admettons que B et C ne modifient pas leur action réciproque <sup>1</sup>.

S'ils modifient leur action réciproque, il y aura encore un parallélogramme ( $A\beta'\delta'\gamma'$ ) des forces, la force résultante  $m \times a'$  sera la diagonale du parallélogramme ayant pour côtés  $m \times b'$  et  $m \times c'$ . Mais si nous entendons, comme le font généralement les physiciens, par *force de B sur A* la force qui s'exerce lorsque A et B sont seuls dans le champ, et de même par *force de C sur A* la force qui s'exerce quand A et C sont seuls dans le champ, alors, dans l'hypothèse de l'action modifiée : *Le parallélogramme des forces ne constitue pas une synthèse convenable de la combinaison des forces.*

Cette conclusion paraîtra peut-être au lecteur tellement contraire à tout ce qu'il a lu dans les manuels de mécanique qu'il sera porté tout d'abord à rejeter l'hypothèse de l'action modifiée. L'une des lois du mouvement de Newton exclut nettement, il est vrai, cette hypothèse ; quand on l'exclut, la construction de systèmes mécaniques complexes au moyen de systèmes simples, se simplifie à coup sûr beaucoup : nous n'avons ni à reprendre l'étude de chaque nouveau champ, ni à remesurer les accélérations pour chaque variation de ses éléments constitutifs : nous l'analysons simplement en le partageant en divisions simples

1. Du point de vue de la physique de la *particule*, la règle du parallélogramme peut être considérée comme la *septième* loi du mouvement.

dont nous avons préalablement étudié les mouvements individuels. Cependant il n'est pas scientifique d'affirmer que l'hypothèse la plus simple est nécessairement correcte (Voir Appendice, note III). Lorsque nous généralisons cette hypothèse au delà de l'étendue où l'on a constaté qu'elle décrivait convenablement le résultat de l'expérience, nous devons nous demander si elle suffit encore pour simplifier nos conceptions ou bien si elle ne permet plus de décrire certaines phases constatées de la perception. La loi de Newton semble parfaitement suffisante, et l'on peut dire qu'elle est vérifiée lorsque nous avons affaire à des particules de « matière commune ».

Les accélérations mutuelles de deux particules gravitantes par exemple, ne semblent point influencées par la présence d'une troisième particule. Pour prendre un exemple plus concret, rien n'a encore été observé qui nous force à admettre que les accélérations mutuelles dont nous nous servons pour décrire la danse mutuelle du soleil et de la terre sont le moins du monde influencées par la présence de la lune. Lorsqu'on étend la loi de Newton, si utile quand on a affaire à des particules de « matière grossière », à l'action mutuelle de molécules, d'atomes et d'éléments d'éther, on aperçoit d'importantes raisons de douter de son exactitude. Nous pouvons concevoir des structures atomiques — par exemple, le jet d'éther — pour lesquelles l'action modifiée est certaine. Il y a des phénomènes de cohésion qui peuvent difficilement être décrits sans supposer que l'action de deux molécules A et B est modifiée par la présence d'une troisième molécule <sup>1</sup>.

1. On trouvera une étude plus complète de l'auteur sur la question de « l'aspect » et sur la question de « l'action modifiée » dans l'*History of elasticity* de Todhunter et Pearson, vol. I, art. 921-31, 1527 et vol. II, art. 276, 304-6. Voir aussi *the american journal of Mathematics*, vol. XIII, pp. 321-2, 345, 353, 361.

Certains faits chimiques suggèrent que l'introduction d'un troisième atome C peut même renverser le sens des accélérations mutuelles de deux atomes A et B. Et même, ceux qui, pour décrire les radiations de la lumière regardent l'éther comme une gelée élastique (p. 371), trouveront qu'il est vraiment difficile d'idéaliser sa structure élastique sans affirmer que l'hypothèse de l'action modifiée s'applique aux éléments d'éther. Le parallélogramme des forces, en tant que synthèse du mouvement, doit être considéré comme s'appliquant en premier lieu aux particules de la « matière grossière » ; on ne peut étendre son application aux autres corpuscules qu'avec précaution et avec des réserves continuelles. De même que pour tant d'autres formes de mécanisme on ne peut affirmer dogmatiquement que la règle du parallélogramme est valable pour tous les corpuscules, mais elle peut en elle-même résulter de la constitution supposée de l'éther et des formes de structure que nous admettons pour les différentes formes de la « matière grossière ».

§ 15. — CRITIQUE DES LOIS NEWTONIENNES  
DU MOUVEMENT

Avant de clore notre discussion des lois du mouvement, le lecteur se rendra compte à bon droit, que la méthode suivie diffère considérablement de la théorie physique ordinaire ; par déférence pour l'autorité sur laquelle est basée cette théorie, quelques comparaisons et quelques critiques semblent s'imposer. Nous avons déjà signalé les définitions courantes de la force, de la matière, de la masse et nous avons indiqué les raisons de rejeter ces définitions entachées d'obscurité métaphysique. Par conséquent, lorsque nous rencontrons ces termes dans les énoncés des lois du

mouvement, nous devons nous efforcer de les interpréter avec le sens que nous leur attribuons. Au premier examen, l'exposé des lois du mouvement d'après Newton semblera au lecteur beaucoup plus simple que l'exposé du présent chapitre. Elles sont établies d'une manière générale pour les *corps* : elles paraissent décrire le mécanisme d'après lequel tous les corps se meuvent et décrire par conséquent, d'une manière plausible, le mouvement de la série complète des corpuscules depuis l'élément d'éther jusqu'à la particule. Mais on perd ainsi de vue une chose très importante dont l'auteur admet la possibilité, à savoir que non seulement des modes spéciaux du mouvement, mais encore la plus grande partie du mécanisme qui décrit l'action des corps sensibles, seront en dernier ressort compris dans une conception suffisamment large de l'éther et de l'atome.

Logiquement, il n'est pas satisfaisant de décrire un mécanisme par un autre d'égale complexité ; nous devons espérer qu'en dernière analyse on imaginera un éther dont la simple structure justifiera plusieurs des lois du mouvement que l'on admet pour les particules de la « matière grossière ». Sans oublier cette remarque, revenons maintenant à la version usuelle des lois newtoniennes, donnée par exemple par Thomson et Tait<sup>1</sup>.

Loi I. — *Tout corps conserve son état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite, tant qu'une force ne l'oblige pas à changer cet état.*

1. *A Treatise on natural philosophy*, 2<sup>e</sup> partie, p. 241-7. L'auteur ne le cède à qui que ce soit dans son admiration du génie de Newton ou dans son respect pour les auteurs du traité ci-dessus cité. Cependant il ne peut pas croire que les deux siècles qui se sont écoulés depuis que Newton a établi ses *Leges Motus* « n'aient rendu nécessaires ni une addition ni une modification quelconques ». Les anciennes expressions se transforment à mesure que les hommes sont obligés de s'en servir pour exprimer des idées nouvelles, et peu de définitions durent effectivement plus de vingt années.

Le lecteur habitué aux traités de dynamique se souviendra que l'un des chapitres les plus difficiles est fréquemment intitulé : *Mouvement d'un corps qui n'est soumis à l'action d'aucune force*. Le mouvement décrit est d'une nature extrêmement complexe.

Par exemple, le corps peut non seulement tourner autour d'un axe, mais on peut le concevoir, et c'est ce qu'on fait d'ordinaire, comme modifiant continuellement l'axe autour duquel il tourne.

L'« état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite » n'est donc *pas* ce que les physiciens admettent comme le mouvement d'un corps libre. Il est parfaitement vrai que nous concevons un certain point d'un tel corps, appelé *centre de masse* comme étant soit au repos, soit en mouvement uniforme suivant une ligne droite; toutefois, ce n'est pas là une conception qui ait en elle-même la valeur d'un axiome; elle résulte d'une application du principe de l'égalité de l'action et de la réaction aux *particules* à l'aide desquelles nous construisons conceptuellement le corps. En premier lieu, par conséquent, l'usage du mot *corps* ne donne réellement pas de généralité à la loi, mais il introduit de l'obscurité et il conviendrait tout au moins de le remplacer par le mot *particule*. En second lieu, la loi manque beaucoup de netteté à propos de ce que nous devons comprendre par état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite. La force est aussi un terme relatif (p. 422), mais Newton ne nous dit nulle part ce à quoi est rapportée la force qui agit sur un corps. Ainsi, tant qu'un second corps (ou un « cadre » déterminé, p. 300) n'est pas introduit, la loi reste sans signification.

En dernier lieu, qu'entendons-nous par les mots « une force oblige le corps à changer son état? » Nous considérons que la force est une certaine mesure du mouvement,

à savoir, le produit de la masse par l'accélération ; dès lors, affirmer l'absence de force c'est affirmer l'absence d'accélération, c'est-à-dire que la loi exprimerait simplement cette tautologie que sans changement de mouvement une particule se meut uniformément. Mais Newton a certainement voulu dire plus que cela, car il considérait la force, dans le sens de la métaphysique du moyen âge, comme « une cause du changement de mouvement ». L'approximation la plus voisine que nous puissions acquérir de sa pensée, c'est que la position par rapport aux particules environnantes détermine l'accélération d'une particule donnée, et ainsi, l'on voit que la première loi, largement interprétée, se réduit à l'affirmation que les circonstances environnantes déterminent l'accélération — que sans la présence d'autres particules, il n'y a pas d'accélération. C'est l'important principe d'inertie auquel nous nous sommes déjà référés (p. 401) mais à coup sûr, il paraît formulé d'une manière très obscure dans la première loi du mouvement de Newton. De plus, même dans cette loi ainsi rétablie, il n'est fait aucune allusion à l'application que peut avoir le principe pour des corpuscules autres que des particules de « matière grossière » (p. 403).

Loi II. — *La variation de mouvement est proportionnelle à la force appliquée et s'effectue dans la direction de la ligne droite suivant laquelle la force agit.*

C'est là une véritable pirouette métaphysique. Comment la cause imperceptible de la variation du mouvement peut elle être appliquée suivant une ligne droite, cela dépasse la compréhension.

La seule ligne droite qui puisse être conçue, ou, comme le voudraient certains physiciens, *perçue*, est la direction du changement de mouvement. Nous pouvons affirmer que

l'imperceptible a cette direction, mais admettre que l'imperceptible déterminera cette direction semble de la pure métaphysique.

Nous revenons d'ailleurs à notre point de départ lorsque, en interprétant cette loi, nous disons que la force physique, doit être prise comme mesure de certain changement du mouvement (p. 422). Quant à ce que signifie exactement le changement de mouvement suivant une ligne droite, toutes les difficultés véritables, relatives à la chose que nous supposons changer de mouvement et à ce qu'est la condition de présence associée à ce changement de mouvement (par exemple la difficulté à propos de la ligne qui joint deux corpuscules, p. 430) tout cela est masqué quand on parle d'une façon vague de la force, comme d'une entité « agissant en ligne droite ». De plus, si le « changement de mouvement » doit être celui d'un corps, et non celui d'une particule, nous demandons naturellement quel point du corps aura son mouvement changé dans la direction d'une ligne droite. Nous nous trouvons de nouveau en face de ce fait que le mouvement des « corps » est beaucoup plus complexe que ne l'indique cette loi.

Lord Kelvin et le professeur Tait ont formulé la seconde loi de la façon suivante :

*Lorsque des forces quelconques agissent sur un corps, que le corps soit à l'origine en repos ou en mouvement avec une vitesse quelconque et dans une direction quelconque, chaque force produit dans le corps exactement le changement de mouvement qu'elle aurait produit si elle avait agi isolément sur le corps primitivement en repos.*

Ils considèrent que ces conclusions sont réellement contenues dans la *Seconde loi* de Newton. La même difficulté se retrouve ici relativement à l'interprétation du terme « corps ». De plus, la loi nie ainsi expressément la possibilité de « l'ac-

tion modifiée » (p. 439-443), et la probabilité que dans certains cas la vitesse des corpuscules puisse aider à déterminer leurs accélérations mutuelles (p. 409). Elle affirme ainsi la validité absolue de la synthèse que nous avons appelée le parallélogramme des forces ; or, ainsi que nous nous sommes permis de le suggérer, celle-ci ne peut être affirmée dogmatiquement pour tous les types de corpuscules<sup>1</sup>.

Loi III. — *A toute action correspond toujours une réaction égale et contraire, ou encore les actions mutuelles de deux corps quelconques sont toujours égales et directement opposées.*

Si nous remplaçons « corps » par « particules » — car l'action mutuelle de deux corps est plus complexe que ne l'imaginerait un lecteur débutant dans l'étude de la mécanique s'il interprétait naturellement l'action mutuelle comme correspondant à l'accélération mutuelle suivant une certaine ligne — la loi ci-dessus est identique à notre *Cinquième loi* (p. 421) et par conséquent nous n'avons pas besoin de reproduire la discussion correspondante de notre paragraphe 11. Voir, Appendice, *note II*.

Les lois newtoniennes du mouvement forment le point de départ de la plupart des traités modernes de dynamique et il me semble que, sous cette impulsion, la science physique ressemble au génie puissant d'un conte arabe surgissant, au milieu d'émanations métaphysiques, de la bouteille dans laquelle il avait été enfermé pour de longs siècles. Quand les nuages auront complètement disparu,

1. Il est digne de remarque que Lord Kelvin fut le premier à insister sur la nécessité de multiplier les constantes dans la théorie de l'élasticité : cette propriété est d'ailleurs certainement décrite plus brièvement quand on utilise l'hypothèse de l'action modifiée.

nous en verrons plus clairement les proportions ; une forte brise est particulièrement nécessaire pour chasser les notions confuses relatives à la matière, à la masse et à la force.

L'auteur est loin de se figurer qu'il provoquera cet éclaircissement, mais il est convaincu que la physique n'aura pas de base solide tant que les scientifiques ne reconnaîtront pas que le mécanisme n'est pas une réalité du monde des phénomènes, que c'est seulement le mode suivant lequel nous mimons idéalement la routine de nos perceptions. L'image est en vérité si frappante que nous sommes capables de prédire avec une surprenante exactitude, sur une grande masse de phénomènes, ce que sera la succession exacte de nos sensations futures. Cependant, si l'homme de science projette tout son mécanisme conceptuel dans le monde perceptible, il s'attire lui-même le reproche d'être aussi dogmatique que le théologien et le métaphysicien. Par contre, lorsqu'il admet simplement que la valeur conceptuelle de ses symboles est de fournir une manière de décrire l'expérience perceptible passée et de prédire l'expérience perceptible future, sa position est inattaquable car il n'affirme rien de ce qui concerne le *pourquoi* des phénomènes. Mais alors, la matière en tant que chose qui se meut et la force, cause du changement de mouvement, disparaissent dans les limbes des notions contradictoires en elles-mêmes. Pourquoi les choses se meuvent ? devient ainsi une question vide de sens ; *comment* doit-on concevoir que les choses se meuvent devient le véritable problème de la science physique <sup>1</sup>.

1. « De telles démonstrations, d'ailleurs, apprennent seulement comment toutes les choses peuvent être ingénieusement expliquées et démêlées, non comment elles existent réellement dans la nature : elles indiquent uniquement les mouvements apparents et un système arbitrairement imaginé et arrangé pour les produire — elles ne révèlent pas les vraies

Dans ce domaine, nous savons beaucoup de choses, mais notre exposé des lois du mouvement a eu spécialement pour but de faire ressortir combien est vaste l'espace ouvert à de nouvelles investigations et à l'exercice d'une imagination disciplinée. Dans le vague de nos conceptions de l'éther et de l'atome, se trouve le continent mal exploré qu'à l'aide de définitions plus claires s'annexeront les Galilée et les Newton de l'avenir. Avant cette annexion, il y a à faire pour le pionnier modeste, il y a à débroussailler la jungle des notions métaphysiques qui retardent le progrès de la science physique.

#### SOMMAIRE

Le physicien construit un modèle conceptuel de l'univers à l'aide des corpuscules. Ces corpuscules ne sont que des symboles qui représentent les parties composantes des corps perceptibles ; ils ne doivent en aucune façon être regardés comme ayant des équivalents perceptibles définis. Les corpuscules auxquels nous avons affaire sont l'élément d'éther, l'atome primaire, l'atome, la molécule et la particule. Nous les concevons en mouvement sous la forme qui nous permet de décrire le plus exactement les suites naturelles de nos impressions sensibles. Cette forme de mouvement est résumée par ce que l'on appelle les lois du mouvement. Ces lois s'appliquent en premier lieu aux particules, mais elles ont été fréquemment admises comme vraies pour tous les corpuscules. Il est plus raisonnable cependant de concevoir qu'une grande partie de la mécanique dérive de la structure de « la matière grossière ».

La mesure convenable de la masse est un rapport d'accélérationnelles ; la force est une certaine mesure commode du mouvement, et non sa cause. Les définitions habituelles de la masse et de la force, aussi bien que les exposés newtoniens des lois du mouvement abondent en obscurités métaphysiques. On peut alors se demander si les principes contenus dans les propositions courantes relatives à la superposition et à la combinaison des forces sont scientifiquement corrects lorsqu'on les applique aux atomes et aux

causes et la vérité des choses » (Bacon, *De Augmentis*, livre III, chap. iv).

molécules. L'espoir d'un progrès ultérieur est dans la formation de conceptions plus claires sur la nature de l'éther et sur la structure de la « matière » commune.

## BIBLIOGRAPHIE

Les idées exposées dans ce chapitre se formèrent alors que l'auteur étudiait les lois du mouvement pour l'enseignement en 1882 ; elles furent développées dans des conférences de collège en 1884 et les années suivantes. Un bref exposé en fut publié en 1885 dans l'ouvrage *The Common Sense of the exact Sciences* de Clifford, pages 267-71, mais la seule publication où l'auteur ait trouvé l'indication d'opinions analogues, dont la lecture lui ait procuré aide et encouragement, le seul ouvrage qu'il puisse par conséquent recommander cordialement au lecteur, est :

Mach (E.). — *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, pages 174-228, première édition, Leipzig, 1883, et plusieurs éditions ultérieures (traduction française sur la quatrième édition allemande par Emile Bertrand, Paris 1904).

Le lecteur qui désire examiner sous un aspect philosophique plus large la relation de cette vue idéale du mécanisme avec la vie peut consulter :

Pearson (K.). — *The chances of Death and other Studies in Evolution*, vol. I, essai sur la « reaction » et Appendice.

On trouvera l'exposé des notions physiques habituelles sur les lois du mouvement dans :

Clerk-Maxwell (J.). — *Matter and Motion*, pages 33-48, Londres 1876.

Thomson (S.-W.) et Tait (P. G.). — *Treatise on natural philosophy*, 1<sup>re</sup> partie, pages 219-24, 240-49. Cambridge 1879.

---

## CHAPITRE X

### LES IDÉES MODERNES SUR LA PHYSIQUE

#### § 1. — LA CRISE PRÉSENTE DE LA SCIENCE PHYSIQUE ET SES ORIGINES

Les chapitres précédents ont été consacrés en grande partie à examiner les bases de la science physique suivant les idées qui avaient cours au commencement de la dernière décennie du XIX<sup>e</sup> siècle. On peut dire sans exagération qu'à cette époque s'est terminée la période qui avait commencé à Copernic. En traçant un schéma d'après lequel le soleil, et non la terre occupe le centre de l'univers, Copernic a préparé les voies à la science de la dynamique. Le développement de cette science commencé par Galilée, poursuivi par Newton, Laplace, Lagrange, a consisté à com-

4. Je dois ce chapitre traitant des idées de la physique moderne à l'obligeance de mon collègue le professeur E. Cunningham. Il s'est efforcé très courageusement de présenter ces idées sous le même jour que les autres sections de cet ouvrage. On peut dire pourtant que le temps ne semble pas assez avancé pour un tel essai, et qu'il n'est pas possible à présent d'examiner les fondements logiques de théories incomplètes, pourtant poussées très loin afin de résumer l'œuvre expérimentale récente de la physique. Cela est probablement vrai, mais les faibles lumières que le lecteur profane de ces pages acquerra sur la théorie des électrons suffiront à elles seules, je pense, pour confirmer dans son esprit la thèse générale de cet ouvrage, que la science s'occupe seulement d'inventer un modèle conceptuel, lequel n'est souvent qu'un modèle assez grossier. La nouvelle physique, pas plus que la vieille mécanique, n'a atteint une véritable explication de l'univers de la perception.

pléter les détails de l'esquisse de Copernic. En étendue, le schéma de Copernic a été élaboré de façon à y faire entrer les corps célestes à mesure qu'ils furent atteints par le télescope moderne. En profondeur, ce même schéma a été appliqué aux atomes et aux molécules, quand ces concepts se sont développés dans les sciences physiques et chimiques. L'examen critique auquel les fondements de la science ont été soumis au siècle dernier en a été le couronnement, les idées se trouvant dès lors placées dans l'ordre logique au lieu de l'ordre historique.

En substance, durant quatre siècles, un petit nombre seulement des idées qui ont eu cours pendant un laps de temps considérable ont été abandonnées par suite de l'introduction de phénomènes inconciliables avec ces idées. La croissance, et non la revision, tel est le caractère du développement de la science pendant cette période. En particulier, le concept de matière était alors fermement établi. Le chimiste avait introduit l'idée des atomes, mais ceux-ci n'étaient pour lui que les plus petites portions de matière ayant une existence indépendante. C'était encore de la matière, soumise [aux lois de la dynamique. Le XIX<sup>e</sup> siècle sera considéré dans l'histoire de la science comme le siècle de la théorie atomique de la matière, mais celle-ci fut liée à une théorie matérielle des atomes. On a déjà fait remarquer que cette conséquence n'était pas nécessaire, qu'elle fut introduite par le désir de donner une certaine objectivité aux concepts.

La fin du XIX<sup>e</sup> siècle, au contraire, marque l'avènement de données expérimentales qui exigent une entière revision des hypothèses et des théories relatives à la constitution de la matière. En accord avec la thèse capitale de cet ouvrage, que notre univers de conception est simplement la construction logique la plus simple sous laquelle nous puissions

rassembler tous les phénomènes perçus, l'esprit scientifique doit être préparé, quand de nouveaux faits naturels sont mis en lumière, à examiner s'ils s'adaptent ou non aux schémas existants. S'ils s'y adaptent, la représentation mentale est rendue grâce à eux, un peu plus complète. Sinon, une modification, un élargissement, ou même l'abandon de certaines théories devient indispensable. L'objet de ce chapitre est de décrire brièvement la grande revision que l'afflux extraordinaire de nouvelles connaissances physiques pendant les vingt dernières années a rendue nécessaire.

La crise actuelle réside pratiquement dans ce fait que, tandis que pendant la plus grande partie du XIX<sup>e</sup> siècle la notion de « matière » était le concept fondamental de la science physique, — une curieuse propriété accidentelle de la matière portait le nom d'électricité, — il apparaît maintenant que l'électricité est une notion plus fondamentale que celle de matière, en ce sens que notre matière, jadis élémentaire, doit maintenant être regardée comme une manifestation de phénomènes électriques extrêmement complexes.

La voie a été ouverte à cette révolution par le développement de la théorie électrique des lignes de force, esquissée par Faraday, dont l'esprit imprègne la publication des *Experimental Researches* de cet auteur, et qui a été solidement établie par Clerk-Maxwell. C'est surtout grâce à l'œuvre de ces deux hommes que l'idée d'action à distance entre une portion de matière et une autre a complètement disparu, et que l'on a définitivement précisé la notion d'un *ether* conceptuel, siège de l'activité optique et électromagnétique.

L'idée n'était pas neuve. On l'avait communément admise pendant longtemps, quoique sous une forme un peu vague,

dans la théorie physique. M'Cullagh et d'autres, avaient cherché à construire une représentation mécanique de cet éther en appliquant la théorie des milieux matériels élastiques, avant qu'on eût découvert que les ondes lumineuses et électro-magnétiques se propagent à travers l'espace avec la même vitesse, et qu'on eût rendu ainsi inévitable l'expression, à l'aide d'un seul concept, de ces deux types de phénomènes. Désormais la théorie de la lumière devenait en fait une partie de la théorie de l'électricité. L'éther optique n'était rien autre chose que le milieu de Faraday.

Mais, tandis que la nature des vibrations lumineuses devenait plus nette grâce à leur identification avec les variations des forces électriques et magnétiques, la nature du milieu à travers lequel elles voyagent devenait d'autant plus difficile à préciser, surtout parce qu'il ne semblait pas qu'un milieu matériel élastique pût servir de support aux phénomènes électro-magnétiques. Mais, de notre point de vue actuel, c'est là un véritable avantage. La vraie fonction de l'éther est seulement d'aider l'esprit à comprendre plus clairement les consécutions de ces phénomènes. Il n'y a rien de plus à lui demander que des lois qui expriment, d'une manière concise, comment les suites de phénomènes se développent. L'éther de la théorie électro-magnétique n'est maintenant, pour l'homme de science, rien de plus qu'un vague substratum dont les propriétés sont seulement indiquées par un certain nombre d'équations mathématiques auxquelles on associera toujours le nom de Clerk-Maxwell.

Tant qu'on ne s'est occupé que de l'éther libre, c'est-à-dire de l'espace vide de ce que nous appelons matière, il n'y eut aucune raison de modifier ces équations, mais nous ne sommes encore nullement capables de nous former une image précise des relations existant entre les phéno-

mènes que nous comprenons sous le nom de matière. Une chose tangible semble, pourtant, émerger de l'œuvre expérimentale de ces quelques dernières années, c'est que nous sommes contraints d'assigner à l'électricité une nature atomique au lieu de la considérer comme consistant, soit en un, soit en deux fluides continus, conceptions qui ont plus ou moins prévalu depuis les premières observations d'effets électriques. La science est forcée d'admettre aujourd'hui que la notion d'une structure continue ne peut plus être utilisée longtemps comme image mentale des propriétés électriques indéfinies de la matière.

## § 2. — L'ORIGINE DE LA THÉORIE ATOMIQUE DE L'ÉLECTRICITÉ

Que l'électricité, quelle que soit sa nature, doive être conçue comme transportée par petites parcelles de quantité déterminée, ou, en d'autres termes, que l'électricité ne doive pas être regardée comme divisible à l'infini, cela ressort d'abord des expériences de Faraday sur l'électrolyse. On savait avant lui que si un courant électrique passe, à travers certains liquides, d'une plaque de métal à une autre, tantôt des bulles de gaz se dégagent sur les plaques, tantôt les éléments contenus dans le fluide se déposent sur les plaques. Faraday examina soigneusement ces phénomènes, et montra que, dans tous les cas où le même gaz se dégageait, la quantité de gaz produit était proportionnelle à la quantité d'électricité qui traversait le liquide. Il obtint un résultat semblable dans le cas du dépôt d'un métal. Appelant équivalent électro-chimique de l'élément la masse d'une substance rendue libre par le passage d'une unité d'électricité, il montra que, pour des substances différentes, les valeurs des équivalents ainsi définis étaient proportionnelles aux

masses de portions de ces substances chimiquement équivalentes <sup>1</sup>.

Ces résultats peuvent s'interpréter dans la théorie atomique de la matière en supposant que chaque atome, ou autre portion élémentaire de la substance, rendu libre transporte avec lui sur la plaque une quantité définie d'électricité. La quantité, estimée à l'aide de la masse communément admise de l'atome d'hydrogène, est numériquement environ  $4 \times 10^{-10}$  unités électrostatiques <sup>2</sup>. C'était là, d'ailleurs, une base bien fragile pour y asseoir la vaste généralisation que toute électricité est distribuée en parcelles de cette grandeur, et l'on n'en tira aucune conclusion jusqu'à ce que de nouvelles données expérimentales fussent venues l'appuyer. C'est surtout par les travaux de Sir J.-J. Thomson et de ses collaborateurs que l'on a obtenu un nouveau témoignage en faveur de la théorie, pour des phénomènes de nature tout à fait différente. On sait couramment maintenant qu'à l'aide de divers procédés, les gaz peuvent être traversés par l'électricité. L'idée que cette conductivité pourrait être due à l'existence de particules situées à l'intérieur du gaz et transportant une charge électrique a conduit à des expériences dont les résultats furent d'accord avec l'hypothèse, pourvu que la charge de chaque particule fût une charge négative, de grandeur variant, suivant les différentes estimations, de  $3 \times 10^{-10}$  à  $5 \times 10^{-10}$  unités électrostatiques <sup>3</sup>. Que cette charge fût aussi voisine de la valeur indiquée par l'effet électrolytique signalé ci-

1. C'est-à-dire qui peuvent s'échanger dans la formation de composés chimiques.

2. L'unité électrostatique de charge est communément définie la charge qui attire une charge égale placée à une distance d'un centimètre avec une « force » égale à une dyne.

3. Les expériences les plus récentes de Millikan semblent porter la valeur à  $4,9 \times 10^{-10}$  à 1 ou 2 p. 100 près.

dessus, c'est peut-être une coïncidence, mais l'esprit, guidé par le principe de l'économie de pensée, est naturellement porté à associer les phénomènes.

La découverte physique importante qui suivit fut celle de phénomènes qui ne peuvent être représentés d'une manière satisfaisante que par la présence de particules chargées dont la masse, dans le cas où elles transportent précisément la même charge que celle déjà indiquée, n'est que la deux millième partie de celle d'un atome d'hydrogène. On savait depuis longtemps que, si un courant électrique passe entre deux plaques à travers de l'air extrêmement raréfié, les parois du tube contenant l'air sont rendues brillantes et prennent une couleur verte caractéristique. Cela semblait dû à un flux émanant de la cathode, ou plaque reliée au pôle négatif de la batterie fournissant le courant, et ce flux était connu sous le nom de *rayons cathodiques*. Ces rayons ont la propriété d'être déviés par un aimant placé près du tube, et de communiquer une charge négative aux corps qu'ils rencontrent. Chacune de ces propriétés s'expliquerait en supposant que les rayons consistent en un torrent de particules électrisées négativement. Par des expériences ingénieusement combinées, on a montré que le rapport de la charge à la masse de ces particules devrait être, chiffre indiqué plus haut, un deux millième du même rapport calculé pour l'ion hydrogène en électrolyse. Par la suite on a trouvé que certains rayons (*rayons  $\beta$* ) émis par des corps radio-actifs possédaient exactement les mêmes propriétés qualitativement et quantitativement.

Un des exemples les plus remarquables des phénomènes très variés qui conduisent au même concept est fourni par l'accord frappant du rapport de la charge à la masse avec le rapport qu'a obtenu Lorentz en s'efforçant d'expliquer ce qu'on appelle le *phénomène de Zeeman*. Si un corps lumineux est placé dans un champ magnétique intense, on observe

qu'une raie donnée du spectre de la lumière émise par le corps se divise en trois ou plusieurs raies. Sur la simple présomption que la radiation donnant naissance à cette raie dans le spectre a son origine dans les vibrations périodiques d'une particule chargée, Lorentz a montré que la présence d'un champ magnétique modifierait le mouvement de façon à produire exactement l'effet observé, pourvu que le rapport de la charge à la masse de la particule eût une certaine valeur, et cette valeur concorde étroitement avec la valeur correspondante trouvée pour les rayons cathodiques et les rayons  $\beta$ . Ces expériences ont eu pour effet d'établir solidement la conception d'un électron composé d'une particule élémentaire portant une charge définie d'électricité, conception fondamentale dans la pensée physique moderne.

Nous avons parlé ci-dessus d'une particule chargée, mais l'emploi de ces mots est un exemple de la manière dont prennent naissance de nouvelles conceptions. Il était naturel d'abord de penser suivant les termes de la vieille mécanique, mais si la masse d'une de ces particules ne doit être qu'une très petite fraction de celle du plus petit atome de matière qu'on ait conçu jusqu'ici, on ne peut certainement pas penser ces particules en se conformant à la conception de la matière construite d'atomes. Déjà dans le présent ouvrage, on a insisté sur ce fait que l'atome n'est rien de plus qu'une partie du mécanisme intellectuel par lequel nous décrivons les phénomènes ; le chimiste et le physicien ont eu besoin de supposer un certain nombre d'atomes différents, pour arriver à décrire différentes espèces de matières. La particule électrisée de la physique nouvelle ne peut appartenir à aucune de ces espèces de matière. Logiquement, si l'atome est la plus petite portion concevable (en ce qui regarde la masse) d'une certaine espèce de substance, ce que l'on conçoit comme ayant une masse moindre ne peut être regardé

comme composé de cette espèce de matière. L'électron n'est pas plus que l'atome un objet direct de perception. C'est une nouvelle unité dont dispose la pensée, mais cette unité a beaucoup plus d'importance pour la science qu'elle n'en aurait en tant que nouvelle impression sensible. Elle devient un chaînon reliant des phénomènes qui jusque-là avaient paru tout à fait différents.

§ 3. — SUR LA CONSTITUTION ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE  
DE L'ATOME

Sur la base du concept *électron*, une nouvelle théorie de la constitution de la matière s'est rapidement édifiée. On a reconnu, il y a quelque temps, que la conductibilité de la chaleur et celle de l'électricité à travers les métaux sont liées quantitativement. Or elles sont liées qualitativement parce que toutes deux sont considérées comme provenant du mouvement d'électrons libres entre les molécules. Dans différentes circonstances, dont la connaissance s'est énormément accrue au cours de ces dernières années, les propriétés optiques des corps ont fourni une base de raisonnement, et ont constitué par là un puissant instrument de recherche. Le principal résultat, peut-être, de la nouvelle conception est que les atomes de la vieille chimie ne sont plus maintenant des unités différentes, mais des *groupements* différents des mêmes espèces d'unités.

Il n'est pourtant pas possible d'expliquer ce que doit être exactement le rapport des concepts d'atome et d'électron. On ne le pourra que si l'expérience fournit un témoignage plus clair qu'elle ne l'a fait jusqu'ici au sujet de la différence qui sépare les éléments positifs et les éléments négatifs de l'électricité. Mais, par un exemple simple, Sir J.-J. Thomson a

indiqué comment des groupes d'électrons positifs et des groupes négatifs pourraient posséder, dans une très large mesure, des propriétés analogues aux propriétés bien connues des éléments chimiques. Il imagine un groupe d'électrons négatifs disposés dans un plan, et empêchés de se séparer l'un de l'autre, comme les y obligerait leur répulsion mutuelle, par l'influence d'une charge positive de grandeur égale à la somme des charges négatives, le signe étant changé de négatif en positif. Puis il examine les arrangements possibles suivant lesquels différents nombres peuvent se conserver. Il trouve que les électrons doivent être disposés suivant un certain nombre de cercles concentriques. Par exemple, s'il y avait 60 électrons négatifs, ils seraient disposés en 5 cercles sur lesquels il y aurait respectivement, en commençant par l'anneau intérieur, 3, 8, 13, 16, 20 électrons. Si l'on ajoute des électrons un à un, la charge positive de compensation croissant de manière correspondante, le nombre des anneaux reste de 5 pendant un certain temps, tandis que le nombre des charges sur les anneaux varie. A un certain moment, cependant, une charge isolée se place au centre des 5 anneaux ; s'il s'ajoute alors un plus grand nombre d'électrons les autres le rejoignent, et un sixième anneau prend naissance à l'intérieur des 5 autres. A un certain moment le nombre des électrons de ce nouvel anneau devient égal à trois, comme il l'était quand il y avait 60 électrons et 5 anneaux, et l'arrangement dans les 5 anneaux intérieurs ressemble beaucoup à l'arrangement dans les 5 anneaux primitifs. Dès qu'il intervient un plus grand nombre d'électrons, la ressemblance disparaît. Alors un septième anneau se forme au centre, et une fois de plus les anneaux intérieurs présentent une disposition semblable à l'arrangement primitif. Ainsi, en partant d'un certain groupement et en considérant les arrangements de nombres

croissants d'électrons, certaines caractéristiques reparais-  
sent, à certains intervalles, dans les séries.

En admettant que les propriétés caractéristiques des élé-  
ments aient leur origine dans la constitution de l'atome, et si  
nous examinons ces éléments dans l'ordre des poids atomi-  
ques croissants, nous apercevons comment il peut se faire  
que, à de certains intervalles dans la série, des éléments  
présentent des propriétés offrant quelque analogie. Une  
semblable *périodicité*, suivant l'expression usitée, avait été  
déjà notée il y a de nombreuses années et mise en évidence  
par Mendéléeff.

Un exemple tel que le précédent, bien qu'il rende moins  
surprenante la loi de Mendéléeff, ne peut pourtant expliquer  
la voie réelle par laquelle la périodicité apparaît dans des  
propriétés aussi largement différentes que l'inertie chimique  
et la conductivité électrique; mais il semble nous donner  
l'espoir que, dans l'avenir, on pourra se former une repré-  
sentation mentale plus claire de la constitution des diffé-  
rents genres de matière, en partant d'un concept élémen-  
taire commun. Il est tout à fait dans les limites du possible  
que, d'ici peu d'années, le plus grand nombre des pro-  
priétés des divers éléments puissent être exprimées en fon-  
ction du nombre et du groupement des électrons dans  
l'atome. D'après cela, non seulement nous sommes portés à  
admettre la possibilité qu'un élément se transforme en un  
autre, mais nous ne sommes pas surpris d'entendre donner  
comme certain que le fait a été observé. Un résultat expé-  
rimental de ce genre est en somme déjà à portée de la  
main.

Aucune conception plus fertile et plus compréhensive que  
celle de la *théorie électronique de la matière* n'est encore  
entrée dans la pensée scientifique. Aucun exemple plus  
frappant ne pouvait être donné des progrès accomplis à

propos d'une loi fondamentale de la nature, si les caractères essentiels d'une loi naturelle sont sa compréhensivité et sa simplicité. Quand Laplace écrivait : « Les découvertes de l'esprit humain en mécanique et en géométrie, jointes à celle de la gravitation universelle, l'ont mis à portée de comprendre dans les mêmes expressions analytiques les états passés et futurs du système du monde, » la physique expérimentale était pratiquement inexistante. Les étoiles étaient l'univers. L'infini étendue était ce que l'esprit cherchait à comprendre. Aujourd'hui il en va autrement. Dans chaque branche de la science, c'est le microscopique et l'ultra microscopique qui forment l'objet des recherches. Si nos concepts ne s'étaient pas modifiés, nous serions maintenant beaucoup plus éloignés de la réalisation de la vision de Laplace qu'il ne se l'était figuré. Ce qu'on demande maintenant à une formule compréhensive, c'est qu'elle embrasse des phénomènes à l'existence desquels les esprits scientifiques de l'époque de Laplace n'étaient même pas préparés. Les lois de la mécanique de son temps, on le verra bientôt, ne sont tout au plus que des approximations convenant à une classe limitée de phénomènes.

Mais la nouvelle conception de l'univers, dont les lois régissent les mouvements des atomes d'électricité, nous rapproche encore de l'idéal que Laplace voyait devant lui. Nous avons une nouvelle image de l'univers. Vue à distance, elle paraît semblable à l'ancienne. Les détails ne peuvent se voir ; les masses sont les mêmes qu'il y a cent ans. Mais en nous approchant nous apercevons comment ces effets de masse sont produits. Il nous semble voir plus en détail les coups de pinceau de l'artiste.

## § 4. — MASSE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE

L'idée que la matière est constituée par un groupement d'électrons n'eût été à aucun titre un progrès sur la vieille théorie des atomes de *différentes* espèces, sans la supposition que les électrons sont tous *égaux et identiques*. La simplification des matériaux de nos conceptions et la réduction de leur nombre, sont le stimulant le plus actif de la recherche scientifique.

Une fois que la théorie des électrons fut établie, on lui demanda d'expliquer la découverte expérimentale de Kaufmann d'après laquelle le rapport apparent de la charge à la masse ne pouvait être le même pour tous les électrons ; il y avait ici encore à tenir compte d'une *individualité* (voir p. 199). Divers auteurs ont déjà remarqué qu'un corps chargé doit posséder une certaine inertie par suite du champ électrique qui l'entoure, se superposant et s'ajoutant à l'inertie qu'il possède quand il n'est pas chargé.

Abraham, supposant qu'un électron était une petite distribution sphérique d'électricité, a calculé que si l'on introduit l'expression *masse électro-magnétique* pour représenter le phénomène, cette masse électro-magnétique dépend non seulement de la grosseur de l'électron et de sa charge, mais encore de la rapidité avec laquelle il se meut. La différence entre deux électrons pourrait, par conséquent, être suffisamment expliquée par une différence de vitesse, en admettant que sous tous autres rapports ils fussent identiques.

Le rapprochement avec les expériences de Kaufmann a montré, non seulement qu'il était possible ainsi de tenir compte de l'existence de la variation de la masse apparente, mais encore qu'il était nécessaire de supposer que la masse

*entière* variait de la manière indiquée par la formule. La conclusion, tirée un peu précipitamment, fut que toute la masse de l'électron était électro-magnétique, ou plutôt que ce qui jusque-là avait été regardé comme une propriété de la matière était en fait une propriété de l'éther, d'autant que cette masse ne pouvait être calculée qu'en fonction de l'état électro-magnétique de la région extérieure à l'électron.

Le calcul d'Abraham est fondé sur la représentation de l'électron par une sphère où l'électricité se distribue à la fois à l'intérieur et à la surface. Comme on le verra ci-après, c'est une conception insoutenable si l'électron est considéré comme un atome d'électricité. Si l'électricité consiste en une multitude d'électrons, l'individu faisant partie de l'ensemble ne peut être décrit en fonction des propriétés de l'ensemble. Néanmoins le résultat s'est trouvé d'accord avec l'expérience dans les limites de l'erreur possible. Un second calcul, fait par Lorentz <sup>1</sup>, conduit à un résultat différent qui ne s'accorde qu'un peu moins bien avec les expériences, et Bucherer a soutenu récemment, comme résultant d'essais répétés, que l'accord est même meilleur. On reviendra un peu plus loin sur l'argumentation de Lorentz.

Le point à noter ici est que *la base expérimentale* de la dynamique newtonnienne est maintenant en poussière. Dans le dernier chapitre on a montré comment, en dégagant l'échafaudage à l'aide duquel la théorie a été érigée, nous pouvions parvenir à une construction logique décrivant les phénomènes mécaniques. La seule hypothèse nécessaire semblait que le rapport des masses de deux corps, ou rapport inverse de leurs accélérations, restât le même en toutes circonstances. Cela ne s'accorde pas du tout avec la notion de la variabilité de la masse suivant la vitesse <sup>2</sup>.

1. Voir § 11 ci-dessous.

2. La possibilité que, bien au delà de la « matière grossière », les

Devons-nous abandonner cette hypothèse sans une autre qui la remplace ? Nos conceptions idéalisées de l'univers sont, après tout, des hypothèses de la nature la plus simple développées jusqu'à leurs conclusions logiques ; en d'autres termes, l'hypothèse est le noyau du concept. Sans une idée centrale aucun système de l'univers n'est possible. Quelle est l'idée qu'il convient d'adopter maintenant ?

Pratiquement nous sommes obligés de renoncer pour le moment à la supposition que tous les électrons sont identiques, ou, dans une certaine mesure, que tous les électrons négatifs sont identiques. L'électricité positive est encore obscure. L'expérience n'en suggère l'idée qu'en nous laissant dans l'indécision. Mais on aurait jusqu'à un certain point une base solide sur laquelle construire si l'on pouvait admettre que l'électron négatif est un élément fondamental, dans l'ordre naturel des phénomènes. Alors, bien que la masse numérique newtonienne eût perdu sa signification absolue, il y aurait un nouveau nombre caractéristique de chaque corps matériel, à savoir le nombre des électrons combinés en lui. Cela ne veut pas dire que ce nombre jouera le même rôle que la masse numérique, mais seulement que la conception d'un élément universel de tous les types de matière remplacera une hypothèse purement empirique telle que celle de la constance du rapport des masses.

Que devient alors l'ancienne dynamique ? A-t-elle eu son époque, et cessé d'exister ? Non pas. Car la découverte très tardive de sa défaillance est due à la rareté de la rencontre

lois de la mécanique ne fussent même pas approximativement vraies pour les atomes, atomes primaires et éléments d'éther, mais que leurs masses pussent dépendre des vitesses de leurs parties (voir pp. 428-431 337-339) était loin d'être généralement admise en 1891, quand la substance des premiers chapitres de ce livre a été donnée dans un cours sur les *Concepts de la science moderne* au *Gresham College*. Le temps a considérablement marché depuis cette date. — K. P.

de conditions dans lesquelles nous prenons conscience de cette défaillance. La possibilité des observations de Kauffmann git dans l'existence de quelque chose dont la vitesse est comparable à celle de la lumière. On n'avait rien de semblable jusqu'à ces dernières années, mais pour les rayons cathodiques et les rayons  $\beta$  le fait semble être à portée de la main, car on estime que les vitesses des électrons y atteignent environ le dixième de celle de la lumière. Cependant, même pour cette grande vitesse, le changement apparent de la masse n'est que d'environ *un demi pour cent*. D'après la théorie, le changement de masse correspondant à une vitesse égale à celle de la terre sur son orbite autour du soleil est de moins de un millionième pour cent. Il n'y a pas lieu, par conséquent, de craindre que notre vieille mécanique perde son utilité comme approximation valable et comme simple hypothèse de travail dans la plupart des départements de son activité. Une fois encore on peut affirmer énergiquement que par de telles hypothèses de travail la science élargit ses limites. Son progrès tend à une description plus complète et plus compréhensive des phénomènes naturels. Néanmoins il est quelquefois plus fécond de chercher à expliquer d'anciens phénomènes par quelque chose de nouveau que de forcer de nouveaux phénomènes à entrer dans d'anciennes conceptions. De nombreuses tentatives pour fonder une théorie mécanique de l'éther n'ont produit qu'un très faible résultat, sauf qu'elles ont préparé les esprits à reconnaître que les efforts sont directement tournés vers un but illogique, exactement comme la complexité croissante de l'astronomie de Ptolémée, et l'amour de l'esprit humain pour la simplicité, ont préparé la voie à la doctrine révolutionnaire de Copernic.

## § 5. — UN ÉTHER MÉCANIQUE EST IRRATIONNEL

On se rendra aisément compte d'après le résumé ci-dessus pourquoi le désir d'approfondir le concept de l'éther par la supposition d'un milieu matériel idéal tel qu'un « fluide parfait » ou une « gelée »<sup>1</sup>, a diminué dans ces dernières années. La persistance à traiter la matière comme objective et fondamentale a sa véritable racine dans le fait observé de la constance du rapport des masses de deux corps sous les conditions les plus variées possibles. Si Galilée, ou Newton, avait eu conscience de la variabilité de la masse, dont il a été question dans le dernier paragraphe, la structure de la science dynamique eût été totalement différente, et selon toute probabilité nous n'aurions pas progressé aussi loin que nous l'avons fait dans beaucoup d'autres directions. Quels que soient les changements que la physique nouvelle a introduits, ceux-ci seront dominés par des idées provenant de l'ancien régime. Si l'ancienne théorie de la dynamique cesse d'être absolue, c'est une cause de progrès, cela stimulera les efforts tendant à interpréter les faits dynamiques au moyen de la nouvelle théorie.

Comme nous l'avons vu dans le dernier chapitre, la base de la dynamique newtonienne est la loi de la *conservation du moment*<sup>2</sup>.

En dehors de l'objection que la variabilité de la masse soulève contre cette loi, il y a une autre difficulté qui se présente quand nous considérons les électrons, et par conséquent la matière, comme étant le siège de mouvements dont les effets se propagent à travers l'éther, et non pas

1. Voir chap. VIII, p. 365.

2. C'est le nom qui est communément donné à ce que nous avons appelé plus haut la cinquième loi du mouvement, p. 420.

directement par une autre matière. Par exemple, on a montré expérimentalement que la lumière tombant sur un réflecteur peut le mettre en mouvement. Un faisceau de lumière émis par le soleil modifiera dans une certaine mesure le mouvement du soleil. Quelques minutes après il peut en résulter un effet sur un corps terrestre. Il est clair que la loi du mouvement citée plus haut n'est pas suffisante pour décrire cet effet, sous la forme où il a été établi.

On a cherché à maintenir la loi en supposant que l'éther comporte un moment et un mouvement, et cette idée s'est montrée féconde. Mais il faut se rappeler que cette idée est simplement une fiction commode, car si l'éther est un milieu continu, son mouvement ne peut être perçu ; comme on l'a dit plus haut, on ne peut admettre de mouvement que pour un corps limité géométriquement. Dans un milieu que l'on suppose sans structure et sans limite, suivre le mouvement d'un point défini de l'éther, ce n'est point une opération intelligible, pas plus que suivre le mouvement d'un point de l'espace, qui ne se distingue en rien des autres points, si ce n'est par le caractère de non-coïncidence. Supposer un fluide parfait ou une gelée dont le mouvement s'effectue par une transmission de matière à matière, c'est attribuer tacitement au milieu une structure atomique. D'ailleurs ce peut être un jour nécessaire au développement de notre expérience physique, auquel cas la science de l'éther serait analogue à notre présente dynamique des fluides. Dans bien des cas, cependant, on peut représenter un fluide par une construction continue idéale, en associant à chacun de ses points une quantité dirigée, appelée la vitesse, mais n'ayant pas d'existence perceptible. Les équations newtoniennes du mouvement des éléments constitutifs du fluide perceptible sont des lois moyennes, obtenues par un procédé statistique, et idéalisées pour le fluide conceptuel. Ces lois

s'accordent avec les perceptions moyennes qui sont tout ce que nos sens grossiers nous transmettent. Mais des propriétés des milieux matériels, telles que la viscosité et l'élasticité, sont privées de la signification physique qu'elles ont dans la théorie moléculaire d'un milieu discontinu.

L'esprit ne se peut contenter pour toujours d'un concept idéal. Le regret qu'éprouve l'homme de science d'avoir à inventer une nouvelle loi empirique pour chaque nouvelle propriété observée est ce qui pousse au progrès. C'est ainsi que la théorie atomique de la matière s'est développée. C'est pour cette raison qu'on a dépensé beaucoup d'efforts pour tenter d'obtenir une théorie mécanique de l'éther. Tant que la dynamique au sens ancien a régné sans conteste, la tentative était raisonnable. Mais il y a des périodes où les concepts doivent nécessairement se clarifier, et alors des analogies peuvent conduire hors du droit chemin. La dynamique s'était développée sans se référer à la constitution de la matière ; il peut être nécessaire pour l'électro-dynamique de se développer sans s'occuper de la nature de l'éther.

Une revision soigneuse de l'ordre de nos idées devient alors nécessaire. Il ne peut être utile que la matière soit expliquée en fonction de l'électricité et de l'éther, et que les propriétés de l'éther soient exprimées à leur tour en fonction d'effets matériels pour lesquels la seule explication est celle de l'éther (voir p. 444). La position fondamentale doit être occupée, soit par l'éther, soit par la matière, et il n'y a aucun doute maintenant que la priorité doive être accordée à l'éther, qui occupe exactement à présent la position qu'occupait jadis la matière. Nous ne savons pas ce que c'est : c'est aujourd'hui le moyen le plus commode et le plus compréhensif de résumer certains faits.

§ 6. — SUR LES DÉFINITIONS COURANTES  
DE CHARGE ÉLECTRIQUE ET D'INTENSITÉ EN UN POINT .

En dépit de ce qui a été dit de l'insuffisance d'une théorie mécanique de l'univers, on ne peut affirmer qu'on ait sous la main les éléments d'une alternative logique parfaite. Beaucoup de points restent à éclaircir. La gravitation est encore un phénomène en soi (sans lien avec d'autres). Bien que nous ayons, semble-t-il, des vues assez nettes sur l'électricité négative, considérée comme une réunion d'électrons identiques, l'électricité positive embarrasse cependant encore aujourd'hui nos plus brillants expérimentateurs. Les résultats de leurs travaux peuvent changer sérieusement nos idées.

Mais il est tout au moins possible de voir à quel degré l'exposé de la théorie, au point où celle-ci a été poussée, peut être mis logiquement d'accord avec la position qui lui a été assignée dans cet ouvrage. Nous concentrerons notre attention sur deux points qui semblent solidement établis : le champ électro-magnétique et l'électron négatif.

Au premier abord se dresse une objection contre la manière ordinaire de présenter les choses. Nous souvenant de ce qui a été dit ci-dessus de la *force*, reléguée à l'état de grandeur sans aucune signification directe ou indépendante, et déterminée par le mouvement de corps matériels supposés de masses constantes, voyons comment la *charge électrique* et l'*intensité électrique* ont été définies.

On se représente le champ électrique en imaginant un petit corps électrisé placé successivement à des places variées et en comparant les forces qui agissent sur lui dans ses différentes positions. En d'autres termes, on définit l'*intensité* en un point, la *force* qui agit sur un certain

petit corps type placé en ce point. L'introduction du terme *force* suppose que l'on part de la dynamique matérielle. Non seulement cette supposition est nécessaire, mais la définition n'a évidemment de signification que si un corps chargé peut être conçu comme un point mathématique; or aucune allusion n'est faite à cette possibilité, sauf que le corps est supposé *petit*. Cela ne condamne pas, naturellement, une œuvre où l'on se propose seulement de rendre compte du phénomène perceptible de l'électricité, mais cela montre la nécessité d'un certain affinement des idées avant l'établissement d'une théorie logique<sup>1</sup>.

La théorie atomique de l'électricité assure une base rationnelle à l'hypothèse de la concentration de la charge en un point; l'électron négatif, comme on l'a dit ci-dessus, est lui-même un concept analogue.

Revenons aux définitions courantes. On dit que le rapport des *charges* de deux corps est le rapport des *forces* qui agissent sur ces corps si on les place successivement dans les mêmes circonstances. Les deux objections soulevées plus haut s'appliquent également ici, et aussi cette autre que, dans cette proposition, on considère [des] charges élémentaires d'intensités différentes, exactement comme dans la dynamique matérielle on a utilisé le concept de particules de masses différentes dont la grandeur géométrique est zéro.

C'est une difficulté signalée dans les chapitres précédents, sans y être complètement développée (voir, cependant, pp. 390-8, 417). Maintenant que les lois du mouvement sont devenues de simples approximations, il n'y a pas lieu

1. L'exposé le plus systématique de la théorie électro-magnétique moderne qui ait été publié à ce jour est de beaucoup celui d'Abraham et Föppl. 3<sup>e</sup> édition, 1907, Leipzig. Les définitions rapportées ici sont celles qui sont données dans cet ouvrage.

d'insister sur ce sujet, nous pouvons chercher tout de suite jusqu'à quel point nous pouvons introduire un ordre logique dans les idées relatives à la théorie électronique de la matière.

§ 7. — LA POSSIBILITÉ D'UNE DÉFINITION LOGIQUE  
DES QUANTITÉS FONDAMENTALES DE LA THÉORIE DES ÉLECTRONS

Le fait fondamental perceptible est que, dans certaines circonstances, communément appelées *électriques*, des corps se meuvent autrement que si ces circonstances étaient absentes. En nous basant sur les résultats expérimentaux cités plus haut, on peut dire qu'en réalité tout mouvement est associé à des phénomènes électriques. On doit considérer la matière de nos sens comme une collection de points, que nous appelons *électrons*, dont chacun influence les mouvements des autres. De ces points nous pouvons dire qu'il en existe une classe importante dont les propriétés sont identiques. On les appelle des *électrons négatifs*.

Nous apercevons que, dans les phénomènes électriques les plus étendus, l'influence d'une portion de matière sur une autre n'est pas instantanée, eu égard à notre présente conception du temps, mais semble se transporter à travers l'espace avec une vitesse finie. Cela étant, nous concevons que l'influence d'électron à électron se propage avec la vitesse de la lumière, et de plus nous conceptualisons la nature de la propagation. Nous faisons bien usage de l'éther, et de l'état *électro-magnétique* de l'éther en un point, mais pour spécifier cet état il faut décrire l'effet qui serait produit sur un de nos électrons négatifs situé en ce point.

L'expérience nous apprend que cet effet varie vraisemblablement suivant la vitesse dont l'électron est déjà animé. Une

analyse des effets produits dans le cas de corps matériels suggère qu'il faut fixer *deux* quantités dirigées pour exprimer la façon dont l'accélération varie avec la vitesse. Transportons cette analyse à l'électron idéal. Pour le faire complètement, il faudrait des opérations mathématiques dépassant l'étendue de ce volume ; mais, si nous nous bornons aux vitesses qui sont petites comparées à celles de la lumière,

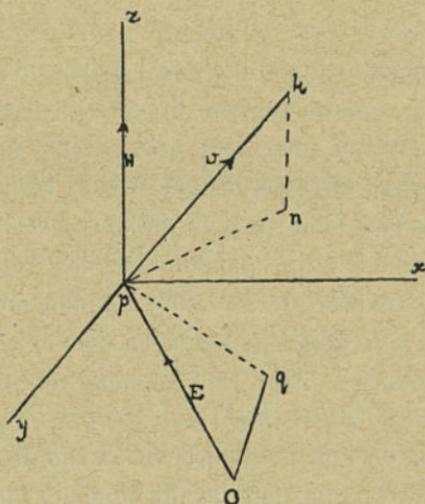


Fig. 24.

le résultat peut être exprimé au moyen de la figure 24.

Soit une origine  $O$  ; une unité d'accélération ayant été choisie, menons  $Op$  qui représentera l'accélération imprimée à l'électron supposé primitivement au repos en un certain point de l'espace. Représentons par  $Oq$  l'accélération d'un électron supposé primitivement en mouvement, en ce même point, avec une vitesse  $v$  représentée sur la figure par  $pk$ , toutes les autres conditions subsistant comme pour l'électron en repos.

Pour interpréter les résultats de l'expérience on peut, dans

ce cas idéal, supposer que la ligne  $pq$ , quelles que soient la grandeur et la direction de  $v$ , reste dans un certain plan passant par  $p$  ( $pxy$  sur la figure). On supposera encore que si l'on mène  $kn$  perpendiculaire à ce plan,  $pq$  soit toujours à angle droit avec  $pn$  et que le rapport de  $pq$  à  $pn$  soit entièrement indépendant de la grandeur et de la direction de  $v$ .

Au moyen de ces hypothèses, issues d'observations expérimentales idéalisées, on a défini deux directions associées avec le point de l'espace considéré, je veux dire celle de  $Op$  et celle de la ligne menée perpendiculairement au plan  $pxy$ . La première s'appellera la direction de l'*intensité électrique*, la dernière la direction de l'*intensité magnétique*. Quant à la grandeur de ces deux quantités, nous dirons que la mesure de la première est le nombre d'unités de longueur contenues dans  $Op$ , et que celle de la dernière est égale au rapport de  $pq$  à  $pn$  (supposé constant) multiplié par le nombre d'unités de vitesse contenues dans la vitesse de la lumière à travers l'espace <sup>1</sup>, qui peut être conventionnellement prise comme unité.

L'adoption de définitions de ce genre écarterait les termes mécaniques de *masse* et de *force* de notre exposé de la théorie. Au lieu de définir l'*unité* d'intensité électrique comme l'*intensité sous l'action de laquelle une charge unité* (cette unité étant choisie arbitrairement) *tend à se mouvoir avec une force unité*, nous la définissons comme l'*intensité sous l'action de laquelle notre unité primitive, l'électron négatif, se meut avec une accélération unité*.

1. Ceux qui étudient la théorie mathématique de l'électricité peuvent reconnaître ici une expression graphique de l'énoncé ordinaire d'après lequel la force agissant sur une charge en mouvement est par unité de charge  $E + \left[ \frac{v}{c} \cdot H \right]$  où  $E$  est l'intensité électrique et  $H$  l'intensité magnétique, la charge et la masse de l'électron étant prises comme unités de charge et de masse.

§ 8. — SUR LA DISTRIBUTION FLUIDIQUE OU SPATIALE  
DE L'ÉLECTRICITÉ

La discussion poursuivie dans le chapitre précédent, des bases d'une science ancienne et très développée comme celle de la dynamique, aura préparé le lecteur à admettre qu'il reste beaucoup à faire dans le cas de ce rejeton, l'électro-dynamique, avant qu'on puisse en donner un compte-rendu complet et logique. Il faudra auparavant beaucoup d'essais. Dans le dernier paragraphe quelques indications ont été données à cet égard, mais ce ne sont que des indications. Pour le moment les traités existants seront probablement utiles, sous bien des rapports, au moins pendant quelque temps<sup>1</sup>. Néanmoins il ne sera pas hors de propos de signaler ici une difficulté qui tient à la manière dont le sujet est présenté dans les publications les plus récentes.

En énonçant les relations fondamentales relatives à la théorie de l'électron, Lorentz définit à peu près comme suit la distribution de l'électricité dans l'espace. Si l'intensité électrique, que nous supposons à présent convenablement définie en chaque point de l'espace, est représentée en imaginant l'espace rempli d'un fluide uniformément incompressible, dont la vitesse en chaque point est proportionnelle à l'intensité électrique en ce point, il peut être nécessaire d'imaginer, pour maintenir l'hypothèse de l'incompressibilité, que le fluide doit être créé, ou détruit, dans une certaine mesure, en divers points isolés, ou même que l'opération de création ou de destruction se produise partout. La

1. Notamment celui d'Abraham et Föppl, bien que chaque nouvelle édition de cet ouvrage contienne d'importantes additions et modifications.

quantité de fluide créée par unité de temps dans un certain volume représente alors, à une échelle convenable, la quantité d'électricité dans ce volume. On obtient ainsi la densité de l'électricité «  $\rho$  » dans un petit volume qui entoure un point et il est nettement établi que la charge ainsi définie est considérée comme répandue sur des volumes finis, et non comme concentrée en des points mathématiques. Pour reprendre l'analogie ci-dessus, les endroits où le fluide représentatif apparaît ou disparaît ne sont pas des points mais des régions finies. Mais alors on aboutit à une proposition inconciliable avec le développement mathématique, c'est-à-dire logique, de la théorie<sup>1</sup>.

« Quant à l'affirmation que les charges peuvent se mouvoir à travers l'éther, le milieu lui-même restant en repos, si on la réduit à sa plus simple expression, elle veut dire seulement que la valeur de  $\rho$  qui existe à un certain moment au point P se retrouve l'instant suivant en un autre point P'. » Il suffit d'essayer d'obtenir la vitesse de la charge en un point, dans une région où  $\rho$  est constant, pour voir que cette affirmation n'a en réalité aucune signification pour le but à atteindre. Par exemple, de la connaissance de la densité en chaque point d'un volume donné d'un fluide compressible, à deux instants distincts, on ne peut déduire le déplacement de chaque élément du fluide pendant l'intervalle de temps écoulé.

La vitesse d'un fluide physique ne devient perceptible que par des propriétés qui sont une conséquence de sa structure atomique. En fait il semble inévitable que la *vitesse de la charge électrique*<sup>2</sup> en question doive être regardée comme distribuée en des points géométriques discrets. Autrement

1. Lorentz, *Theory of Electrons*, 1909, § 8.

2. Avant l'avènement de la théorie des électrons, le seul cas pour lequel on supposait une charge électrique dont la vitesse pouvait être

dit, il conviendrait de supposer certaine propriété de la charge électrique, autre que celle de sa relation avec la force électrique, par laquelle son mouvement puisse devenir visible pour nous.

Cette conclusion s'accorde avec les preuves données plus haut de la nature atomique de l'électricité. En outre, puisqu'il n'y a pas de nécessité directe d'attribuer à l'électron une certaine extension dans l'espace, il est plus simple de le considérer comme un point géométrique, dans le voisinage duquel l'intensité électrique agit d'une certaine manière.

Une autre raison pour n'assigner aucune grosseur à l'électron a déjà été indiquée : ce n'est que pour des charges élémentaires en des points géométriques que l'on peut déterminer, uniquement d'après des phénomènes observés comme ci-dessus, l'intensité électrique et l'intensité magnétique en un point. S'il fallait nécessairement supposer un corps chargé de dimensions finies, les valeurs obtenues pour les intensités ne seraient que les valeurs moyennes sur une région égale à celle occupée par le corps, et ces valeurs pourraient différer grandement de celles des points particuliers situés dans cette région, exactement comme la densité moyenne d'un corps solide est très différente de la densité évaluée pour une molécule isolée ou pour une portion de l'espace compris entre les molécules.

On admettra donc ici que, pour donner une base consistante à la théorie des électrons, il est nécessaire de concevoir l'électricité comme distribuée en charges élémentaires

mesurée, était celui d'un corps matériel chargé en mouvement à travers l'espace, la distribution de l'électricité sur le corps demeurant constante. La vitesse de la charge était alors la vitesse du corps. Pour constituer une partie de la théorie des électrons dans sa forme présente, les lois des effets observés dans de tels cas ont été généralisées, en supposant qu'une distribution continue d'électricité pourrait avoir une vitesse définie en chacun de ses points,

isolées, exactement comme dans les lois du mouvement de la dynamique la matière doit être conçue comme composée de masses élémentaires condensées dans des points géométriques.

L'expérience a servi de guide dans cette recherche, en mettant en évidence la nature atomique de l'électricité. Les limites de notre entendement exigent que nous allions plus loin et que nous concevions les atomes comme des points géométriques. Ce n'est que si des phénomènes ultérieurs se révèlent, que nous aurons avantage à abandonner cette théorie et à envisager la *constitution* de l'électron.

Mais il n'en sera probablement pas ainsi tant qu'une nouvelle conception plus fondamentale que l'électricité elle-même ne sera entrée dans la pensée scientifique.

#### § 9. — DU MOUVEMENT RELATIVEMENT A L'ÉTHER D'APRÈS L'EXPÉRIENCE

On a dit plus haut que l'éther était pratiquement le cadre de référence auquel il convenait d'avoir recours lorsqu'on commence à étudier le mouvement des points idéaux qui représentent pour nous l'univers physique. La proposition implique-t-elle de prime abord qu'il existe un cadre de référence *unique* commun à tous les observateurs des phénomènes naturels<sup>1</sup>? Cette hypothèse fournirait la seule signification que l'on puisse actuellement attribuer à l'expression *mouvement absolu*. Mais en y regardant de plus près, il se trouve que l'éther est loin d'être un cadre de référence *unique*.

Puisque nous n'avons pas de perception directe de l'éther,

1. Voir cependant, p. 263, « l'atome et l'éther n'existent que dans l'esprit humain », et p. 402. — K. P.

le mouvement d'un électron relativement à lui ne peut devenir apparent pour nous que par l'action d'un champ électro-magnétique.

Dans ces dernières années, de nombreuses expériences ont eu pour but de déceler quelques signes du mouvement de la terre à travers l'éther. Si quelque mouvement de ce genre existe, on espérait mettre en évidence une différence entre la vitesse de la lumière dans la direction de ce mouvement et sa vitesse dans la direction opposée. Ce résultat n'a point été obtenu, en dépit du soin extraordinaire et de la précision apportés dans les expériences les plus diverses. Le phénomène de l'aberration en astronomie s'accorde aussi avec la conclusion que, si loin que nous puissions porter nos recherches, les phénomènes électromagnétiques observés sur la terre sont d'accord avec l'hypothèse que la terre est en repos relativement à l'éther.

Après le progrès prodigieux qui a suivi l'établissement, par Copernic, du mouvement céleste, nous ne pouvons revenir à la notion que notre terre est, par quelque coïncidence merveilleuse, le seul corps de tout le système stellaire qui soit en repos dans le milieu universel. En fait ce n'est que l'attribution inconsciente d'une existence objective à l'éther qui suggère au premier abord une telle pensée <sup>1</sup>.

En suivant le développement historique de la dynamique nous observons que les premières généralisations se rapportaient au mouvement relatif sur la terre ; l'étape suivante fut de prendre le système solaire comme un ensemble, et finalement de le rapporter aux étoiles dites fixes comme cadre de référence. En suivant le même ordre, les lois de

1. Il n'y aurait rien, a remarqué quelque part Lord Kelvin, dont il fût plus certain que de l'existence réelle de l'éther. Mais il y a vingt-cinq ans la plupart des physiciens auraient dit la même chose de la « force » et de l'« atome ». — K. P.

l'électro-dynamique seraient d'abord formulées pour les phénomènes perçus par un observateur terrestre. Seulement si ces lois se trouvent insuffisantes pour embrasser les phénomènes extra-terrestres, il est nécessaire de transporter le point de base à quelque observateur imaginaire en mouvement relatif sur la terre : cette nécessité n'est pourtant point apparue. En ce qui nous concerne, les phénomènes électro-magnétiques sont suffisamment bien représentés par la conception d'un éther dans lequel l'observateur est en repos. L'homme de science est, néanmoins, obligé de reconnaître qu'il doit permettre à tout observateur sur terre ou sur tout autre corps céleste, d'obtenir la même représentation.

Il n'est pas assez égoïste pour imaginer que ce n'est que pour lui seul, ou pour les êtres terrestres seuls, que le cours des phénomènes de l'univers peut s'exprimer dans la forme simple qu'il a acceptée. Il n'y a donc aucune espèce de raison pour admettre la conception d'un éther unique relativement auquel le mouvement d'un point ou d'un électron aurait une vitesse dont la grandeur le caractérise en quelque sorte. Les vitesses relatives à l'observateur sont toutes celles qu'il peut imaginer. Chaque esprit peut, s'il lui plaît, construire son propre éther; il peut, d'autre part, adopter celui d'un observateur quelconque.

Cela semblera peut-être à première vue un coup sérieux porté à la valeur de la science formelle électro-magnétique, mais il faut bien se répéter que cette valeur ne dépend que de l'aptitude des différents esprits à adopter les mêmes formules pour décrire leurs diverses impressions; et que ce sont les formules, plutôt que les notions incluses dans ces formules, qui sont les faits importants. Avant d'adopter cette position il faut pourtant s'arrêter à quelques réflexions importantes sur nos *mesures* du temps et de l'espace.

§ 10. — THÉORIE DE LA RELATIVITÉ <sup>1</sup>

On a insisté plus haut (Chapitre v), sur cette idée que le temps et l'espace sont simplement des modes de perception des suites d'impressions sensibles. Ayant formé dans nos esprits les concepts d'espace et de temps, nous les mesurons à l'aide de certains étalons auxquels nous attribuons un certain genre de permanence. Pour les recherches physiques et pour l'étude exacte des relations entre les phénomènes physiques, nous avons besoin de certains moyens de noter un point défini de notre espace idéal par un signe qui le distingue de tous les autres. Notre système de notation peut être quelconque ; nous choisirons naturellement celui qui s'adapte le mieux aux phénomènes que nous décrivons. Si nous construisons un espace idéal comme un échafaudage nous permettant de décrire les phénomènes physiques, cet échafaudage possède les propriétés idéalisées de certains des phénomènes physiques que nous considérons comme approximativement permanents. L'échafaudage ainsi formé est l'*espace de la physique*.

Or on a noté plus haut (p. 253) que nous avons l'habitude d'envisager la *rigidité* comme définissant un corps idéal dont on affirme l'absolue permanence dans l'étendue de l'espace, ce corps idéal étant construit comme une limite de notre expérience perceptible. C'est cette rigidité idéale qui caractérise la charpente de l'espace physique relative-

1. Les idées esquissées dans ce paragraphe servent de fondement à la théorie dite *théorie de la relativité*, maintenant très discutée. La théorie a pris naissance dans le fait cité dans le dernier paragraphe, qu'on n'a pu jusqu'ici obtenir aucune preuve expérimentale d'aucun mouvement de la terre relativement au cadre de références pour lequel les formulés usuelles de la théorie électro-magnétique sont valides. Cette théorie doit principalement être rattachée aux noms de Lorentz, Einstein et Minkowski.

ment à quoi l'on décrit tout mouvement idéal quelconque.

De la même façon, comme limite de notre expérience de phénomènes à retour régulier, par exemple le passage d'une étoile au méridien ou l'oscillation d'un pendule, nous parvenons à la conception de *temps physique*.

Ainsi, on énonce une partie de la définition de notre espace physique quand on dit que la distance entre deux points fixes A, B est égale à la distance entre deux autres points fixes A', B', toutes les fois qu'un mètre rigide idéal, qui peut être placé de manière à s'étendre exactement de A à B, peut aussi être placé de manière à s'étendre exactement de A' à B'. De même on énonce une partie de la définition du temps quand on dit qu'un phénomène idéalement périodique, se produisant en deux occasions distinctes, occupe des *intervalles égaux* de temps.

L'espace et le temps *métriques* ainsi définis sont l'espace et le temps des chapitres précédents relatifs à la dynamique; c'est par rapport à cet espace et à ce temps que les lois fondamentales de la théorie électro-magnétique ont été formulées, par rapport à eux qu'on a découvert que la lumière se propage uniformément dans toutes les directions avec une vitesse finie.

Tant qu'on négligea de s'occuper de la constitution interne de la matière, le corps rigide idéal fut supposé exactement de même longueur en mouvement qu'en repos; c'est-à-dire que, si une tringle rigide au repos s'étendait d'un point A à un point B, lorsqu'elle était en mouvement, sans changer d'orientation, l'instant auquel une extrémité passait par A était supposé le même que l'instant auquel l'autre extrémité passait par B.

Mais si nous en venons à considérer la matière comme faite d'électrons, la forme d'un corps étant maintenue par le moyen de forces électro-magnétiques agissant entre eux, il

n'en sera plus de même. Lorentz a démontré mathématiquement que, si nous considérons un groupe d'électrons décrivant certains mouvements l'un par rapport à l'autre, conformément aux lois de la théorie des électrons, et un second groupe d'électrons décrivant les mêmes mouvements l'un par rapport à l'autre, mais en mouvement relatif par rapport au premier groupe avec une vitesse uniforme, alors les mouvements du second groupe d'électrons *ne sont pas* conformes aux lois de la théorie des électrons. Cela, naturellement, se relie au fait que l'*accélération* d'un électron dans des circonstances données dépend de sa vitesse (voir p. 473).

D'autre part, d'après Lorentz, nous pouvons nous attendre à ce qu'un corps de constitution électro-magnétique, de forme permanente quand il est au repos, se contracte, quand il se meut avec une vitesse  $v$ , de la fraction  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  par rapport à ses dimensions primitives dans la direction de la vitesse, les dimensions perpendiculaires à la direction de la vitesse n'étant point altérées. Ce n'est pas tout, nous pouvons nous attendre à ce que l'allure à laquelle marchera une horloge quelconque, enfermée dans le corps, s'accélère si elle est en mouvement avec la vitesse  $v$  dans le rapport de 1 à  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ . Ces résultats sont tout à fait indépendants de la constitution des corps, considérés du point de vue mécanique ou matériel ; ils dépendent uniquement du fait que la configuration et le mouvement interne des corps sont déterminés par l'influence mutuelle des électrons.

Si la théorie électro-magnétique de la matière est acceptée, il est donc impossible d'obtenir comme limite des corps réellement perçus un corps rigide dont l'extension dans l'espace soit permanente et indépendante de sa vitesse. Au

contraire, nous en venons à concevoir un mètre qui se raccourcit dans le rapport de  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  à 1 quand il se meut avec une vitesse  $v$  dans la direction de sa longueur.

Voyons maintenant comment la mesure d'un corps en mouvement en est affectée. Imaginons deux corps identiques, et laissons l'un d'eux en repos tandis que l'autre est en mouvement avec une certaine vitesse. Imaginons qu'un observateur à l'aide d'un mètre idéal, tel qu'on l'a décrit plus haut, mesure chacun de ces corps à tour de rôle. Si nous supposons que pour mesurer le corps en mouvement le mètre doit participer à sa vitesse, comme le mètre sera contracté exactement de la même manière que le corps en mouvement les mesures dans chaque direction seront identiques à celles du corps fixe mesuré avec le même mètre. Les dimensions des objets physiques sont modifiées, mais l'échelle est modifiée exactement de la même manière.

Des considérations identiques s'appliquent à la mesure d'intervalles de temps entre phénomènes qui se produisent dans des corps en mouvement.

D'après cela, étant donné que nous sommes obligés d'employer des moyens physiques pour l'observation quantitative de la nature, certains effets dus au mouvement des corps à travers l'éther, que nous avons construit pour matérialiser les lois des phénomènes électro-magnétiques, peuvent être entièrement cachés à un observateur qui participe au mouvement de ces corps.

Le développement de ces idées a conduit beaucoup d'auteurs à la conclusion que cette dissimulation doit exister non seulement dans ces phénomènes simples comme la mesure des corps solides, mais doit, en fait, s'étendre à toute la série de phénomènes qui peut être embrassée par un schéma électro-magnétique.

L'essence des conclusions est ceci : On a prouvé mathématiquement que, étant donnée une description particulière de la suite des changements de l'univers, on peut toujours édifier une seconde construction avec des suites exactement correspondantes, possédant cette propriété qu'une sphère de centre fixe se dilatant ou se contractant avec la vitesse de la lumière dans la première correspond exactement dans la seconde à une sphère de centre fixe se dilatant ou se contractant avec la vitesse de la lumière, et telle qu'un point en repos dans la première correspond dans la seconde à un point en mouvement avec une vitesse uniforme arbitraire quelconque. L'expression mathématique de la correspondance est la suivante. Prenons des axes  $x, y, z$ , tels que  $x$  soit dans la direction de cette vitesse  $v$  et prenons la vitesse de la lumière égale à  $c$ ; comme nouvelles variables prenons :

$$t_1 = \beta \left( t - \frac{vx}{c^2} \right), \quad x_1 = \beta (x - vt), \quad y_1 = y, \quad z_1 = z$$

où :

$$\beta^2 \left( 1 - \frac{v^2}{c^2} \right) = 1.$$

Le mouvement d'un point dans le système primitif est donné par la manière dont ses coordonnées d'espace varient avec sa coordonnée de temps  $t$ . Cela étant donné, les nouvelles quantités  $x_1, y_1, z_1, t_1$ , sont reliées par une certaine relation. Si, par conséquent, on édifie une construction correspondante, dans laquelle le point correspondant au point original est donné par les coordonnées d'espace et de temps  $x_1, y_1, z_1, t_1$ , le mouvement de ce point est déterminé. Les propriétés données plus haut s'ensuivent immédiatement. On voit ainsi qu'il est possible de changer les échelles d'espace et de temps de telle sorte que, tout en conservant la symétrie de notre espace pour la propagation de la lumière, nous

puissions assigner à un point quelconque une vitesse quelconque arbitrairement choisie. En outre, il a été démontré que les relations fondamentales de la théorie électro-magnétique conservent leur forme dans ce changement ; chacun des modes possibles de description, en nombre illimité, est ainsi également valable. Il faut donc s'y attendre : tant que nous ne connaissons que des phénomènes susceptibles d'être compris dans le schéma de cette théorie, nous serons incapables de dire quelle est la vitesse d'un point par rapport à l'éther. Comme on l'a remarqué plus haut, chaque observateur peut construire pour lui-même un éther dans lequel il est lui-même en repos ; et pourtant tous les observateurs observeront la même suite de relations entre les phénomènes.

On peut penser que tout cela place nos conceptions d'espace et de temps sur une base trop fragile pour l'utilité de leur rôle, mais il ne faut pas oublier que, pratiquement, nous rapportons en réalité tous les mouvements à nous-mêmes. La vitesse relative de deux points est en pratique la différence de leurs vitesses par rapport à nous-mêmes. Nos mesures de l'espace et du temps sont conditionnées par ce que nous assignons à nous-mêmes la vitesse zéro, et par ce que nous basons notre espace et notre temps métriques sur des phénomènes se produisant sur des corps en repos par rapport à nous-mêmes.

#### § 11. — L'INERTIE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE SUIVANT LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ

Les idées esquissées dans le précédent paragraphe ont inspiré les recherches de Lorentz<sup>4</sup> et d'autres auteurs sur la variabilité de la masse apparente d'un corps.

4: Voir § 4.

D'après la position adoptée dans le présent chapitre, le phénomène consiste simplement en ce que, dans des circonstances données, l'accélération d'un électron paraîtra différente suivant que l'électron est en repos ou en mouvement par rapport à l'observateur ; ou encore, ce qui revient au même, selon que l'observateur est en repos ou en mouvement relativement à l'électron.

Or la correspondance des deux images de l'univers esquissées dans le dernier paragraphe donne le résultat suivant, que si  $f_1$  est l'accélération d'un électron dans le système où l'électron est considéré comme en repos, et si  $f_2$  est l'accélération dans le système où l'électron est considéré comme en mouvement avec une vitesse  $v$ , le rapport de  $f_2$  à  $f_1$  est égal à  $\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^3}$  si  $v$  est dans la direction de  $f_1$ , et est égal à  $\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)$  si  $v$  est à angle droit sur  $f_1$ . Pour d'autres directions de  $v$ ,  $f_2$  n'est pas dans la même direction que  $f_1$ , et le rapport prend une valeur intermédiaire entre les valeurs ci-dessus.

Partant de là, Lorentz fait certaines hypothèses sur la *force* qui agit sur l'électron, et il en déduit la manière dont la *masse* varie.

Nous pouvons noter, néanmoins, que les expériences mises en avant pour démontrer la variabilité de la masse n'ont en réalité montré que la variabilité de l'accélération d'un électron suivant la vitesse, que les résultats s'accordent entièrement et jusqu'au bout avec les conclusions signalées plus haut.

A supposer que ces expériences soient confirmées par d'autres, car elles ne sont encore qu'en petit nombre, quelle conclusion en tirer ? En définitive, elles confirment ce qui a été établi dans le dernier paragraphe, que nos mesures de l'espace et du temps sont basées sur des phénomènes

électro-magnétiques, y compris la propagation de la lumière.

Cependant, nos mesures de l'espace et du temps sont pratiquement effectuées par le mécanisme matériel des règles et des horloges d'une espèce ou d'une autre. Nous devrions donc supposer que ces engins sont aussi constitués sur une base électro-magnétique. C'est là le fondement réel de notre croyance à la théorie électro-magnétique de la matière.

Si nous étions capables d'établir une communication entre un point et un autre, par des agents d'une nature différente, si, par exemple, il était démontré que la gravitation ne puisse pas être englobée dans le schéma électro-magnétique, et qu'elle puisse servir à mesurer le mouvement, alors nous pourrions être obligés d'établir une construction espace-temps dans laquelle la lumière n'aurait pas la même vitesse de propagation dans toutes les directions. Mais, si loin qu'elle porte, l'expérience confirme la validité des idées exposées dans le dernier paragraphe, et fortifie la théorie électro-magnétique de la matière.

#### § 12. — LA VALEUR PRÉSENTE DE LA DYNAMIQUE NEWTONIENNE

En terminant un chapitre qui a maintes fois traité de la faillite des anciens concepts, quand il s'agit de comprendre les nouveaux faits d'expérience, il convient de considérer brièvement la position que ces concepts sont probablement appelés à occuper dans la science de l'avenir. L'impression peut s'être formée chez le lecteur, que les fondements de tout ce à quoi nous avons cru si fermement étaient ébranlés. Mais un examen très superficiel de l'histoire des relations de la pensée avec la pratique suffira à montrer que,

sous d'importants aspects, la validité des anciens concepts n'est pas le moins du monde altérée.

Quand la terre a cessé d'être le centre de l'univers dans la pensée humaine, elle n'est pas devenue moins ferme comme champ d'action, et l'homme ne s'est pas absorbé pour toujours dans la contemplation de la vitesse « terrifiante » avec laquelle, selon l'astronomie de Copernic, il était entraîné à travers l'espace. La véritable raison d'être de l'astronomie de Ptolémée était le fait que, dans une grande partie de l'étude des phénomènes de la nature, on pouvait à bon droit regarder la terre elle-même comme le cadre de référence par rapport auquel ces phénomènes étaient observés. Et même aujourd'hui nous pensons tous et nous agissons la plus grande partie du temps comme le faisaient les gens de l'époque pré-copernicienne. Le système de Ptolémée subsiste encore comme concept valable pour une série limitée de phénomènes.

Il en est ainsi de notre crise présente et de ce qui se passe sous nos yeux. Si grande que soit l'extension de nos connaissances électriques, les vieux concepts de masse interviendront encore largement dans notre manière d'envisager chaque jour le cours de la nature. Tout ce que la science moderne ajoutera à la dynamique de Newton et de Lagrange sera de déterminer avec précision dans quelles limites son application est exacte, ou avec quelle approximation elle peut être appliquée, si son exactitude ne peut être admise. Son origine et son développement nous permettent de prédire que ces opérations de définition et de limitation doivent nécessairement laisser subsister une très large région où nous pourrions la conserver à bon droit. Une perception vraie et une pensée logique ne peuvent pas être bouleversées par des perceptions subséquentes. Une formule qui a compris une fois, dans un ordre logique, un cer-

tain nombre de phénomènes soigneusement observés les comprendra toujours. Si le nombre des faits qui s'y trouvent associés est assez grand, il sera toujours convenable de garder la formule. Pourvu que les limitations soient connues, et qu'on s'y conforme, aucune méprise ne peut survenir.

Néanmoins une semblable formule peut avoir perdu son aptitude à révéler ou à prédire ce qui n'a pas encore été perçu. Presque toutes les idées nouvelles ont deux époques devant elles. La première est une époque où le fruit important qu'elles produisent consiste dans la découverte de nouveaux phénomènes naturels. La seconde est celle du développement en vue des besoins pratiques des hommes. La dynamique est maintenant arrivée au second stade, et elle reste ainsi un puissant agent de l'activité humaine. Le développement de l'électro-dynamique, en relation avec la nature atomique de l'électricité, en est encore au premier stade. Nul ne peut prévoir l'avenir ou prédire quelle sera l'influence de la nouvelle théorie quand ce stade sera franchi.

A présent cette théorie ouvre de nouvelles possibilités à l'unification des phénomènes naturels, elle donne un nouvel élan aux recherches expérimentales, et surtout, en exigeant une révision de nos concepts, elle nous oblige à approcher de la nature avec des esprits libres de prévention à l'égard des lois qui expriment l'ordre des phénomènes.

#### SOMMAIRE

Le développement de la physique durant ces vingt dernières années a révélé des phénomènes qui illustrent clairement les principes et la méthode des précédents chapitres. On a démontré que le schéma newtonien de la dynamique est une approximation valable seulement pour la matière grossière et nos sens grossiers. Il y a des raisons de supposer qu'un schéma électro-magnétique de la constitution de la matière sera beaucoup plus compréhensif. Mais des difficultés subsistent, notamment le fait que la gravitation a

jusqu'ici défié tous les efforts tentés pour la faire entrer dans ce schéma, et qu'on n'a pu former encore de concept simple pour représenter l'électricité positive dont la présence est constatée par l'expérience.

Les principes de la conservation de l'énergie, du moment et de la masse perdent toute signification sans un éther qui a autant, ou aussi peu de réalité que la matière; alors masse, énergie, moment, sont des quantités de la même catégorie que la force. La notion de la constance de masse d'un corps dans la dynamique matérielle, qui constitue seule la base expérimentale de la dynamique, est remplacée par la conception que tous les électrons de même types (négatifs, peut être aussi positifs) ont des caractères identiques.

L'éther est un milieu purement idéal qui, dans l'état actuel de la théorie, n'a aucune structure, sauf qu'en des points isolés il existe des centres où ses propriétés sont exceptionnelles. Ces centres, par leurs mouvements mutuels et par leur groupement, constituent le modèle par lequel on peut représenter la succession des phénomènes naturels.

Une lumière nouvelle est projetée sur nos conceptions d'espace et de temps. Celles-ci sont interdépendantes et conditionnées par les phénomènes qu'elles servent à décrire. Les mots « mouvement par rapport à l'éther » perdent toute signification. L'éther est devenu de plus en plus nettement un concept formé dans l'esprit de chaque observateur.

#### BIBLIOGRAPHIE

Poincaré (H.). — *La Science et l'hypothèse* (première édition, Paris 1902) et *La valeur de la science* (Paris, 1907). Ces ouvrages traitent des bases logiques de la science en signalant ses développements récents.

Larmor (J.). *Aether and Matter*. Cambridge, 1900. L'introduction historique de cet ouvrage est particulièrement intéressante. Un trait remarquable de ce livre est l'essai de maintenir en vigueur le principe dynamique de la moindre action. Voir en particulier l'appendice B, relatif à l'explication mécanique.

Lorentz (H.-A.). — *La théorie des électrons*. Leipzig, 1909.

Thomson (Sir J.-J.). — *Conduction of Electricity through Gases*, Cambridge, 1903.

*Corpuscular Theory of Matter*. Cambridge, 1907.

Rutherford (E.). — *Radio-activity*. Cambridge, 1904.

Ces deux derniers ouvrages rendent compte d'une grande partie de l'œuvre expérimentale qui a donné naissance aux discussions analysées dans ce chapitre.

Whetham (W.-C.-D. *The Recent Development of Physical Science*.  
Troisième édition. Londres, 1905.

Cet ouvrage peut être recommandé comme rendant compte de l'état présent des connaissances physiques expérimentales beaucoup plus complètement qu'il n'a été possible de le faire dans les limites d'un seul chapitre de cet ouvrage.

---



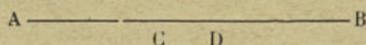
## APPENDICE.

---

### NOTE I

SUR LE PRINCIPE D'INERTIE ET LA « ROTATION ABSOLUE »  
(p. 399)

Considérons un fil matériel rectiligne très mince AB, que l'on peut concevoir, à la limite, comme une ligne droite. Soient, sur cette ligne, C et D deux points physiques voisins que l'on peut regarder approximativement comme des points géométriques. Supposons maintenant que, d'après l'observation du fil AB, celui-ci demeure droit et sans liaison avec toute autre « matière », mais que nous ignorions s'il est réellement en mouvement ou non.



Supposons maintenant le fil coupé entre C et D, par exemple à l'aide de ciseaux, sans altération immédiate de son mouvement. De deux choses l'une, ou bien les bouts AC DB continueront à paraître des parties non brisées du fil AB, ou bien AC et DB commenceront à se séparer entre C et D. Or la seule chose dont nous ayons supprimé la possibilité, c'est évidemment une relation mécanique, une *tension* (p. 426) entre les points matériels C et D. Par suite si les deux bouts du fil commencent à se séparer après le coup de ciseaux, c'est que C et D comportaient entre eux une tension ou de mutuelles accélérations, avant la section en deux parties (p. 424). C'est-à-dire que, primitivement, D devait avoir une certaine accélération relative par rapport à C, dans la direction AB. En d'autres termes, nous pouvons affirmer qu'à la limite, les deux parties d'une ligne matérielle tendent, après division, soit à se séparer, soit à ne point se séparer, suivant qu'elles comportent ou non une

accélération relative dans la direction de la longueur. Or, si nous supposons le fil ou la ligne matérielle inextensible, il est clair que D ne peut avoir eu à l'origine une vitesse relative quelconque par rapport à C, dans la direction AB. D'où il suit que l'accélération de D relativement à C doit être de la nature d'une accélération normale (p. 291) ou que la ligne AB subit, *dans son ensemble*, une rotation autour de quelque axe. D'un autre côté, si les parties AC et DB demeurent après la coupe sur la même ligne droite, aucune particule matérielle C de AB n'a d'accélération relative par rapport à une autre particule D dans la direction AB. Dans ce cas, la ligne AB, dans son ensemble, peut avoir un mouvement de translation mais elle n'a point tourné.

Une ligne dont les points sont regardés comme n'ayant pas d'accélération relative suivant sa direction  $a$ , par définition, une *direction fixe* dans l'espace. Telle qu'on la peut percevoir, une ligne droite matérielle, fil de chanvre ou de métal, soustraite à l'influence de tout autre objet matériel peut être représentée, idéalement, par une ligne « de direction fixe » si, quand on la coupe en deux, ses parties n'ont aucune tendance à se séparer ou si elles paraissent toujours les parties d'une ligne droite continue.

Étant donné un corps observé, supposé rigide, comment pouvons-nous certifier qu'il tourne ou non? Par exemple, la terre tourne-t-elle autour de son axe, ou bien toute la voûte du ciel tourne-t-elle autour de la terre — conception qui nous permet de décrire le mieux possible notre observation? On répond à cette question en déterminant si une ligne perpendiculaire à l'axe de la terre doit être regardée comme ayant une direction fixe ou non. Théoriquement, nous pouvons résoudre la question de la rotation de la terre de la manière suivante. Perpendiculairement à l'axe de rotation de la terre, fixons un fil métallique dont les parties ne soient pas soumises à la gravitation ou à la résistance de l'atmosphère et, après la section de ce fil, observons si les parties demeurent ou non les parties continues d'une ligne matérielle. Cette expérience serait d'ailleurs impossible, mais en l'imaginant le lecteur comprendra ce que Newton entend par *rotation absolue*. Du reste, l'effet de l'accélération relative des parties de la terre, si elle existe, peut être mesuré par d'autres moyens. Par exemple, cet effet a pour conséquence, à l'équateur, un amoindrissement apparent de l'accélération due à la gravité, et, si la terre n'est pas tout à fait rigide, un aplatissement aux pôles. Dès lors supposons le cas où, sans modifier toute autre portion de « matière grossière », nous pouvons imaginer un corps sous deux états : dans l'un une division simple des parties n'entraîne pas la discontinuité de l'ensemble du

corps; dans l'autre la simple division provoque cette discontinuité. Dans ce cas nous admettons qu'il intervient une accélération relative des parties dans le dernier état et non dans le premier. Quand cette accélération relative des parties se produit, quoique les parties élémentaires puissent n'avoir aucune vitesse relative sur la ligne qui les joint, nous pouvons pour la représenter imaginer un fuseau tournant autour d'un axe. Comme cette rotation ne semble avoir de rapport avec aucun système extérieur, Newton l'appelle « mouvement absolu de rotation ». Le mot n'est pas heureux car il suggère la possibilité d'un mouvement absolu (p. 299). Quoiqu'il en soit, certaines perceptions ne peuvent être conçues qu'en supposant que des points, situés à des distances différentes de la terre, ont des vitesses différentes *relativement* au système stellaire. La *fixité de direction* sur une ligne que nous avons idéalement définie par l'absence d'accélération mutuelle entre ses parties, *semble* coïncider avec la fixité de direction relativement aux étoiles. Cependant, il faut se rappeler que si Galilée a établi, le premier, le principe d'inertie pour des corps en mouvement par rapport à la terre, c'est que le mouvement de la terre relativement aux étoiles est insensible au regard de la plupart des mouvements qui ont lieu à sa surface. Il n'en résulte nullement que l'extension par Newton du principe au système planétaire démontre l'existence d'un mouvement absolu dans un espace absolu.

On a affirmé que le seau d'eau pivotant de Newton, ou la pendule de Foucault<sup>1</sup>, donnent la preuve d'une rotation absolue dans un espace absolu, mais écoutons le professeur Mach<sup>2</sup>:

« L'univers ne se présente pas deux fois à nous, d'abord avec une terre au repos, puis avec une terre animée d'un mouvement de rotation, mais bien une fois avec ses mouvements relatifs, seuls susceptibles d'être déterminés. Il est donc impossible de dire comment les choses se passeraient si la terre ne tournait pas. Nous ne pouvons qu'interpréter les choses telles qu'elles se présentent à nous. Lorsque nous les interprétons de façon à nous mettre en contradiction avec l'expérience, alors l'interprétation est fautive. Les principes fondamentaux de la mécanique peuvent d'ailleurs être compris de telle façon que, même pour des rotations relatives, des forces centrifuges prennent naissance.

L'expérience du seau d'eau tournant de Newton nous apprend seulement que la rotation de l'eau relativement aux parois du seau

1. Maxwell, *Matière et mouvement*, pp. 88-92.

2. *Die Mechanik in ihre entwicklung*, p. 216. (Trad. française par Em. Bertrand, p. 225).

ne donne pas naissance à des forces centrifuges perceptibles, mais que ces forces proviennent de la rotation relative par rapport à la masse de la terre et à celle des autres corps célestes. Personne ne pourrait dire ce que l'expérience aurait donné si la paroi du seau avait été rendue plus épaisse et plus massive, jusqu'à atteindre une épaisseur de plusieurs lieues. Il n'y a qu'une expérience; nous devons la mettre d'accord avec les autres faits connus, et non pas avec les fantaisies de notre imagination ».

En tenant compte de la différence entre la terminologie du professeur Mach et celle de notre Grammaire, on voit combien il est sage de pénétrer les idées de direction absolue et de mouvement absolu. Dans le modèle idéal, nous pouvons déterminer des lignes dont les parties n'ont pas d'accélération relative et de « direction fixe ».

Prenons deux points O et P dans l'espace conceptuel; traçons le vecteur OP, le point O dont il part étant ou non en mouvement; supposons qu'après le tracé OP demeure « fixe en direction », les extrémités P de semblables vecteurs tracés à tous les instants successifs forment le *chemin de* *Prelativement à O*. La proposition suivante n'est autre chose que le principe d'inertie: Si O et P représentent des particules de matière grossière suffisamment distantes l'une de l'autre et des autres particules, le chemin précédemment décrit est une ligne droite.

L'équivalent perceptible de la « fixité de direction » du vecteur idéal a été représenté avec une approximation suffisante, au temps de Galilée<sup>1</sup>, par une direction fixe par rapport à la terre: depuis Newton on le fait coïncider sensiblement avec une direction fixe par rapport aux étoiles. Mais, même dans ce dernier cas, on ne peut affirmer le caractère absolu de la perception. Toutefois, si les éléments de la « matière grossière » étaient finalement conçus sous la forme d'éther en mouvement, le principe d'inertie deviendrait un axiome de mécanique beaucoup plus facilement établi et de plus grande valeur (p. 403 et note).

## NOTE II

### SUR LA TROISIÈME LOI NEWTONIENNE DU MOUVEMENT

(pp. 407, 422, 430, 449).

Nous avons vu page 421 qu'une partie fondamentale de la troi-

1. Et même aujourd'hui par les auteurs de manuels élémentaires pour qui des corps projetés sur la surface de la glace sèche unie se meuvent en ligne droite, et qui illustrent de cette façon la première loi newtonienne du mouvement.

sième loi de Newton consiste en ce que les accélérations mutuelles sont proportionnelles aux masses. De prime abord, cette proposition conduit à l'égalité *en grandeur*, de l'action et de la réaction. En second lieu, on conçoit que les accélérations mutuelles sont parallèles et de sens opposé (p. 408). Toutefois cette proposition ne traduit pas complètement la troisième loi de Newton, telles qu'on l'entend d'ordinaire : il faut ajouter que les accélérations mutuelles peuvent être dirigées suivant la *même* ligne droite, tout aussi bien qu'être parallèles. Dans le cas de deux particules on admet généralement que cette ligne droite est celle qui les joint.

Or il n'est nullement invraisemblable qu'en définitive on puisse mieux représenter les accélérations mutuelles, et par conséquent les forces mutuelles assignées à ces particules, à l'aide de l'énergie cinétique d'un éther interposé, énergie que l'on néglige aujourd'hui. Par exemple, les corps animés d'oscillations ou de pulsations dans un éther parfaitement fluide comportent des accélérations mutuelles susceptibles d'être expliquées par une action à distance, mais qui, en réalité, sont dues à l'énergie cinétique de l'éther interposé.

Dans le cas de deux corps de petites dimensions, possédant, avec certaines vitesses, des mouvements de translation ou d'oscillation dans un tel éther, les accélérations mutuelles (ou l'action et la réaction apparentes) ne sont pas nécessairement dirigées suivant la même ligne droite; si elles sont dirigées suivant la même droite, celle-ci n'est pas nécessairement la droite qui unit les deux petits corps. De plus, à supposer que l'action apparente, à une certaine distance, soit due à l'action directe de l'éther, si un corpuscule P est brusquement mis en mouvement, il ne paraîtra pas vraisemblable que le résultat de ce mouvement doive être immédiatement ressenti par un corpuscule éloigné Q; il faudra du temps pour que le changement de position de P soit ressenti par Q. Cela étant, les actions mutuelles peuvent être parallèles, mais il n'est guère probable qu'elles soient toujours dirigées suivant la même ligne droite c'est-à-dire en sens *opposé*, ainsi que l'entendait Newton.

Ces considérations, jointes à celles des pages 417 et suivantes, indiquent qu'il faut plus de précautions que l'on n'en prend d'ordinaire quand on étend la troisième loi de Newton aux atomes et aux molécules qui, en fait, peuvent avoir des vitesses d'oscillation et de translation considérables, par rapport à l'éther. Pour les vitesses relativement faibles des particules de la « matière grossière », la loi fournit probablement une description suffisante de nos perceptions.

## NOTE III

## LA TONDEUSE DE WILLIAM OF OCCAM

(p. 117).

Dans le cours de cet ouvrage, nous avons eu souvent l'occasion de signaler le système extra scientifique dans lequel on multiplie les entités au delà de ce qui est nécessaire à la description des phénomènes. La règle de jugement qui interdit cette manière de faire est l'une des plus importantes du domaine entier de la pensée logique. Elle a été exprimée d'une manière concise par William of Occam dans la maxime : *Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem*. Sir William Hamilton, dans une remarquable notice historique (*Discussions ou philosophy*, 2<sup>e</sup> édition pp. 628-31, London, 1853) cite en outre les axiomes scholastiques : *Principia non sunt cumulanda* et *Frustra sit per plura quid fieri potest per pauciora*. En tant qu'applicables comme canons de la pensée, ces axiomes ne constituent pas un dogme, mais ils expriment un principe fondamental de l'économie de pensée. Toutefois, quand Sir William Hamilton leur ajoute le *Natura horret superfluum* et constate que ces axiomes ne font que répéter la phrase d'Aristote d'après laquelle, Dieu et la nature n'opèrent jamais avec superfluité, et toujours par l'action d'une seule cause plutôt que par une pluralité de causes, il me semble que nous passons du territoire salubre de la pensée scientifique à une région où abondent les fondrières des dogmes métaphysiques. L'opinion d'Aristote et de Newton que *Natura enim simplex est* offre le même caractère que le *Mundi universi fabrica enim perfectissima est* d'Euler. Ces formules projettent les notions de simplicité et de perfection au delà de la sphère des impressions sensibles, la seule où le mot connaissance ait une signification ; ou bien, elles confondent l'univers perceptible avec la description scientifique que l'homme en donne. C'est seulement dans le champ de cette description scientifique qu'il y a économie de principes et de causes, économie qui constitue le véritable canon de la pensée scientifique. A ce compte, la « loi de parcimonie », comme l'a appelée sir William Hamilton, semble un produit de la pensée scholastique ; elle n'est pas due à Aristote comme l'a établi Occam : c'est un axiome bien supérieur à la version de Newton (p. 116) ; je crois qu'on peut réclamer le *Venerabilis Inceptor* qui, le premier, a reconnu que la connaissance de l'au delà de la sphère des perceptions n'était qu'un autre nom donné à la foi irraisonnante.

Sir William Hamilton formule le canon d'Occam sous la forme plus complète et mieux adéquate que voici :

*On ne doit admettre ni plus de causes, ni des causes plus onéreuses, qu'il n'est nécessaire pour rendre compte des phénomènes.*

## NOTE IV

A. R. RICHARD WALLACE ET LA MATIÈRE

(p. 349).

Le maximum de confusion entre nos perceptions et nos conceptions a été atteint peut-être dans l'étude sur la matière que le Dr Russel Wallace a insérée dans son ouvrage *Natural Selection*. Il n'y aurait point lieu de signaler la contribution singulièrement faible apportée par un grand naturaliste à la science physique, si celle-ci n'avait été récemment rééditée sans observations (*Natural Selection and tropical Nature* pp. 207-14, London 1891). D'après M. Wallace la matière n'est pas une chose en soi, mais *c'est* une force et toute force est probablement une force-volonté. Il n'est pas indispensable de faire remarquer encore le mode illégitime d'inférence qui réside dans l'extension du terme *volonté* (voir p. 74 du présent volume). Mais l'existence d'une force ne se manifestant que par un changement de mouvement, nous pouvons demander qu'est-ce que M. Wallace suppose en mouvement. Si M. Wallace veut parler de la sphère des perceptions, il oublie de distinguer entre notre appréciation des groupes individuels d'impressions sensibles et la routine des perceptions. S'il veut parler de la sphère des conceptions, il néglige la distinction entre les idéaux en mouvement (les corps géométriques, les points, ou les « centres de force » de Boscovich) et les modes de leur mouvement. En fait, il emploie le mot force pour désigner l'impression sensible, la succession d'impressions sensibles, l'objet idéal en mouvement et le mode de mouvement. De cette confusion de ce qui est perception et de ce qui est conception, proviennent les arguments en faveur du spiritisme, exactement comme Aristote, les Stoïciens et Martineau en ont tiré leur argumentation en faveur de l'animisme (pp. 88 et 121). La principale différence entre M. Wallace et ses prédécesseurs est dans le fait que sa tendance est plutôt polythéiste que monothéiste.

## NOTE V

## SUR LA RÉVERSIBILITÉ DES PROCESSUS NATURELS

(pp. 104-107).

L'irréversibilité des processus naturels est une conception purement relative. L'histoire avance ou recule suivant le mouvement relatif des événements et de leurs observateurs. Imaginons un collègue du démon de Clerk Maxwell (p. 105) doué d'une acuité de vision prodigieuse en sorte qu'il puisse suivre à d'énormes distances les événements qui se passent sur terre. Supposons-le s'éloignant de la terre à une vitesse supérieure à celle de la lumière. Évidemment pour lui, tout le processus naturel et toute l'histoire seraient renversés. Ces hommes entreraient dans la vie par la mort, croitraient en jeunesse et quitteraient finalement ce monde par la naissance.

Des types complexes de vie deviendraient plus simples, l'évolution serait renversée et la terre devenant de plus en plus chaude se convertirait finalement en nébuleuse. Bref, par son mouvement vers la terre ou en s'éloignant de la terre, notre démon pourrait parcourir l'histoire en avant ou en arrière ou, en conservant une certaine rapidité — celle de la lumière —, vivre dans un *présent* éternel. Cette conception du mouvement historique et du temps, en tant que question de mouvement relatif m'a été suggérée par le D<sup>r</sup> L.-N.-G. Filon; elle offre je pense un grand intérêt du point de vue de la pure relativité de tous les phénomènes.

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

NOTE DU TRADUCTEUR. . . . .	I
PRÉFACE DE LA TROISIÈME ÉDITION. . . . .	IX
PRÉFACE DE LA SECONDE ÉDITION. . . . .	XIII
PRÉFACE DE LA PREMIÈRE ÉDITION . . . . .	XVII

### CHAPITRE PREMIER

#### INTRODUCTION

1. Les besoins de l'heure présente . . . . .	1
2. La science et le civisme. . . . .	7
3. La première prétention de la science. . . . .	10
4. L'essentiel de la véritable science. . . . .	12
5. L'objet de la science. . . . .	15
6. Science et métaphysique. . . . .	18
7. L'ignorance de la science. . . . .	24
8. Le vaste champ de la science. . . . .	31
9. La seconde prétention de la science. . . . .	32
10. La troisième prétention de la science . . . . .	36
11. La science et l'imagination . . . . .	38
12. Exemple de la méthode de la science. . . . .	40
13. La science et le jugement esthétique. . . . .	44
14. La quatrième prétention de la science. . . . .	46
Sommaire. . . . .	47
Bibliographie. . . . .	48

### CHAPITRE II

#### LES FAITS DE LA SCIENCE

1. La réalité des choses. . . . .	49
2. Impressions sensibles et conscience . . . . .	52
3. Le cerveau poste central téléphonique. . . . .	55
4. La nature de la pensée . . . . .	58
5. La conscience d'autrui considérée comme « eject » . . . . .	61
6. Attitude de la science à l'égard des « ejects » . . . . .	64
7. Valeur scientifique d'un concept. . . . .	67

8. Valeur scientifique d'une inférence . . . . .	70
9. Les limites de la conscience d'autrui . . . . .	72
10. Les canons de l'inférence légitime. . . . .	74
11. L'univers extérieur . . . . .	77
12. Le dehors et le dedans du moi. . . . .	81
13. La sensation, source première des matériaux de la connaissance. . . . .	84
14. Ombre et réalité. . . . .	87
15. Individualité . . . . .	90
16. Futilité de la chose en soi. . . . .	91
17. Le terme connaissance n'a pas de sens quand on l'applique aux choses qui ne peuvent être pensées. . . . .	93
Sommaire. . . . .	93
Bibliographie. . . . .	96

### CHAPITRE III

#### LA LOI SCIENTIFIQUE

1. Résumé et remarques préliminaires . . . . .	97
2. Le mot loi et ses diverses significations . . . . .	99
3. La loi naturelle relative à l'homme . . . . .	104
4. L'homme, considéré comme facteur de la loi naturelle. . . . .	108
5. Le double sens de l'expression « loi naturelle » . . . . .	110
6. Confusion entre les deux sens des mots loi naturelle . . . . .	111
7. La raison derrière la nature. . . . .	114
8. Rapport entre les notions de loi civile et de loi naturelle. . . . .	117
9. Suprasensible physique et suprasensible métaphysique . . . . .	120
10. Progrès réalisés dans l'énoncé de la loi naturelle. . . . .	122
11. L'universalité de la loi scientifique. . . . .	127
12. La routine des perceptions est peut-être un produit de la faculté perceptive. . . . .	129
13. L'esprit considéré comme crible. . . . .	135
14. Science, théologie naturelle et métaphysique . . . . .	136
15. Conclusion . . . . .	138
Sommaire. . . . .	142
Bibliographie. . . . .	143

### CHAPITRE IV

#### CAUSE ET EFFET. — PROBABILITÉ

1. Le Mécanisme . . . . .	144
2. La force comme cause . . . . .	148
3. La volonté comme cause. . . . .	151
4. Les causes secondaires n'impliquent nulle contrainte . . . . .	153
5. La volonté est-elle une cause première ? . . . . .	156
6. La volonté cause secondaire . . . . .	158
7. Les causes premières n'existent pas pour la science. . . . .	162
8. Cause et effet constituent la routine d'expérience . . . . .	164
9. Étendue de l'acception du mot cause . . . . .	167
10. L'univers des impressions sensibles considéré comme univers de mouvements. . . . .	169
11. La nécessité réside dans le monde des conceptions, non dans celui des perceptions . . . . .	172

12. La routine des perceptions est une condition nécessaire de la connaissance . . . . .	174
13. Probable et prouvable. . . . .	178
14. La probabilité d'interruptions de la routine des perceptions . . . . .	182
15. La base de la théorie de Laplace est dans notre expérience relativement à l'ignorance . . . . .	183
16. Nature des recherches de Laplace. . . . .	188
17. Permanence de la routine dans l'avenir. . . . .	190
Sommaire. . . . .	
Bibliographie. . . . .	

## CHAPITRE V

CONTINGENCE ET CORRÉLATION  
INSUFFISANCE DE L'IDÉE DE CAUSATION

1. La routine des perceptions est relative plutôt qu'absolue. . . . .	194
2. Les éléments ultimes de l'univers inorganique, aussi bien que ceux de l'univers organique sont peut-être des êtres individuels dissemblables. . . . .	197
3. Substitution de la catégorie d'association à celle de causation. . . . .	200
4. Mesure symbolique de l'intensité d'association ou de contingence. . . . .	204
5. La causalité et la contingence de l'univers. . . . .	211
6. Classification de A et de B par la mesure. Fonction mathématique. . . . .	213
7. De la multiplicité des causes. . . . .	218
8. L'univers comme ensemble complexe de phénomènes contingents, non liés par des causes. . . . .	221
9. Mesure de la corrélation, sa relation avec la contingence. . . . .	222
Sommaire. . . . .	226
Bibliographie. . . . .	227

## CHAPITRE VI

## L'ESPACE ET LE TEMPS

1. L'espace comme mode de perception. . . . .	228
2. La grandeur infinie de l'espace . . . . .	235
3. La divisibilité infinie de l'espace. . . . .	238
4. L'espace de la mémoire et de la pensée. . . . .	241
5. Conceptions et perceptions . . . . .	244
6. Uniformité et continuité. . . . .	248
7. L'espace conceptuel. Limites géométriques. . . . .	251
8. Les surfaces énsidérées comme limites . . . . .	254
9. Discontinuité conceptuelle des corps. L'atome. . . . .	257
10. Continuité conceptuelle. L'éther. . . . .	262
11. Du caractère général des concepts scientifiques . . . . .	263
12. Le temps comme mode de perception . . . . .	266
13. Le temps conceptuel et sa mesure. . . . .	272
14. Observations finales sur l'espace et le temps. . . . .	277
Sommaire . . . . .	279
Bibliographie. . . . .	280

CHAPITRE VII  
LA GÉOMÉTRIE DU MOUVEMENT

1. Le mouvement en tant que mode mixte de perception. . . . .	281
2. Analyse conceptuelle d'un cas de mouvement perceptible. Mouvement d'un point . . . . .	283
3. Les corps rigides, idéaux géométriques. . . . .	287
4. Changement d'aspect ou rotation . . . . .	290
5. Déformation, élasticité. . . . .	292
6. Facteurs du mouvement conceptuel. . . . .	296
7. Mouvement d'un point. Caractère relatif de la position et du mouvement. . . . .	299
8. Position. Carte de la trajectoire. . . . .	302
9. L'horaire graphique. . . . .	305
10. Inclinaison et pente. . . . .	309
11. La rapidité considérée comme une pente. Vitesse . . . . .	312
12. Diagramme des vitesses ou hodographe. Accélération . . . . .	315
13. L'accélération considérée comme expansion et comme dévia- tion . . . . .	318
14. Courbure. . . . .	321
15. Relation entre la courbure et l'accélération normale . . . . .	326
16. Proportions fondamentales de la géométrie du mouvement. . . . .	329
17. La relativité du mouvement. Sa synthèse à l'aide de compo- santes . . . . .	332
Sommaire et bibliographie . . . . .	337

CHAPITRE VIII

MATIÈRE

1. « Toutes les choses se meuvent » — mais seulement en concep- tion. . . . .	339
2. Les trois problèmes. . . . .	342
3. Comment les physiciens définissent la matière. . . . .	345
4. La matière occupe-t-elle l'espace. . . . .	350
5. La matière impénétrable et dure du « sens commun » . . . . .	355
6. Individualité n'implique pas uniformité du substratum. . . . .	358
7. La dureté n'est pas une caractéristique de la matière . . . . .	363
8. La matière considérée comme « non matière » en mouvement, L'éther « fluide parfait » et gelée parfaite ». . . . .	365
9. L'atome anneau-tourbillon et l'atome jet d'éther. . . . .	369
10. L'atome anneau-tourbillon et l'atome jet d'éther. . . . .	373
11. Une échancrure matérielle dans le suprasensible . . . . .	376
12. Les difficultés d'un éther perceptible . . . . .	380
13. Pourquoi les corps se meuvent-ils ? . . . . .	382
Sommaire. . . . .	387
Bibliographie. . . . .	388

CHAPITRE IX

LES LOIS DU MOUVEMENT

1. Les corpuscules et leur structure . . . . .	389
2. Les limites du mécanisme . . . . .	394
3. La première loi du mouvement . . . . .	397

4. La seconde loi du mouvement ou le principe d'inertie. . . .	399
5. La troisième loi du mouvement. L'accélération mutuelle est déterminée par la position relative . . . . .	404
6. La vitesse est un abrégé de l'histoire passée. Mécanisme et matérialisme . . . . .	411
7. La quatrième loi du mouvement . . . . .	416
8. Le concept scientifique de masse. — Définition de la force. . . . .	419
9. La cinquième loi du mouvement . . . . .	421
10. L'égalité des masses vérifiées par la pesée . . . . .	425
11. Jusqu'ou à quel point s'étend le mécanisme des quatrième et cinquième lois du mouvement. . . . .	429
12. La densité, base de l'échelle cinétique. . . . .	432
13. L'influence de l'aspect sur la danse corpusculaire . . . . .	437
14. L'hypothèse de l'action modifiée et la synthèse du mouvement. . . . .	439
15. Critique des lois newtoniennes du mouvement. . . . .	443
Sommaire . . . . .	450
Bibliographie. . . . .	451

## CHAPITRE X

## IDÉES MODERNES SUR LA PHYSIQUE

1. La crise présente de la science physique et ses origines . . . .	452
2. L'origine de la théorie atomique de l'électricité . . . . .	456
3. Sur la constitution électromagnétique de l'atome. . . . .	460
4. Masse électromagnétique . . . . .	464
5. Un éther mécanique est irrationnel . . . . .	468
6. Sur les définitions courantes de charge électrique et d'intensité en un point. . . . .	471
7. La possibilité d'une définition logique des quantités fondamentales de la théorie des électrons. . . . .	473
8. Sur la distribution fluidique ou spatiale de l'électricité . . . .	476
9. Du mouvement, relativement à l'éther, d'après l'expérience . . . .	479
10. Théorie de la relativité . . . . .	482
11. L'inertie électromagnétique, suivant la théorie de la relativité. . . .	487
12. La valeur présente de la dynamique newtonienne. . . . .	489
Sommaire. . . . .	491
Littérature . . . . .	492

## APPENDICE

NOTE I. Sur le principe d'inertie et la rotation absolue. . . . .	495
NOTE II. Sur la troisième loi newtonienne du mouvement. . . . .	498
NOTE III. La tondeuse de William of Occam . . . . .	500
NOTE IV. Les idées de A.-R. Wallace sur la matière. . . . .	501
NOTE V. Sur la réversibilité des processus naturels . . . . .	502

---

ÉVREUX, IMPRIMERIE CH. HÉRISSEY, PAUL HÉRISSEY, SUCC<sup>r</sup>

---

PHILOSOPHIE — HISTOIRE

CATALOGUE

DES

Livres de Fonds

Pages.	Pages.
BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE.	RECUEIL DES INSTRUCTIONS DIPLOMATIQUES . . . . . 23
Format in-16. . . . . 2	INVENTAIRE ANALYTIQUE DES ARCHIVES DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES. . . . . 23
Format in-8. . . . . 6	REVUE PHILOSOPHIQUE. . . . . 24
Travaux de l'année sociologique publiés sous la direction de M. E. DURKHEIM . . . . . 12	REVUE DU MOIS . . . . . 24
COLLECTION HISTORIQUE DES GRANDS PHILOSOPHES . . . . . 13	JOURNAL DE PSYCHOLOGIE. . . . . 24
Philosophie ancienne. . . . . 13	REVUE HISTORIQUE. . . . . 24
Philosophies médiévale et moderne. . . . . 13	REVUE DES ÉTUDES NAPOLÉONIENNES. 24
Philosophie anglaise. . . . . 14	REVUE DES SCIENCES POLITIQUES. . 24
Philosophie allemande. . . . . 14	JOURNAL DES ÉCONOMISTES. . . . . 25
LES GRANDS PHILOSOPHES. . . . . 15	ATHENA. . . . . 25
LES MAÎTRES DE LA MUSIQUE. . . . . 15	BULLETIN DE LA STATISTIQUE GÉNÉRALE DE LA FRANCE . . . . . 25
BIBLIOTHÈQUE GÉNÉRALE DES SCIENCES SOCIALES. . . . . 16	REVUE ANTHROPOLOGIQUE. . . . . 25
PUBLICATIONS HISTORIQUES ILLUSTRÉES. . . . . 17	SCIENTIA. . . . . 25
MINISTRES ET HOMMES D'ÉTAT. . . . . 17	REVUE ÉCONOMIQUE INTERNATIONALE. 25
BIBLIOTHÈQUE DE PHILOGIE ET DE LITTÉRATURE MODERNES. . . . . 17	SOCIÉTÉ POUR L'ÉTUDE PSYCHOLOGIQUE DE L'ENFANT. . . . . 25
BIBLIOTHÈQUE D'HISTOIRE CONTEMPORAINE. . . . . 18	LES DOCUMENTS DU PROGRÈS. . . . . 25
BIBLIOTHÈQUE DE LA FACULTÉ DES LETTRES DE PARIS. . . . . 22	BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE. . . . . 26
	NOUVELLE COLLECTION SCIENTIFIQUE. 28
	BIBLIOTHÈQUE UTILE. . . . . 29
	RÉCENTES PUBLICATIONS NE SE TROUVANT PAS DANS LES COLLECTIONS PRÉCÉDENTES. . . . . 30
	TABLE DES AUTEURS ÉTUDIÉS. . . . . 35
	TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS. 35

Ouvrages parus en 1910 et 1911 : Voir pages 2, 6, 18, 26, 28, 29 et 30.

*On peut se procurer tous les ouvrages qui se trouvent dans ce Catalogue par l'intermédiaire des libraires de France et de l'Étranger.*

*On peut également les recevoir franco par la poste, sans augmentation des prix désignés, en joignant à la demande des TIMBRES-POSTE FRANÇAIS ou un MANDAT sur Paris.*

408, BOULEVARD SAINT-GERMAIN 408

PARIS, 6°

Les titres précédés d'un astérisque (\*) sont recommandés par le Ministère de l'Instruction publique pour les Bibliothèques des élèves et des professeurs et pour les distributions de prix des lycées et collèges.

## BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

La psychologie, avec ses auxiliaires indispensables, l'anatomie et la physiologie du système nerveux, la pathologie mentale, la psychologie des races inférieures et des animaux, les recherches expérimentales des laboratoires; — la logique; — les théories générales fondées sur les découvertes scientifiques; — l'esthétique; — les hypothèses métaphysiques; — la criminologie et la sociologie; l'histoire des principales théories philosophiques; tels sont les principaux sujets traités dans cette bibliothèque. — Le catalogue spécial à cette collection, par ordre de matières, sera envoyé sur demande.

### VOLUMES IN-16, BROCHÉS, A 2 FR. 50

Ouvrages parus en 1910 et 1911 :

- BALDWIN (J.-M.), correspondant de l'Institut. \* *Le Darwinisme dans les sciences morales.* Traduit par G.-L. DUPRAT, docteur ès lettres. 1910.
- BOHN (G.), directeur du laboratoire de biologie et psychologie comparée à l'École des Hautes-Études. *La Nouvelle Psychologie animale (Couronné par l'Institut.)* 1911.
- DUGAS (L.), docteur ès lettres et MOUTIER (D<sup>r</sup> F.). *La Dépersonnalisation.* 1911.
- DUNAN (Ch.), professeur au collège Rollin. *Les Deux Idéalismes.* 1910
- EMERSON. Essais choisis. Traduits par H<sup>o</sup> MIRABAUD-THORENS. Préface de H. LICHTENBERGER, professeur adjoint à la Sorbonne. 1912.
- EUCKEN (R.), professeur à l'Université d'Iéna. *Le Sens et la valeur de la vie.* Traduit par M.-A. HULLET et A. LEICHT. Avant-propos de M.-H. BERGSON, de l'Institut. 1912.
- JOUSSAIN (A.). *Romantisme et religion.* 1910. (*Récompensé par l'Institut.*)
- KOSTYLEFF (N.). \* *La Crise de la psychologie expérimentale.* 1910.
- LAHY (J.-M.), chef des travaux à l'École pratique des Hautes-Études. *La Morale de Jésus. Sa part d'influence dans la morale actuelle.* 1911.
- LE DANTEC (F.), chargé du Cours de biologie générale à la Sorbonne. *Le Chaos et l'harmonie universelle.* 1911.
- LICHTENBERGER (E.), professeur honoraire à la Sorbonne. *Le Faust de Goethe. Essai de critique impersonnelle.* 1911.
- MENDOUSSE (P.), docteur ès lettres, professeur au lycée de Digne. \* *Du Dressage à l'Éducation.* 1910
- OSTWALD (W.), professeur à l'Université de Leipzig. *Esquisse d'une philosophie des sciences.* Traduit par M. DOROLLE, agrégé de philosophie. 1911.
- PARISOT (E.) et MARTIN (E.), professeurs de philosophie. *Les Postulats de la Pédagogie.* Préface de G. COMPARÉ, de l'Institut (*Récompensé par l'Institut.*) 1911.
- PAULHAN (Fr.), Corresp. de l'Institut. \* *La Logique de la contradiction.* 1910.
- PÉLADAN. *La Philosophie de Léonard de Vinci.* 1910.
- PHILIPPE (D<sup>r</sup> J.) et PAUL-BONCOUR (D<sup>r</sup> G.). \* *L'Éducation des anormaux.* 1910.
- QUEYRAT (Fr.). \* *La Curiosité. Étude de psychologie appliquée.* 1910.
- ROGUES DE FURSAC (J.). *L'Avare. Essai de psychologie morbide.* 1911.
- SCHOPENHAUER. \* *Philosophie et science de la nature.* 1911. (*Parerga et Paralipomena.*)
- SEGOND (J.), docteur ès lettres. \* *Cournot et la psychologie vitaliste.* 1910.
- SELLIÈRE (E.). *Introduction à la philosophie de l'impérialisme.* 1910.
- SIMIAND (F.), agrégé de philosophie, docteur en droit. *La Méthode positive en science économique.* 1912.
- SOLLIER (P.). *Morale et moralité. Essai sur l'intuition morale.* 1912.
- WINTER (M.). \* *La Méthode dans la philosophie des mathématiques.* 1911.

### Précédemment publiés :

- ALAUZ (V.). *La Philosophie de Victor Cousin.*
- ALLIER (R.). \* *La Philosophie d'Ernest Renan.* 2<sup>e</sup> édit. 1903.
- ARRÉAT (L.). \* *La Morale dans le drame, l'épopée et le roman.* 3<sup>e</sup> édit.  
— \* *Mémoire et imagination (Peintres, musiciens, poètes, orateurs).* 2<sup>e</sup> édit.  
— *Les Croyances de demain.* 1898.  
— *Dix Ans de philosophie.* 1900.  
— *Le Sentiment religieux en France.* 1903.  
— *Art et psychologie individuelle.* 1906.
- ASLAN (G.), docteur ès lettres. *L'Expérience et l'invention en morale.* 1908.
- AVEBURY (Lord) (Sir JOHN LUBBOCK). *Paix et bonheur.* Trad. A. MONOD. (V. p. 4.)
- BAJARD (LILLIAD) Université Lille de médecine de Paris. *Le Langage intérieur et les diverses formes de l'aphasie.* 2<sup>e</sup> édit.

## VOLUMES IN-16 A 2 FR. 50

- BAYET (A.). *La Morale scientifique*. 2<sup>e</sup> édit. 1906.
- BEAUSSIRE, de l'Institut. \* *Antécédents de l'hégélianisme dans la philosophie française*.
- BERGSON (H.), de l'Institut, professeur au Collège de France. \* *Le Rire*. Essai sur la signification du comique. 7<sup>e</sup> édit. 1911.
- BINET (A.), directeur du laboratoire de psychologie physiologique de la Sorbonne. *La Psychologie du raisonnement, expériences par l'hypnotisme*. 5<sup>e</sup> édit. 1911.
- BLONDEL (H.). *Les Approximations de la vérité*. 1900.
- BOS (C.), docteur en philosophie. \* *Psychologie de la croyance*. 2<sup>e</sup> édit. 1905.  
— \* *Pessimisme, Féminisme, Moralisme*. 1907.
- BOUCHER (M.). *L'Hyperespace, le temps, la matière et l'énergie*. 2<sup>e</sup> édit. 1905.
- BOUGLE (C.), chargé de cours à la Sorbonne. *Les Sciences sociales en Allemagne*. 2<sup>e</sup> édit. 1902.  
— \* *Qu'est-ce que la Sociologie?* 2<sup>e</sup> édit. 1910.
- BOURDEAU (J.). *Les Maîtres de la pensée contemporaine*. 6<sup>e</sup> édit. 1910.  
— *Socialistes et sociologues*. 2<sup>e</sup> édit. 1907.  
— *Pragmatisme et modernisme*. 1909.
- BOUTROUX, de l'Institut. \* *De la Contingence des lois de la nature*. 6<sup>e</sup> édit. 1908.
- BRUNSCHVICG, maître de conférences à la Sorbonne. \* *Introduction à la vie de l'esprit*. 2<sup>e</sup> édit. 1906.  
— \* *L'idéalisme contemporain*. 1905.
- COIGNET (C.). *L'Évolution du protestantisme français au XIX<sup>e</sup> siècle*. 1907
- COMPAYRÉ (G.), de l'Institut. \* *L'Adolescence. Étude de psychologie et de pédagogie*. 2<sup>e</sup> éd. COSTE (Ad.). *Dieu et l'âme*. 2<sup>e</sup> édit. précédée d'une préface par R. WORMS. 1903.
- CRAMAUSSEL (Ed.), docteur ès lettres. \* *Le premier Éveil intellectuel de l'enfant*. 1909. 2<sup>e</sup> éd.
- CRESSON (A.), prof. au lycée St-Louis. *La Morale de Kant*. 2<sup>e</sup> édit. (*Couronné par l'Institut*).  
— *Le Malaise de la pensée philosophique*. 1905.  
— \* *Les Bases de la philosophie naturaliste*. 1907.
- DANVILLE (Gaston). *Psychologie de l'amour*. 5<sup>e</sup> édit. 1910.
- DAURIAC (L.). *La Psychologie dans l'Opéra français (Auber, Rossini, Meyerbeer)*.
- DELVOLVE (J.), maître de conférences à l'Univ. de Montpellier. \* *L'Organisation de la conscience morale. Esquisse d'un art moral positif*. 1906.  
— \* *Rationalisme et tradition*. 1909.
- DROMARD (G.). *Les Mensonges de la Vie intérieure*. 1909.
- DUGAS, docteur ès lettres. \* *Le Psittacisme et la pensée symbolique*. 1896.  
— *La Timidité*. 5<sup>e</sup> édit. augmentée, 1910.  
— *Psychologie du rire*. 2<sup>e</sup> édit. 1910.  
— *L'Absolu*. 1904.
- DUGUIT (L.), prof. à la Faculté de droit de Bordeaux. *Le Droit social, le droit individuel et la transformation de l'État*. 2<sup>e</sup> édition, 1911.
- DUMAS (G.), professeur adjoint à la Sorbonne. \* *Le Sourire*, avec 19 figures. 1906.
- DUNAN, docteur ès lettres. *La Théorie psychologique de l'Espace*.
- DUPRAT (G.-L.), docteur ès lettres. *Les Causes sociales de la Folie*. 1900.  
— *Le Mensonge. Étude psychologique*. 2<sup>e</sup> édit. revue. 1909.
- DURAND (de Gros). \* *Questions de philosophie morale et sociale*. 1902.
- DURKHEIM (Émile), professeur à la Sorbonne. \* *Les Règles de la méthode sociologique*. 6<sup>e</sup> édit. 1912.
- EICHTHAL (E. D'), de l'Institut. *Pages sociales*. 1909.
- ENCAUSSE (Papus). *L'Occultisme et le spiritualisme*. 3<sup>e</sup> édit. 1911.
- ESPINAS (A.), de l'Institut. \* *La Philosophie expérimentale en Italie*.
- FAIVRE (E.). *De la Variabilité des espèces*.
- FÉRÉ (D<sup>r</sup> Ch.). *Sensation et Mouvement. Étude de psycho-mécanique, avec fig.* 2<sup>e</sup> éd.  
— *Dégénérescence et Criminalité, avec figures*. 4<sup>e</sup> édit. 1907.
- FERRI (E.). \* *Les Criminels dans l'Art et la Littérature*. 3<sup>e</sup> édit. 1908.
- FIERENS-GEVAERT. *Essai sur l'Art contemporain*. 2<sup>e</sup> éd. 1903. (*Cour. par l'Acad. franç.*)  
— *La Tristesse contemporaine*, 5<sup>e</sup> édit. 1908. (*Couronné par l'Institut.*)  
— \* *Psychologie d'une ville. Essai sur Bruges*. 3<sup>e</sup> édit. 1908.  
— *Nouveaux Essais sur l'Art contemporain*. 1903.
- FLEURY (Maurice de), de l'Académie de médecine. *L'Âme du criminel*. 2<sup>e</sup> édit. 1907.
- FONSEGRIVE, professeur au lycée Buffon. *La Causalité efficiente*. 1893.
- FOUILLEÉ (A.), de l'Institut. *La propriété sociale et la démocratie*. 4<sup>e</sup> édit. 1909.
- FOURNIÈRE (E.). *Essai sur l'individualisme*. 2<sup>e</sup> édit. 1908.
- GAUCKLER. *Le Beau et son histoire*.
- GELEY (D<sup>r</sup> G.). \* *L'être subconscient*. 3<sup>e</sup> édit. 1911.
- GIROD (J.), agrégé de philosophie. \* *Démocratie, patrie, humanité*. 1909.
- GOBLOT (E.), professeur à l'Université de Lyon. *Justice et liberté*. 2<sup>e</sup> éd. 1907.
- GODFERNAUX (G.), docteur ès lettres. *Le Sentiment et la Pensée*. 2<sup>e</sup> éd. 1906.
- GRASSET (J.), professeur à la Faculté de Médecine de Montpellier. *Les Limites de la biologie*. 6<sup>e</sup> édit. 1909. Préface de Paul Bourget, de l'Académie française.
- GREF (de) de l'Institut. *Les Lois sociologiques*. 4<sup>e</sup> édit. revue. 1908.
- GUYAU. \* *La Genèse de l'idée de temps*. 2<sup>e</sup> édit. 1902.

VOLUMES IN-16 A 2 FR. 50

- HARTMANN (E. de). **La Religion de l'avenir.** 7<sup>e</sup> édit. 1908.  
 — **Le Darwinisme**, ce qu'il y a de vrai et de faux dans cette doctrine. 9<sup>e</sup> édit.  
 HERBERT SPENCER. \* **Classification des sciences.** 9<sup>e</sup> édit. 1909.  
 — **L'individu contre l'État.** 8<sup>e</sup> édit. 1908.  
 HERCKENRATH (C.-R.-C.). **Problèmes d'Esthétique et de Morale.** 1897.  
 JAELL (M<sup>me</sup>). **L'Intelligence et le rythme dans les mouvements artistiques.**  
 JAMES (W.). **La Théorie de l'émotion**, préface de G. DUMAS. 3<sup>e</sup> édit. 1910.  
 JANET (Paul), de l'Institut. \* **La Philosophie de Lamennais.**  
 JANKELEVITCH (Dr). \* **Nature et Société. Essai d'une application du point de vue finaliste aux phénomènes sociaux.** 1906.  
 JOUSSAIN (A.). **Le Fondement psychologique de la morale.** 1909.  
 LACHELIER (J.), de l'Institut. **Du fondement de l'induction.** 6<sup>e</sup> édit. 1911.  
 — \* **Études sur le syllogisme**, suivies de l'observation de Platner et d'une note sur le « Philèbe ». 1907.  
 LAISANT (C.). **L'Éducation fondée sur la science.** Préface de A. NAQUET. 3<sup>e</sup> éd. 1911.  
 LAMPÉRIÈRE (M<sup>me</sup> A.). \* **Le Rôle social de la femme**, son éducation. 1898.  
 LANDRY (A.), docteur ès lettres. **La Responsabilité pénale.** 1902.  
 LANGE, professeur à l'Université de Copenhague. \* **Les Émotions**, étude psycho-physiologique, traduit par G. Dumas. 4<sup>e</sup> édit. 1911.  
 LAPIE (P.), recteur de l'Académie de Toulouse. **La Justice par l'État.** 1899.  
 LAUGEL (Auguste). **L'Optique et les Arts.**  
 LE BON (Dr Gustave). \* **Lois psychologiques de l'évolution des peuples.** 10<sup>e</sup> édit. 1911.  
 — \* **Psychologie des foules.** 16<sup>e</sup> édit. 1911.  
 LE DANTEC (F.), chargé du cours de biologie générale à la Sorbonne. **Le Déterminisme biologique et la Personnalité consciente.** 3<sup>e</sup> édit. 1908.  
 — \* **L'Individualité et l'Erreur individualiste.** 3<sup>e</sup> édit. 1911.  
 — \* **Lamarckiens et Darwiniens.** 3<sup>e</sup> édit. 1908.  
 LEFÈVRE (G.), professeur à l'Univ. de Lille. **Obligation morale et idéalisme.** 1895.  
 LIARD, de l'Inst., vice-recteur de l'Acad. de Paris. \* **Les Logiciens anglais contemp.** 5<sup>e</sup> éd.  
 — **Des Définitions géométriques et des définitions empiriques.** 3<sup>e</sup> édit.  
 LICHTENBERGER (Henri), professeur-adjoint à la Sorbonne. \* **La Philosophie de Nietzsche.** 12<sup>e</sup> édit. 1911.  
 — \* **Friedrich Nietzsche. Aphorismes et fragments choisis.** 5<sup>e</sup> édit. 1911.  
 LODGE (Sir Olivier). \* **La Vie et la Matière.** Trad. J. MAXWELL. 2<sup>e</sup> édit. 1909.  
 LUBBOCK (Sir John). \* **Le Bonheur de vivre.** 2 volumes. 11<sup>e</sup> édit. 1909.  
 — \* **L'Emploi de la vie.** 8<sup>e</sup> éd. 1911.  
 LYON (Georges), recteur de l'Académie de Lille. \* **La Philosophie de Hobbes.**  
 MARGUERY (E.). **L'Œuvre d'art et l'évolution.** 2<sup>e</sup> édit. 1905.  
 MAUXION (M.), prof. à l'Univ. de Poitiers. \* **L'Éducation par l'instruction.** *Herbart.*  
 — \* **Essai sur les éléments et l'évolution de la moralité.** 1904.  
 MILHAUD (G.), professeur à la Sorbonne. \* **Le Rationnel.** 1898.  
 — \* **Essai sur les conditions et les limites de la Certitude logique.** 3<sup>e</sup> édit. 1912.  
 MOSSO, prof. à l'Univ. de Turin. \* **La Peur.** Étude psycho-physiologique (avec figures). 4<sup>e</sup> édit. revue. 1908.  
 — \* **La Fatigue intellectuelle et physique.** Trad. Langlois. 6<sup>e</sup> édit. 1908.  
 MURISIER (E.). \* **Les Maladies du sentiment religieux.** 3<sup>e</sup> édit. 1909.  
 NAVILLE (A.), prof. à l'Univ. de Genève. **Nouvelle Classification des sciences.** 2<sup>e</sup> édit. 1901.  
 NORDAU (Max). **Paradoxes psychologiques**, Trad. Dietrich. 7<sup>e</sup> édit. 1911.  
 — **Paradoxes sociologiques.** Trad. Dietrich. 6<sup>e</sup> édit. 1910.  
 — \* **Psycho-physiologie du Génie et du Talent**, trad. Dietrich. 5<sup>e</sup> édit. 1911.  
 NOVICOW (J.). **L'Avenir de la Race blanche.** 2<sup>e</sup> édit. 1903.  
 OSSIP-LOURIÉ, docteur ès lettres, professeur à l'Université nouvelle de Bruxelles. **Pensées de Tolstoï.** 3<sup>e</sup> édit. 1910.  
 — \* **Nouvelles Pensées de Tolstoï.** 1903.  
 — \* **La Philosophie de Tolstoï.** 3<sup>e</sup> édit. 1908.  
 — \* **La Philosophie sociale dans le théâtre d'Ibsen.** 2<sup>e</sup> édit. 1910.  
 — **Le Bonheur et l'Intelligence.** 1904.  
 — **Croyance religieuse et croyance intellectuelle.** 1908.  
 PALANTE (G.), agrégé de philosophie. **Précis de sociologie.** 4<sup>e</sup> édit. 1909.  
 — \* **La Sensibilité individualiste.** 1909.  
 PARODI (D.), professeur au lycée Michelet. **Le Problème moral et la pensée contemporaine.** 1909.  
 PAULHAN (Fr.), correspondant de l'Institut. **Les Phénomènes affectifs et les lois de leur apparition.** 2<sup>e</sup> éd. 1901.  
 — \* **Psychologie de l'invention.** 2<sup>e</sup> édit. 1911.  
 — \* **Analystes et esprits synthétiques.** 1903.  
 — \* **La Fonction de la mémoire et le souvenir affectif.** 1904.  
 — **La Morale de l'ironie.** 1909.  
 PHILIPPE (J.). \* **L'Image mentale.** 2<sup>e</sup> éd. 1903.

## VOLUMES IN-16 A 2 FR. 50

- PHILIPPE (Dr J.) et PAUL-BONCOUR (Dr G.). *Les Anomalies mentales chez les écoliers.* (*Ouvrage couronné par l'Institut.*) 2<sup>e</sup> éd. 1907.
- PILLON (F.), lauréat de l'Institut. \* *La Philosophie de Ch. Secrétan.* 1898.
- PIOGER (Dr Julien). *Le Monde physique*, essai de conception expérimentale. 1893.
- PROAL (Louis), conseiller à la Cour d'appel de Paris. *L'Éducation et le suicide des enfants.* Étude psychologique et sociologique. 1907.
- QUEYRAT, prof. de l'Univ. \* *L'Imagination et ses variétés chez l'enfant.* 4<sup>e</sup> édition, 1908.  
 — \* *L'Abstraction, son rôle dans l'éducation intellectuelle.* 2<sup>e</sup> éd. revue. 1907.  
 — \* *Les Caractères et l'éducation morale.* 4<sup>e</sup> éd. 1911.  
 — \* *La Logique chez l'enfant et sa culture.* 4<sup>e</sup> édition, revue. 1911.  
 — \* *Les Jeux des enfants.* 3<sup>e</sup> éd. 1911.  
 (*Les six volumes ci-dessus ont été récompensés par l'Institut.*)
- RAGEOT (G.), agrégé de philosophie. *Les Savants et la philosophie.* 1907.
- REGNAUD (P.), professeur à l'Université de Lyon. *Logique évolutionniste.* 1897.  
 — *Comment naissent les mythes.* 1897.
- RENARD (Georges), prof. au Collège de France. *Le Régime socialiste.* 6<sup>e</sup> éd. 1907.
- RÉVILLE (A.). *Histoire du Dogme de la Divinité de Jésus-Christ.* 4<sup>e</sup> éd. 1907.
- REY (A.), chargé de cours à l'Université de Dijon. \* *L'Energétique et le Mécanisme.* 1907.
- RIBOT (Th.), de l'Institut, professeur honoraire au Collège de France, directeur de la *Revue philosophique.* *La Philosophie de Schopenhauer.* 12<sup>e</sup> édition.  
 — \* *Les Maladies de la mémoire.* 22<sup>e</sup> éd. 1911.  
 — \* *Les Maladies de la volonté.* 26<sup>e</sup> éd. 1910.  
 — \* *Les Maladies de la personnalité.* 15<sup>e</sup> éd. 1911.  
 — \* *La Psychologie de l'attention.* 11<sup>e</sup> éd. 1910.  
 — *Problèmes de psychologie affective.* 1909.
- RICHARD (G.), professeur à l'Univ. de Bordeaux. \* *Socialisme et Science sociale.* 3<sup>e</sup> éd. 1910.
- RICHET (Ch.), prof. à l'Univ. de Paris. *Essai de psychologie générale.* 8<sup>e</sup> éd. 1910.
- ROBERTY (E. de). *L'Agnosticisme.* Essai sur quelques théories pessimistes de la connaissance. 3<sup>e</sup> éd. 1893.  
 — *La Recherche de l'Unité.* 1893.  
 — *Le Psychisme social.* 1896.  
 — *Les Fondements de l'Éthique.* 1898.  
 — *Constitution de l'Éthique.* 1901.  
 — *Frédéric Nietzsche.* 3<sup>e</sup> éd. 1903.
- ROEHRICH (E.). \* *L'attention spontanée et volontaire.* Son fonctionnement, ses lois, son emploi dans la vie pratique. (*Récompensé par l'Institut.*) 1907.
- ROGUES DE FURSAC (J.). *Un Mouvement mystique contemporain. Le réveil religieux au Pays de Galles (1904-1905).* 1907.
- ROISEL. *De la Substance.*  
 — *L'idée spiritualiste.* 2<sup>e</sup> éd. 1901.
- ROUSSEL-DESPIERRES. *L'Idéal esthétique.* *Philosophie de la Beauté.* 1904.
- RZEWUSKI (S.). *L'Optimisme de Schopenhauer.* 1908.
- SCHOPENHAUER. \* *Le Fondement de la morale.* Trad. par A. Burdeau. 10<sup>e</sup> éd.  
 — \* *Le Libre Arbitre.* Trad. par M. Salomon Reinach, de l'Institut. 11<sup>e</sup> éd. 1909.  
 — *Pensées et Fragments*, avec intr. par M. J. Bourdeau. 25<sup>e</sup> éd. 1911.  
 — \* *Écrivains et Style.* Traduct. Dietrich. 2<sup>e</sup> éd. 1908. (*Parerga et Paralipomena*).  
 — \* *Sur la Religion.* Traduct. Dietrich. 2<sup>e</sup> éd. 1908. id.  
 — \* *Philosophie et Philosophes.* Trad. Dietrich. 1907. id.  
 — \* *Éthique, droit et politique.* 1908. Traduct. Dietrich. id.  
 — *Métaphysique et esthétique.* Traduction Aug. Dietrich. 1909. id.
- SOLLIER (Dr P.). *Les Phénomènes d'autoscopie*, avec fig. 1903.  
 — \* *Essai critique et théorique sur l'Association en psychologie.* 1907.
- SOURIAU (P.), professeur à l'Université de Nancy. \* *La Réverie esthétique.* 1906.
- STUART MILL. \* *Auguste Comte et la Philosophie positive.* 8<sup>e</sup> éd. 1907.  
 — \* *L'utilitarisme.* 7<sup>e</sup> éd. 1911.  
 — *Correspondance inédite avec Gust. d'Eichthal (1828-1842) — (1864-1871).*
- SULLY PRUDHOMME, de l'Académie française. \* *Psychologie du libre arbitre suivie de Définitions fondamentales des idées les plus générales et des idées les plus abstraites.* 2<sup>e</sup> éd. — et Ch. RICHET. *Le Problème des causes finales.* 4<sup>e</sup> éd. 1907.
- SWIFT. *L'Éternel Conflit.* 1907.
- TANON (L.). \* *L'Évolution du Droit et la Conscience sociale.* 3<sup>e</sup> éd. revue. 1911.
- TARDE, de l'Institut. *La Criminalité comparée.* 7<sup>e</sup> éd. 1910.  
 — \* *Les Transformations du Droit.* 7<sup>e</sup> éd. 1912.  
 — \* *Les Lois sociales.* 6<sup>e</sup> éd. 1910.
- TAUSSAT (J.). *Le Monisme et l'Animisme.* 1908.
- THAMIN (R.), recteur de l'Acad. de Bordeaux. \* *Éducation et Positivisme.* 3<sup>e</sup> éd. 1910.
- THOMAS (P. Félix), docteur ès lettres. \* *La Suggestion, son rôle dans l'éducation.* 4<sup>e</sup> éd. 1907.  
 — \* *Morale et Éducation.* 3<sup>e</sup> éd. 1911.
- WUNDT. *Hypnotisme et Suggestion.* Étude critique. Trad. Keller. 5<sup>e</sup> éd. 1910.
- ZELLER. *Christian Baur et l'École de Tübingue.* Trad. Ritter.
- ZIEGLER. *La question sociale est-elle une question morale*, trad. Palante. 4<sup>e</sup> éd. 1911.

# BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

VOLUMES IN-8, BROCHÉS

à 3 fr. 75, 5 fr., 7 fr. 50, 10 fr., 12 fr. 50 et 15 fr.

**Ouvrages parus en 1910 et 1911 :**

- BASCH (V.), chargé de cours à la Sorbonne. \* *La Poétique de Schiller. Essai d'esthétique littéraire.* 2<sup>e</sup> édition revue. 1911..... 7 fr. 50
- BERR (H.), directeur de la *Revue synthèse historique*. *La Synthèse en histoire. Essai critique et théorique.* 1911..... 5 fr.
- BERTHELOT (R.), membre de l'Académie de Belgique. *Un Romantisme utilitaire. Étude sur le mouvement pragmatiste. Le pragmatisme chez Nietzsche et chez Poincaré.* 1911..... 7 fr. 50
- BROCHARD (V.), de l'Institut. *Études de philosophie ancienne et de philosophie moderne.* Recueillies et précédées d'une introduction, par V. DELBOS, de l'Institut, professeur à la Sorbonne. 1912..... 10 fr.
- BRUGEILLES (R.), juge suppléant au tribunal civil de Bordeaux. *Le droit et la sociologie.* 1910..... 3 fr. 75
- CELLÉRIER (L.) \* *Esquisse d'une science pédagogique. Les faits et les lois de l'éducation. (Récompensé par l'Institut.)* 1910..... 7 fr. 50
- CROCE (B.). *La Philosophie de la pratique. Économie et esthétique.* Traduit par H. BURROT et le Dr JANKÉLÉVITCH. 1911..... 7 fr. 50
- DARBON (A.), docteur ès lettres. *L'Explication mécanique et le nominalisme.* 1910. 3 fr. 75
- DAVID (Alexandra), professeur à l'Université nouvelle de Bruxelles. *Le Modernisme bouddhiste et le bouddhisme du bouddha.* 1911..... 5 fr.
- DROMARD (G.) \* *Essai sur la sincérité.* 1910..... 5 fr.
- DUBOIS (J.), docteur en philosophie. *Le Problème pédagogique. Essai sur la position du problème et la recherche de ses solutions.* 1910..... 7 fr. 50
- DUGAS (L.), docteur ès lettres. *L'Éducation du caractère.* 1912..... 5 fr.
- DUPRÉ (Dr E.) et NATHAN (Dr M.). *Le langage musical. Étude médico-psychologique.* Préface de CH. MALHERBE, bibliothécaire de l'Opéra. 1911..... 3 fr. 75
- DURKHEIM (E.), professeur à la Sorbonne. *L'Année sociologique. TOME XI (1906-1909).* 1910..... 15 fr.
- EUCKEN (R.), professeur à l'Université d'Iéna. \* *Les grands Courants de la pensée contemporaine.* Trad. H. BURROT et G.-H. LUQUER. Avant-propos de E. Boutroux, de l'Institut. 1910..... 10 fr.
- FOUILLEE (A.), de l'Institut. \* *La Démocratie politique et sociale en France.* 2<sup>e</sup> édition. 1910..... 3 fr. 75  
— \* *La Pensée et les nouvelles écoles anti-intellectualistes.* 2<sup>e</sup> édit. 1911..... 7 fr. 50
- GOURD (J.-J.). *Philosophie de la Religion.* Préface de E. Boutroux, de l'Institut. 1910..... 5 fr.
- HAMELIN (O.), chargé de Cours à la Sorbonne. \* *Le Système de Descartes,* publié par L. ROBIN, chargé de Cours à l'Université de Caen. Préface de E. DURKHEIM, professeur à la Sorbonne. 1910..... 7 fr. 50
- HOFFDING (H.), prof. à l'Univ. de Copenhague. *La Pensée humaine, Ses formes, ses problèmes.* Trad. par J. DE COUSSANGE. Avant-propos de E. Boutroux, de l'Institut. 1911. 7 fr. 50
- JEUDON (L.), professeur au collège de Vannes. *La Morale de l'honneur.* 1911..... 5 fr.
- MÉNARD (A.), docteur ès lettres. *Analyse et critique des principes de la psychologie de W. James.* 1910..... 7 fr. 50
- MENDOUSSE (P.), docteur ès lettres, professeur au lycée de Digne. \* *L'Âme de l'adolescent.* 2<sup>e</sup> édit. 1911..... 5 fr.
- MORTON PRINCE, professeur de pathologie du système nerveux à l'École de médecine de Tufts collège. \* *La Dissociation d'une personnalité. Étude biographique de psychologie pathologie.* Traduit par R. RAY et J. RAY. 1911..... 10 fr.
- NOVICOW (J.). *La Morale et l'intérêt dans les rapports individuels et internationaux* 1912..... 5 fr.
- PILLON (F.), lauréat de l'Institut. *L'Année philosophique. 21<sup>e</sup> année, 1910.*..... 5 fr.
- RAUH (F.), professeur-adjoint à la Sorbonne. *Études de morale,* recueillies et publiées par H. DAUDIN, M. DAVID, G. DAVY, H. FRANCK, R. HERTZ, G. HUBERT, J. LAPORTE, R. LE SENNE, H. WALLON. 1911..... 10 fr.
- RÉMOND (A.), professeur à l'Université de Toulouse et P. VOIVENEL. *Le Génie littéraire.* 1912..... 5 fr.
- ROEHRICH (E.). \* *Philosophie de l'éducation. Essai de pédagogie générale. (Récompensé par l'Institut.)* 1910..... 5 fr.
- SEGOND (J.), docteur ès lettres. \* *La Prière. Essai de psychologie religieuse.* 1910. 7 fr. 50
- TASSY (E.). *Le Travail d'idéation. Hypothèses sur les réactions centrales dans les phénomènes mentaux.* 1911..... 5 fr.
- URTRIS LILLIAD Université Lille 1 *Action criminelle. Étude de philosophie pratique.* 1911..... 5 fr.

## VOLUMES IN-8

## Précédemment publiés :

ADAM, recteur de l'Académie de Nancy. * La Philosophie en France (première moitié du XIX <sup>e</sup> siècle).....	7 fr. 50
ARREAT. * Psychologie du Peintre.....	5 fr.
AUBRY (Dr P.). La Contagion du Meurtre. 3 <sup>e</sup> édit. 1896.....	5 fr.
BAIN (Alex.). La Logique inductive et déductive. Trad. Compayré. 5 <sup>e</sup> édit. 2 vol.....	20 fr.
BALDWIN (Mark), professeur à l'Université de Princeton (États-Unis). Le Développement mental chez l'Enfant et dans la Race. Trad. Nourry. 1897.....	7 fr. 50
BARDOUX (J.). * Essai d'une Psychologie de l'Angleterre contemporaine. Les crises bel- liques. (Couronné par l'Académie française). 1906.....	7 fr. 50
— Essai d'une Psychologie de l'Angleterre contemporaine. Les crises politiques. Protec- tionnisme et Radicalisme. 1907.....	5 fr.
BARTHÉLEMY-SAINT-HILAIRE, de l'Institut. La Philosophie dans ses Rapports avec les Sciences et la Religion.....	5 fr.
BARZELOTTI, prof. à l'Univ. de Rome. * La Philosophie de H. Taine. 1900.....	7 fr. 50
BAYET (A.). L'Idée de Bien. Essai sur le principe de l'art moral rationnel. 1908.....	3 fr. 75
BAZAILLAS (A.), docteur ès lettres, prof. au lycée Condorcet. * La Vie personnelle. 1905. 5 fr. — Musique et inconscience. Introduction à la psychologie de l'inconscient. 1907.....	5 fr.
BELOT (G.), insp. de l'Académie de Paris. Études de Morale positive. (Récompensé par l'Institut.) 1907.....	7 fr. 50
BERGSON (H.), de l'Institut. * Matière et Mémoire. 7 <sup>e</sup> édit. 1911.....	5 fr.
— Essai sur les données immédiates de la conscience. 9 <sup>e</sup> édit. 1911.....	3 fr. 75
— * L'Évolution créatrice. 9 <sup>e</sup> édit. 1912.....	7 fr. 50
BERTHELOT (R.), membre de l'Académie de Belgique. * Évolutionnisme et Platonisme. 1908.....	5 fr.
BERTHARD, prof. à l'Université de Lyon. * L'Enseignement intégral. 1898.....	5 fr.
— Les Études dans la démocratie. 1900.....	5 fr.
BINET (A.). * Les Révélation de l'écriture, avec 67 grav.....	5 fr.
BLOCH (L.), docteur ès lettres, agrégé de philos. * La Philosophie de Newton. 1908.....	10 fr.
BOEX-BOREL (J.-H. Rosny aîné). Le Pluralisme. 1909.....	5 fr.
BOIRAC (Émile), recteur de l'Académie de Dijon. * L'Idée du Phénomène.....	5 fr.
— * La Psychologie inconnue. Introduction et contribution à l'étude expérimentale des sciences psychiques. 1908.....	5 fr.
BOUGLÉ, chargé de cours à la Sorbonne. * Les Idées égalitaires. 2 <sup>e</sup> édit. 1908.....	3 fr. 75
— Essais sur le Régime des Castes. (Travaux de l'Année sociologique publiés sous la direc- tion de M. Émile Durkheim). 1908.....	5 fr.
BOURDEAU (L.). Le Problème de la mort. 4 <sup>e</sup> édit. 1904.....	5 fr.
— Le Problème de la vie. 1904.....	7 fr. 50
BOURDON, prof. à l'Univ. de Rennes. * L'Expression des émotions.....	7 fr. 50
BOUTROUX (E.), de l'Institut. Études d'histoire de la philosophie. 3 <sup>e</sup> édit. 1908.....	7 fr. 50
BRAUNSCHVIG, docteur ès lettres. Le Sentiment du beau et le sentiment poétique. 1904.....	3 fr. 75
BRAY (L.). Du Beau. 1902.....	5 fr.
BROGHARD (V.), de l'Institut. De l'Erreur. 2 <sup>e</sup> édit. 1897.....	5 fr.
BRUNSCHVIG (E.), maître de conférences à la Sorbonne. La Modalité du jugement. 5 fr. — * Spinoza. 2 <sup>e</sup> édit. 1906.....	3 fr. 75
CARRAU (Ludovic), prof. à la Sorbonne. Philosophie religieuse en Angleterre.....	5 fr.
CHABOT (Ch.), prof. à l'Univ. de Lyon. * Nature et Moralité. 1897.....	5 fr.
CHIDE (A.), agrégé de philosophie. * Le Mobilisme moderne. 1908.....	5 fr.
CLAY (R.). * L'Alternative. Contribution à la Psychologie. 2 <sup>e</sup> édit.....	10 fr.
COLLINS (Howard). * La Philosophie de Herbert Spencer. 5 <sup>e</sup> édit. 1911.....	10 fr.
COSENTINI (F.). La Sociologie génétique. Pensée et vie sociale préhist. 1905.....	3 fr. 75
COSTE (Ad.). Les Principes d'une sociologie objective.....	3 fr. 75
— L'Expérience des peuples et les prévisions qu'elle autorise. 1900.....	10 fr.
COUTURAT (L.). Les Principes des Mathématiques. 1906.....	5 fr.
CRÉPIEUX-JAMIN. L'Écriture et le Caractère. 5 <sup>e</sup> édit. 1909.....	7 fr. 50
CRESSON, docteur ès lettres, prof. au lycée St-Louis. La Morale de la raison théorique. 1903.....	5 fr.
CYON (E. de). Dieu et Science. 1909.....	7 fr. 50
DAURIAI (L.). * Essai sur l'esprit musical. 1904.....	5 fr.
DELACROIX (H.), maître de conf. à la Sorbonne. * Études d'histoire et de Psychologie du Mysticisme. Les grands mystiques chrétiens. 1908.....	10 fr.
DE LA GRASSERIE (R.), lauréat de l'Institut. Psychologie des religions. 1899.....	5 fr.
DELBOS (V.), membre de l'Institut, professeur adjoint à la Sorbonne. La Philosophie pratique de Kant. 1905. (Ouvrage couronné par l'Académie française).....	12 fr. 50
DELVAILLE (J.), agr. de philosophie. * La Vie sociale et l'éducation. 1907. (Récompensé par l'Institut).....	3 fr. 75
DELVOLVE (J.), maître de conf. à l'Univ. de Montpellier. * Religion, critique et philoso- phie positive chez Pierre Bayle. 1906.....	7 fr. 50
DRAGHICESCO (D.), prof. à l'Université de Bucarest. L'Individu dans le déterminisme social.....	7 fr. 50
— * Le Problème de l'Écriture.....	3 fr. 75



## VOLUMES IN-8

FOURNIÈRE (E.). * Les Théories socialistes au XIX <sup>e</sup> siècle. 1901.....	7 fr. 50
FULLIQUET. Essai sur l'obligation morale. 1898.....	7 fr. 50
GAROFALO, prof. à l'Univ. de Naples. La Criminologie. 5 <sup>e</sup> édit. refondue.....	7 fr. 50
— La Superstition socialiste. 1895.....	5 fr.
GÉRARD-VARET, recteur de l'Univ. de Rennes. L'Ignorance et l'Irréflexion. 1899. 5 fr.	
GLEYS (D <sup>r</sup> E.), professeur au Collège de France. Études de psychologie physiologique et pathologique, avec fig. 1903.....	5 fr.
GORY (G.). L'Immanence de la raison dans la connaissance sensible.....	5 fr.
GRASSET (J.), prof. à l'Univ. de Montpellier. Demi-fous et demi-responsables. 2 <sup>e</sup> éd. 5 fr.	
— Introduction physiologique à l'étude de la Philosophie. Conférences sur la physiologie du système nerveux de l'homme. 2 <sup>e</sup> édition 1910. Avec figures. 1908.....	5 fr.
GREEF (de), prof. à l'Univ. nouvelle de Bruxelles. Le Transformisme social.....	7 fr. 50
— La Sociologie économique. 1904.....	3 fr. 75
GROOS (K.), professeur à l'Université de Bâle. * Les Jeux des animaux. 1902.....	7 fr. 50
GURNEY, MYERS et PODMORE. Les Hallucinations télépathiques. 4 <sup>e</sup> édit.....	7 fr. 50
GUYAU (M.). * La Morale anglaise contemporaine. 6 <sup>e</sup> éd. 1911. (Cour. par l'Institut.) 7 fr. 50	
— Les Problèmes de l'esthétique contemporaine. 7 <sup>e</sup> édit. 1911.....	5 fr.
— Esquisse d'une morale sans obligation ni sanction. 9 <sup>e</sup> édit.....	5 fr.
— L'Irréligion de l'Avenir, étude de sociologie. 13 <sup>e</sup> édit.....	7 fr. 50
— * L'Art au point de vue sociologique. 9 <sup>e</sup> édit. 1912.....	7 fr. 50
— * Éducation et Héritéité, étude sociologique. 11 <sup>e</sup> édit. 1911.....	5 fr.
HALEVY (Elie), doct. ès lettres. Formation du radicalisme philosop., 3 v. chacun. 7 fr. 50	
HAMELIN (O.), chargé de cours à la Sorbonne. * Les Éléments principaux de la Représentation. 1907.....	7 fr. 50
HANNEQUIN, prof. à l'Univ. de Lyon. L'hypothèse des atomes. 2 <sup>e</sup> édit. 1899... 7 fr. 50	
— * Études d'Histoire des Sciences et d'Histoire de la Philosophie, préface de R. THAMIN, introduction de M. Grosjean. 2 vol. 1908. (Couronné par l'Institut.).....	15 fr.
HARTENBERG (D <sup>r</sup> Paul). Les Timides et la Timidité. 3 <sup>e</sup> édit. 1910.....	5 fr.
— * Physiologie et Caractère. Essai de physiognomonie scientifique. 2 <sup>e</sup> édit. 1911... 5 fr.	
HÉBERT (Marcel). L'Évolution de la foi catholique. 1905.....	5 fr.
— * Le Divin. Expériences et hypothèses, étude psychologique. 1907.....	5 fr.
HÉMON (C.), agrégé de philosophie. * La Philosophie de Sully Prudhomme. Préface de Sully Prudhomme. 1907.....	7 fr. 50
HERBERT SPENCER. * Les premiers Principes. Traduct. Cazelles. 11 <sup>e</sup> édit. 1907... 10 fr.	
— * Principes de biologie. Traduct. Cazelles. 8 <sup>e</sup> édit. 1910. 2 vol.....	20 fr.
— * Principes de psychologie. Trad. par MM. Ribot et Espinas. 2 vol.....	20 fr.
— * Principes de sociologie. 5 vol. : Tome I. Données de la sociologie. 10 fr. — Tome II. Inductions de la sociologie. Relations domestiques. 7 fr. 50. — Tome III. Institutions cérémonielles et politiques. 15 fr. — Tome IV. Institutions ecclésiastiques. 3 fr. 75. — Tome V. Institutions professionnelles. 7 fr. 50.	
— Essais sur le progrès. Trad. A. Burdeau. 5 <sup>e</sup> édit.....	7 fr. 50
— Essais de politique. Trad. A. Burdeau. 4 <sup>e</sup> éd.....	7 fr. 50
— Essais scientifiques. Trad. A. Burdeau. 3 <sup>e</sup> édit.....	7 fr. 50
— * De l'Éducation physique, intellectuelle et morale. 13 <sup>e</sup> édit.....	5 fr.
— Justice. Trad. Castelot.....	7 fr. 50
— Le Rôle moral de la bienfaisance. Trad. Castelot et Martin St-Léon.....	7 fr. 50
— La Morale des différents peuples. Trad. Castelot et Martin St-Léon.....	7 fr. 50
— Problèmes de morale et de sociologie. Trad. H. de Varigny.....	7 fr. 50
— * Une Autobiographie. Trad. et adaptation par H. de Varigny.....	10 fr.
HERMANT (F.) et VAN DE WAELE (A.). * Les principales Théories de la logique contemporaine. (Récompensé par l'Institut.) 1909.....	5 fr.
HIRTH (G.). * Physiologie de l'Art. Trad. et introd. par L. Arréat.....	5 fr.
HOFFDING, prof. à l'Univ. de Copenhague. Esquisse d'une psychologie fondée sur l'expérience. Trad. L. Poitevin. Préf. de Pierre Janet. 4 <sup>e</sup> édit. 1909.....	7 fr. 50
— * Histoire de la Philosophie moderne. Préf. de V. Delbos. 2 <sup>e</sup> éd. 1908. 2 vol. chac. 10 fr.	
— Philosophes contemporains. Trad. Tremeaygues. 2 <sup>e</sup> édit. revue. 1908.....	3 fr. 75
— * Philosophie de la Religion. 1908. Trad. Schlegel.....	7 fr. 50
HUBERT (H.) et MAUSS (M.), directeurs adjoints à l'École pratique des Hautes-Études. Mélanges d'histoire des religions. (Travaux de l'Année sociologique publiés sous la direction de M. Émile Durkheim). 1909.....	5 fr.
IOTEYKO et STEFANOWSKA (D <sup>rs</sup> ). * Psycho-Physiologie de la Douleur. 1908. (Couronné par l'Institut.).....	5 fr.
ISAMBERT (G.). Les Idées socialistes en France (1815-1848). 1905.....	7 fr. 50
IZOULET, prof. au Collège de France. La Cité moderne. 7 <sup>e</sup> édition. 1908.....	10 fr.
JACOBY (D <sup>r</sup> P.). Études sur la sélection chez l'homme. 2 <sup>e</sup> édition. 1904.....	10 fr.
JANET (Paul), de l'Institut. * Œuvres philosophiques de Leibniz. 2 <sup>e</sup> édit. 2 vol.....	20 fr.
JANET (Pierre), prof. au Collège de France. * L'Automatisme psychologique. 6 <sup>e</sup> éd. 7 fr. 50	
JASTROW (J.), prof. à l'Univ. de Wisconsin. La Subconscience, trad. E. Philippi, préface de P. JARIS. Université Lille 1.....	7 fr. 50
JAURÈS (J.), docteur ès lettres. De la Réalité du monde sensible. 2 <sup>e</sup> édit. 1902... 7 fr. 50	

## VOLUMES IN-8

KARPE (S.), docteur ès lettres. Essais de critique d'histoire et de philosophie..	3 fr. 75
KEIM (A.), docteur ès lettres. * <i>Helvétius, sa vie, son œuvre.</i> 1907.....	10 fr.
LACOMBE (P.). <i>Psychologie des individus et des sociétés chez Taine.</i> 1906.....	7 fr. 50
LALANDE (A.), professeur-adjoint à la Sorbonne. * <i>La Dissolution opposée à l'évolution, dans les sciences physiques et morales.</i> 1899.....	7 fr. 50
LALO (Ch.), docteur ès lettres. * <i>Esthétique musicale scientifique.</i> 1908.....	5 fr.
— * <i>L'Esthétique expérimentale contemporaine.</i> 1908.....	3 fr. 75
— <i>Les Sentiments esthétiques.</i> 1909.....	5 fr.
LANDRY (A.), docteur ès lettres. * <i>Principes de morale rationnelle.</i> 1906.....	5 fr.
LANESSAN (J.-L. de). * <i>La Morale des religions.</i> 1905.....	10 fr.
— * <i>La Morale naturelle.</i> 1908.....	7 fr. 50
LAPIE (P.), recteur à l'Univ. de Toulouse. <i>Logique de la volonté.</i> 1902.....	7 fr. 50
LAUVRIERE, docteur ès lettres, prof. au lycée Louis-le-Grand. <i>Edgar Poë. Sa vie et son œuvre.</i> 1904.....	10 fr.
LAVELEYE (de). * <i>De la Propriété et de ses formes primitives.</i> 5 <sup>e</sup> édit.....	10 fr.
— * <i>Le Gouvernement dans la démocratie.</i> 2 vol. 3 <sup>e</sup> édit. 1896.....	15 fr.
LEBLOND (M.-A.). * <i>L'Idéal du XIX<sup>e</sup> siècle.</i> 1909.....	5 fr.
LE BON (D <sup>r</sup> Gustave). * <i>Psychologie du socialisme.</i> 7 <sup>e</sup> éd. revue. 1912.....	7 fr. 50
LECHALAS (G.). * <i>Études esthétiques.</i> 1902.....	5 fr.
— <i>Étude sur l'espace et le temps.</i> 2 <sup>e</sup> édit. revue et augmentée. 1909.....	5 fr.
LECHARTIER (G.). <i>David Hume, moraliste et sociologue.</i> 1900.....	5 fr.
LECLERE (A.), prof. à l'Univ. de Berne. <i>Essai critique sur le droit d'affirmer.</i> 5 fr.	5 fr.
LE DANTEC, chargé de cours à la Sorbonne. * <i>L'Unité dans l'être vivant.</i> 1902.....	7 fr. 50
— * <i>Les Limites du connaissable, la vie et les phénomènes naturels.</i> 3 <sup>e</sup> édit. 1908.....	3 fr. 75
LÉON (Xavier). * <i>La Philosophie de Fichte.</i> Préf. de E. Boutroux. 1902. (Cour. par l'Institut).....	10 fr.
LEROY (E. Bernard). <i>Le Langage. Sa fonction normale et pathologique.</i> 1905.....	5 fr.
LÉVY (A.), professeur à l'Univ. de Nancy. <i>La Philosophie de Feuerbach.</i> 1904.....	10 fr.
LÉVY-BRUHL (L.), professeur à la Sorbonne, * <i>La Philosophie de Jacobi.</i> 1894.....	5 fr.
— * <i>Lettres de J.-S. Mill à Auguste Comte, avec les réponses de Comte et une introduction.</i> 1899.....	10 fr.
— * <i>La Philosophie d'Auguste Comte.</i> 2 <sup>e</sup> édit. 1905.....	7 fr. 50
— * <i>La Morale et la Science des mœurs.</i> 4 <sup>e</sup> édit. 1910.....	5 fr.
— <i>Les Fonctions mentales dans les sociétés inférieures (Travaux de l'Année sociologique publiés sous la direction de M. Émile Durkheim).</i> 1909.....	7 fr. 50
LIARD, de l'Institut, vice-recteur de l'Acad. de Paris. * <i>Descartes.</i> 3 <sup>e</sup> éd. 1911.....	5 fr.
— * <i>La Science positive et la Métaphysique.</i> 5 <sup>e</sup> édit.....	7 fr. 50
LICHTENBERGER (H.), professeur adjoint à la Sorbonne. * <i>Richard Wagner, poète et penseur.</i> 5 <sup>e</sup> édit. revue. 1911. (Couronné par l'Académie française).....	10 fr.
— <i>Henri Heine penseur.</i> 1905.....	3 fr. 75
LOMBROSO (César). * <i>L'Homme criminel.</i> 2 <sup>e</sup> éd., 2 vol. et atlas. 1895.....	36 fr.
— <i>Le Crime. Causes et remèdes.</i> 2 <sup>e</sup> édit.....	10 fr.
— <i>L'Homme de génie, avec planches.</i> 4 <sup>e</sup> édit. 1909.....	10 fr.
— et FERRERO. <i>La Femme criminelle et la prostituée.</i> .....	15 fr.
— et LASCHI. <i>Le Crime politique et les Révolutions.</i> 2 vol.....	15 fr.
LUBAC (E.), agr. de philos. * <i>Psychologie rationnelle.</i> Préf. de H. Bergson. 1904.....	3 fr. 75
LUQUET (G.-H.), agrégé de philosophie * <i>Idées générales de psychologie.</i> 1906.....	5 fr.
LYON (G.), recteur de l'Acad. de Lille. * <i>L'Idéalisme en Angleterre au XVIII<sup>e</sup> siècle.</i> 7 fr. 50	7 fr. 50
— * <i>Enseignement et religion. Études philosophiques.</i> .....	3 fr. 75
MALAPERT (P.), docteur ès lettres, prof. au lycée Louis-le-Grand. * <i>Les Éléments du caractère et leurs lois de combinaison.</i> 2 <sup>e</sup> édit. 1906.....	5 fr.
MARION (H.), prof. à la Sorbonne. * <i>De la Solidarité morale.</i> 6 <sup>e</sup> édit. 1907.....	5 fr.
MARTIN (Fr.). * <i>La Perception extérieure et la Science positive.</i> 1894.....	5 fr.
MATAGRIN (Amédée). <i>La Psychologie sociale de Gabriel Tarde.</i> 1909.....	5 fr.
MAXWELL (J.). <i>Les Phénomènes psychiques.</i> Préf. du P <sup>r</sup> Ch. Richet. 4 <sup>e</sup> édit. 1909.....	5 fr.
MEYERSON (E.). <i>Identité et Réalité.</i> 1908.....	7 fr. 50
MULLER (Max), prof. à l'Univ. d'Oxford. * <i>Nouvelles études de mythologie.</i> 1898.....	12 fr. 50
MYERS. <i>La Personnalité humaine.</i> Trad. Jankélévitch. 3 <sup>e</sup> édit. 1910.....	7 fr. 50
NAVILLE (ERNEST). * <i>La Logique de l'hypothèse.</i> 2 <sup>e</sup> édit.....	5 fr.
— * <i>La Définition de la philosophie.</i> 1894.....	5 fr.
— <i>Le Libre Arbitre.</i> 2 <sup>e</sup> édit. 1898.....	5 fr.
— <i>Les Philosophies négatives.</i> 1899.....	5 fr.
— <i>Les Systèmes de philosophie ou les philosophies affirmatives.</i> 1909.....	7 fr. 50
NAYRAC (J.-P.). * <i>Physiologie et Psychologie de l'attention.</i> Préface de Th. Ribot. (Récompensé par l'Institut.) 1906.....	3 fr. 75
NORDAU (Max). * <i>Dégénérescence.</i> 7 <sup>e</sup> éd. 1909. 2 vol. Tome I. 7 fr. 50. Tome II.....	10 fr.
— <i>Les Mensonges conventionnels de notre civilisation.</i> 10 <sup>e</sup> édit. 1908.....	5 fr.
— * <i>Vus du dehors. Essais de critique sur quelques auteurs français contemp.</i> 1903.....	5 fr.
— <i>Le Sens de l'histoire.</i> 1909.....	7 fr. 50

## VOLUMES IN-8

NOVICOW (J.). Les Luites entre Sociétés humaines. 3 <sup>e</sup> édit. 1904.....	10 fr.
— * Les Gaspillages des sociétés modernes. 2 <sup>e</sup> édit. 1899.....	5 fr.
— * La Justice et l'expansion de la vie. <i>Essai sur le bonheur des sociétés.</i> 1905... ..	7 fr. 50
— La critique du Darwinisme social. 1909.....	7 fr. 50
OLDENBERG, prof. à l'Univ. de Kiel. * Le Bouddha. Trad. par P. Foucher, chargé de cours à la Sorbonne. Préf. de Sylvain Lévi, prof. au Collège de France. 2 <sup>e</sup> édit. 1903... ..	7 fr. 50
— * La Religion du Véda. Traduit par V. Henry, professeur à la Sorbonne. 1903... ..	10 fr.
OSSIP-LOURIÉ. La Philosophie russe contemporaine. 2 <sup>e</sup> édit. 1905.....	5 fr.
— * La Psychologie des romanciers russes au XIX <sup>e</sup> siècle. 1905.....	7 fr. 50
OUVRE (H.). * Les Formes littéraires de la pensée grecque ( <i>Cour. par l'Acad. franç.</i> )... ..	10 fr.
PALANTE (G.), agrégé de philosophie. Combat pour l'individu. 1904.....	3 fr. 75
PAULHAN, correspondant de l'Institut. * Les Caractères. 3 <sup>e</sup> édit. revue. 1909.....	5 fr.
— Les Mensonges du caractère. 1905.....	5 fr.
— Le Mensonge de l'Art. 1907.....	5 fr.
PAYOT (J.), recteur de l'Académie d'Aix. La Croyance. 3 <sup>e</sup> édit. 1911.....	5 fr.
— * L'Education de la volonté. 36 <sup>e</sup> édit. 1911.....	5 fr.
PERÈS (Jean), professeur au lycée de Caen. * L'Art et le Réel. 1898.....	3 fr. 75
PÉREZ (Bernard). Les Trois premières années de l'enfant. 7 <sup>e</sup> édit. 1911.....	5 fr.
— L'Enfant de trois à sept ans. 4 <sup>e</sup> édit. 1907.....	5 fr.
— L'Éducation morale dès le berceau. 4 <sup>e</sup> édit. 1901.....	5 fr.
— * L'Éducation intellectuelle dès le berceau. 2 <sup>e</sup> édit. 1901.....	5 fr.
PIAT (C.), prof. à l'Inst. cathol. La Personne humaine. 1898. ( <i>Cour. par l'Institut</i> )... ..	7 fr. 50
— * Destinée de l'homme. 2 <sup>e</sup> édit. revue 1912.....	5 fr.
— La Morale du bonheur. 1909.....	5 fr.
PICAVET (E.), chargé de cours à la Sorbonne. * Les Idéologues ( <i>Cour. par l'Ac. franç.</i> )... ..	10 fr.
PIDERIT. La Mimique et la Physiognomie. Trad. de l'allein. par M. Giroi.....	5 fr.
PILLON (F.), lauréat de l'Institut. * L'Année philosophique ( <i>Couronné par l'Institut</i> )... ..	5 fr.
1890 à 1910. 21 vol. Chacun (1893 et 1894 épuisés).....	5 fr.
PIOGER (D <sup>r</sup> J.). La Vie et la pensée. 1893.....	5 fr.
— La Vie sociale, la morale et le progrès. 1894.....	5 fr.
PRAT (L.), doct. ès lettres. Le Caractère empirique et la personne. 1906.....	7 fr. 50
PREYER, prof. à l'Université de Berlin. Éléments de physiologie.....	5 fr.
PROAL, conseiller à la Cour de Paris. * La Criminalité politique. 2 <sup>e</sup> éd. 1908.....	5 fr.
— * Le Crime et la Peine. 4 <sup>e</sup> édit. ( <i>Couronné par l'Institut</i> ). 1911.....	10 fr.
— Le Crime et le Suicide passionnels. 1900. ( <i>Cour. par l'Acad. franç.</i> ).....	10 fr.
RAGEOT (G.). * Le Succès. Auteurs et Public. 1906.....	3 fr. 75
RAUH (F.), prof. adjoint à la Sorbonne. * De la Méthode dans la psychologie des sentiments. ( <i>Couronné par l'Institut</i> ). 1899.....	5 fr.
— * L'Expérience morale. 2 <sup>e</sup> édition revue. 1909 ( <i>Récompensé par l'Institut</i> ).....	3 fr. 75
RÉCEJAC, docteur ès lettres. Les Fondements de la Connaissance mystique. 1897... ..	5 fr.
RENARD (G.), prof. au Collège de France. * La Méthode scient. de l'histoire littéraire. 10 fr.	
RENOUVIER (Ch.), de l'Institut. * Les Dilemmes de la métaphysique pure. 1901... ..	5 fr.
— * Histoire et solution des problèmes métaphysiques. 1901.....	7 fr. 50
— Le Personnalisme, avec une étude sur la perception externe et la force. 1903... ..	10 fr.
— * Critique de la doctrine de Kant. 1906.....	7 fr. 50
— * Science de la Morale. Nouv. édit. 2 vol. 1908.....	15 fr.
REVAULT D'ALONNES (G.), docteur ès lettres, agrégé de philosophie. Psychologie d'une religion. <i>Guillaume Monod (1800-1896)</i> . 1908.....	5 fr.
— * Les Inclinations. Leur rôle dans la psychologie des sentiments. 1908.....	3 fr. 75
REY (A.), chargé de cours à l'Université de Dijon. * La Théorie de la physique chez les physiciens contemporains. 1907.....	7 fr. 50
RIBERY, doct. ès lettres. Essai de classification naturelle des caractères. 1903.....	3 fr. 75
RIBOT (Th.), de l'Institut. * L'Hérédité psychologique. 9 <sup>e</sup> édit. 1910.....	7 fr. 50
— * La Psychologie anglaise contemporaine. 3 <sup>e</sup> édit. 1907.....	7 fr. 50
— * La Psychologie allemande contemporaine. 7 <sup>e</sup> édit. 1909.....	7 fr. 50
— La Psychologie des sentiments. 8 <sup>e</sup> édit. 1911.....	7 fr. 50
— L'Évolution des idées générales. 3 <sup>e</sup> édit. 1909.....	5 fr.
— * Essai sur l'Imagination créatrice. 3 <sup>e</sup> édit. 1908.....	5 fr.
— * La logique des sentiments. 3 <sup>e</sup> édit. 1908.....	3 fr. 75
— * Essai sur les passions. 3 <sup>e</sup> édit. 1910.....	3 fr. 75
RICARDOU (A.), docteur ès lettres. * De l'Idéal. ( <i>Couronné par l'Institut</i> ).....	5 fr.
RICHARD (G.), professeur de sociologie à l'Univ. de Bordeaux. * L'idée d'évolution dans la nature et dans l'histoire. 1903. ( <i>Couronné par l'Institut</i> ).....	7 fr. 50
RIEMANN (H.), prof. à l'Univ. de Leipzig. * Les Éléments de l'Esthétique musicale. 1906.....	5 fr.
RIGNANO (E.). La Transmissibilité des caractères acquis. 1908.....	5 fr.
RIVAUD (A.), chargé de cours à l'Université de Poitiers. Les Notions d'essence et d'existence dans la philosophie de Spinoza. 1906.....	3 fr. 75
ROBERTY (E. de). L'Ancienne et la Nouvelle Philosophie.....	7 fr. 50
— * La Philosophie du siècle (positivisme, criticisme, évolutionnisme).....	5 fr.
— * Nouveau Programme de sociologie. 1907.....	5 fr.
— * Sociologie de l'Action. 1908.....	7 fr. 50

## VOLUMES IN-8

RODRIGUES (G.), docteur ès lettres, agrégé de philosophie. <b>Le Problème de l'action.</b>	3 fr. 75
ROMANES. * <b>L'Évolution mentale chez l'homme.</b>	7 fr. 50
ROUSSEL-DESPIERRES (Fr.). * <b>Hors du scepticisme. Liberté et beauté.</b> 1907...	7 fr. 50
RUSSELL * <b>La Philosophie de Leibniz.</b> Trad. J. Ray. Préf. de M. Lévy-Bruhl. 1908.	3 fr. 75
RUYSSSEN (Th.), prof. à l'Univ. de Bordeaux. * <b>L'Évolution psychologique du jugement.</b>	5 fr.
SABATIER (A.), prof. à l'Univ. de Montpellier. <b>Philosophie de l'effort.</b> 2 <sup>e</sup> édit. 1908.	7 fr. 50
SAIGEY (E.). * <b>Les Sciences au XVIII<sup>e</sup> siècle.</b> La Physique de Voltaire.....	5 fr.
SAINTE-PAUL (D <sup>r</sup> G.). * <b>Le Langage intérieur et les paraphrasies.</b> 1904.....	5 fr.
SANZ Y ESCARTIN. <b>L'Individu et la Réforme sociale.</b> Trad. Dietrich.....	7 fr. 50
SCHILLER (F.), professeur à Corpus Christi college (Université d'Oxford). * <b>Études sur l'humanisme.</b> Trad. D <sup>r</sup> S. JANKELEVITCH. 1909.....	10 fr.
SCHINZ (A.), professeur à l'Université de Bryn Mawr (Pennsylvanie). <b>Anti-pragmatisme. Examen des droits respectifs de l'aristocratie intellectuelle et de la démocratie sociale.</b>	5 fr.
SCHOPENHAUER. <b>Aphorismes sur la sagesse dans la vie.</b> Trad. Cantacuzène. 9 <sup>e</sup> éd.	5 fr.
— * <b>Le Monde comme volonté et comme représentation.</b> 5 <sup>e</sup> édit. 3 vol., chac.....	7 fr. 50
SÉAILLES (G.), professeur à la Sorbonne. <b>Essai sur le génie dans l'art.</b> 4 <sup>e</sup> édit. 1911.	5 fr.
— * <b>La Philosophie de Ch. Renouvier. Introduction au néo-criticisme.</b> 1905.....	7 fr. 50
SIGHELE (Scipio). <b>La Foule criminelle.</b> 2 <sup>e</sup> édit. 1901.....	5 fr.
SOLLIER (D <sup>r</sup> P.). <b>Le Problème de la mémoire.</b> 1900.....	3 fr. 75
— <b>Psychologie de l'idiot et de l'imbécille, avec 12 pl. hors texte.</b> 2 <sup>e</sup> édit. 1902.....	5 fr.
— <b>Le Mécanisme des émotions.</b> 1905.....	5 fr.
— <b>Le Doute. Étude de psychologie affective.</b> 1909.....	7 fr. 50
SOURIAU (Paul), professeur à l'Univ. de Nancy. <b>L'Esthétique du mouvement.</b> .....	5 fr.
— * <b>La Beauté rationnelle.</b> 1904.....	10 fr.
— <b>La Suggestion dans l'art.</b> 2 <sup>e</sup> édit. 1909.....	5 fr.
STAPFER (P.). * <b>Questions esthétiques et religieuses.</b> 1906.....	3 fr. 75
STEIN (L.), prof. à l'Univ. de Berne. * <b>La Question sociale au point de vue philosophique</b>	1900.....
STUART MILL. * <b>Mes Mémoires. Histoire de ma vie et de mes idées.</b> 5 <sup>e</sup> éd.....	5 fr.
— * <b>Système de Logique déductive et inductive.</b> 6 <sup>e</sup> édit. 1909, 2 vol.....	20 fr.
— * <b>Essais sur la Religion.</b> 4 <sup>e</sup> édit. 1901.....	5 fr.
— <b>Lettres inédites à Aug. Comte et réponses d'Aug. Comte.</b> 1899.....	10 fr.
SULLY (James). <b>Le Pessimisme.</b> Trad. Bertrand. 2 <sup>e</sup> édit.....	7 fr. 50
— * <b>Essai sur le rire.</b> Trad. Léon Terrier. 1904.....	7 fr. 50
SULLY PRUDHOMME, de l'Acad. franç. <b>La vraie Religion selon Pascal.</b> 1905..	7 fr. 50
— <b>Le Lien social</b> publié par C. HÉMON.....	3 fr. 75
TARDE (G.), de l'Institut. * <b>La Logique sociale.</b> 3 <sup>e</sup> édit. 1904.....	7 fr. 50
— * <b>Les Lois de l'imitation.</b> 6 <sup>e</sup> édit. 1911.....	7 fr. 50
— <b>L'Opposition universelle. Essai d'une théorie des contraires.</b> 1897.....	7 fr. 50
— * <b>L'Opinion et la Foule.</b> 3 <sup>e</sup> édit. 1910.....	5 fr.
TARDIEU (E.). * <b>L'Ennui. Étude psychologique.</b> 1903.....	5 fr.
THOMAS (P.-F.), docteur ès lettres. * <b>Pierre Leroux, sa philosophie.</b> 1904.....	5 fr.
— * <b>L'Éducation des sentiments. (Couronné par l'Institut)</b> 5 <sup>e</sup> édit. 1910.....	5 fr.
TISSERAND (P.), docteur ès lettres, professeur au lycée Charlemagne. * <b>L'Anthropologie de</b>	1909.....
MAINE DE BIRAN. 1909.....	10 fr.
UDINE (Jean D <sup>r</sup> ). <b>L'Art et le geste.</b> 1909.....	5 fr.
VACHEROT (Et.), de l'Institut. * <b>Essais de philosophie critique.</b> .....	7 fr. 50
— <b>La Religion.</b> .....	7 fr. 50
WAYNBAUM (D <sup>r</sup> I.). <b>La Physionomie humaine.</b> 1907.....	5 fr.
WEBER (L.). * <b>Vers le Positivisme absolu par l'idéalisme.</b> 1903.....	7 fr. 50

## BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

## TRAVAUX DE L'ANNÉE SOCIOLOGIQUE

Publiés sous la direction de M. Émile DURKHEIM

ANNÉE SOCIOLOGIQUE, 41 volumes parus, voir détail page 8.

BOUGLÉ (C.), chargé de cours à la Sorbonne. <b>Essais sur le régime des Castes.</b> 1 vol. in-8.	1908.....
HUBERT (H.) et MAUSS (M.), directeurs adjoints à l'École des Hautes-Études. <b>Mélanges</b>	d'histoire des religions. 1 vol. in-8. 1909.....
LEVY-BRUHL (L.), professeur à la Sorbonne. <b>Les Fonctions mentales dans les sociétés infé-</b>	<b>rieures.</b> 1 vol. in-8. 1910.....

## COLLECTION HISTORIQUE DES GRANDS PHILOSOPHES

## PHILOSOPHIE ANCIENNE

- ARISTOTE. La Poétique d'Aristote, par A. HATZFELD et M. DUFOUR. 1 vol. in-8, 1900..... 6 fr.
- Physique, II, trad. et commentaire, par O. HAMELIN, chargé de cours à la Sorbonne. 1 vol. in-8..... 3 fr.
- Aristote et l'idéalisme platonicien par Ch. WERNER, docteur ès lettres. 1910. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50
- La Morale d'Aristote, par M<sup>me</sup> JULES FAVRE, née VELTEN, 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- Éthique à Nicomaque. Livre II. Trad. de P. d'HÉROUVILLE et H. VERNE. Introd. et notes de P. d'HÉROUVILLE. 1910. Brochure in-8..... 1 fr. 80
- ÉPICURÉ. \*La Morale d'Épicure, par M. GUYAU. 1 vol. in-8, 5<sup>e</sup> édit..... 7 fr. 50
- MARC-AURÈLE. Les Pensées de Marc-Aurèle. Trad. A.-P. LEMERCIER, doyen de l'Univ. de Caen. 1909. 1 vol. in-16. 3 fr. 50
- PLATON. La Théorie platonicienne des Sciences, par ÉLIE HALÉVY. in-8. 1895. 5 fr.
- Œuvres, traduction VICTOR COUSIN revue par J. BARTHÉLEMY-SAINTE-HILAIRE : *Socrate et Platon ou le Platonisme — Eutyphron — Apologie de Socrate — Criton — Phédon*. 1 v. in-8. 1896. 7 fr. 50
- La définition de l'être et la nature des idées dans le Sophiste de Platon, par A. DIÈS, docteur ès lettres, 1 vol. in-8 1909..... 4 fr.
- SOCRATE. \*Philosophie de Socrate, par A. FOUILLÉE, de l'Institut. 2 vol. in-8. 16 fr.
- Le Procès de Socrate, par G. SOREL. 1 vol. in-8..... 3 fr. 50
- La morale de Socrate, par M<sup>me</sup> JULES FAVRE, née VELTEN, 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- STRATON DE LAMPSAQUE. \*La Physique de Straton de Lampsaque, par G. RODIER, prof. à la Sorbonne. 1 vol. in-8..... 3 fr.
- BÉNARD. La Philosophie ancienne, ses systèmes. 1 vol. in-8..... 9 fr.
- DIES (A.), docteur ès lettres. *Le Cycle mystique. La divinité. Origine et fin des existences individuelles dans la philosophie antécritique*, 1909. 1 vol. in-8. 4 fr.

- FABRE (Joseph). *La Pensée antique. De Moïse à Marc-Aurèle*. 3<sup>e</sup> édit..... 5 fr.
- \**La Pensée chrétienne. Des Évangiles à l'imitation de J.-C.* 1 vol. in-8..... 9 fr.
- GOMPERZ. *Les Penseurs de la Grèce*. Trad. REYMOND. (Trad. cour. par l'Académie française.)
- I. \**La philosophie antécritique*. 1 vol. gr. in-8, 2<sup>e</sup> édit..... 10 fr.
- II. \**Athènes, Socrate et les Socratiques, Platon*. 1 vol. gr. in-8, 2<sup>e</sup> édit..... 12 fr.
- III. \**L'ancienne académie. Aristote et ses successeurs : Théophraste et Straton de Lampsaque*. 1910. 1 vol, gr. in-8. 10 fr.
- GUYOT (H.), docteur ès lettres. *L'Infinité divine depuis Philon le Juif jusqu'à Plotin*. In-8, 1906..... 5 fr.
- LAFONTAINE (A.). *Le Plaisir, d'après Platon et Aristote*. 1 vol. in-8..... 6 fr.
- MILHAUD (G.), prof. à la Sorbonne. \**Les philosophes géomètres de la Grèce*. In-8, 1900 (Couronné par l'Institut). 6 fr.
- *Études sur la pensée scientifique chez les Grecs et chez les modernes*. 1906. 1 vol. in-16..... 3 fr.
- *Nouvelles études sur l'histoire de la pensée scientifique*. 1911. 1 vol. in-8 (Couronné par l'Académie française).. 5 fr.
- OUVRE (H.). *Les Formes littéraires de la pensée grecque*. 1 vol. in-8. (Cour. par l'Ac. franc.)..... 10 fr.
- RIVAUD (A.), professeur à l'Université de Poitiers. *Le Problème du devenir et la notion de la matière, des origines jusqu'à Théophraste*. (Couronné par l'Académie française.) In-8, 1906. 10 fr.
- ROBIN (L.), professeur à l'Université de Caen. *La Théorie platonicienne des idées et des nombres d'après Aristote*. Etude historique et critique. In-8. (Récomp. par l'Institut.)..... 12 fr. 50
- *La théorie platonicienne de l'Amour*. 1 vol. in-8..... 3 fr. 75 (Ces deux volumes ont été couronnés par l'Institut et par l'Association pour l'encouragement des Etudes grecques.)
- TANNERY (Paul). *Pour la Science hellène*. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50

## PHILOSOPHIES MÉDIEVALE ET MODERNE

- \*DESCARTES, par L. LIARD, de l'Institut, 2<sup>e</sup> édit. 1 vol. in-8..... 5 fr.
- *Essai sur l'Esthétique de Descartes*, par E. KRANTZ, prof. à l'Univ. de Nancy. 1 vol. in-8..... 6 fr.
- *Descartes, directeur spirituel*, par V. de SWARTE. In-16 avec planches. (Cour. par l'Institut.)..... 4 fr. 50
- *Le système de Descartes*, par O. HAMELIN. Publié par L. Robin. Préface de E. Durkheim. 1911. 1 vol. in-8. 7 fr. 50
- ERASME. *Stultitia laus des Erasmi Rot. declamatio*. Publié et annoté par J.-B. Kan, avec fig. de Holbein. 1 vol. in-8. 6 fr. 75
- GASSENDI. La Philosophie de Gassendi, par P.-F. THOMAS. 1 vol. in-8..... 6 fr.
- LEIBNIZ. \**Œuvres philosophiques*, pub. par P. JANET. 2 vol. in-8..... 20 fr.
- \**La logique de Leibniz*, par L. COUTURAT. 1 vol. in-8..... 12 fr.
- *Opusc. et fragm. inédits de Leibniz*, par L. COUTURAT. 1 vol. in-8..... 25 fr.
- \**Leibniz et l'Univ. de Lille* 1

- par JEAN BARUZI. 1 vol. in-8 (Couronné par l'Académie française.)..... 10 fr.
- *La Philosophie de Leibniz*, par B. RUSSELL, trad. par M. Ray, préface de M. Lévy-Bruhl. 1 vol. in-8. (Cour. par l'Acad. franc.)..... 3 fr. 75
- *Discours de la métaphysique*, introduction et notes par H. LESTIENNE. 1 vol. in-8..... 2 fr.
- *Leibniz historien. Essai sur l'activité et la méthode historique de Leibniz*, par L. DAVILLE, docteur ès lettres. 1 vol. in-8 1909..... 12 fr.
- MALEBRANCHE. \**La Philosophie de Malebranche*, par OLLÉ-LAPRUNE, de l'Institut. 2 vol. in-8..... 16 fr.
- PASCAL. *Le Septicisme de Pascal*, par DROZ, professeur à l'Université de Besançon. 1 vol. in-8..... 6 fr.
- ROSCÉLIN. *Roscelin philosophe et théologien*, d'après la légende et d'après l'histoire, sa place dans l'histoire générale et comparée des philosophies médiévales, par F. PICAUV, chargé de cours à la Sorbonne. 1911. 1 vol. gr. in-8..... 4 fr.

ROUSSEAU (J.-J.). \* Du Contrat social, avec les versions primitives; Introduction par Edmond Dreyfus-Brisac. Grand in-8. 12 fr.

SAIN'T-THOMAS-D' AQUIN. L'Intellectualisme de Saint Thomas, par P. ROUSSELOT, docteur ès lettres. 1908. 1 vol. in-8. 6 fr.

— *Thesaurus philosophiae thomisticae seu selecti textus philosophici ex sancti Thomae aquinatis operibus deprimis et secundum ordinem in scholis hodie usurpatis dispositi*, par G. BULLIAT, docteur en théologie et en droit canon. 1 vol. gr. in-8. 6 fr. 50

— *L'Idée de l'État dans Saint Thomas d'Aquin*, par J. ZEILLER. 1 v. in-8. 3 fr. 50

SPINOZA. *Benedicti de Spinoza opera*, quotquot reperta sunt. Edition J. VAN VLOTEN et J.-P.-N. LAND. 3 vol. in-18, cartonnés. 48 fr.

— *Ethica ordine geometrico demonstrata*, édition J. Van Vloten et J.-P.-N. Land. 1 vol. gr. in-8. 4 fr. 30

— *Sa Philosophie*, par L. BRUNSCHVIGG, maître de conférences à la Sorbonne. 2<sup>e</sup> éd. 1 vol. in-8. 3 fr. 75

VOLTAIRE. *Les Sciences au XVIII<sup>e</sup> siècle*. Voltaire physicien, par EM. SAIGEY. 1 vol. in-8. 5 fr.

DAMIRON. *Mémoires pour servir à l'Histoire de la Philosophie au XVIII<sup>e</sup> siècle*. 3 vol. in-18. 15 fr.

DELVAILLE (J.). docteur ès lettres. *Essai sur l'histoire de l'idée de progrès jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle*. 1911. 1 vol. in-8. 12 fr.

FABRE (JOSEPH). \* *L'Imitation de Jésus-Christ*. Trad. nouvelle avec préface. 1 vol. in-8. 1907. 7 fr.

— \* *La Pensée moderne. De Luther à Leibniz*. 1 vol. in-8. 1908. 8 fr.

— *Les Pères de la Révolution. De Bayle à Condorcet*. 1 vol. in-8. 1909. 10 fr.

FIGARD (L.), docteur ès lettres. *Un Médecin philosophe au XVI<sup>e</sup> siècle. La psychologie de Jean Fernel*. 1 vol. in-8. 1903. 7 fr. 50

PICAVET, chargé de cours à la Sorbonne. *Histoire générale et comparée des philosophies médiévales*. in-8. 2<sup>e</sup> éd. 7 fr. 50

WULF (M. DEL). *Histoire de la philosophie médiévale*. 2<sup>e</sup> éd. 1 vol. in-8. 10 fr.

— *Introduction à la Philosophie néoscholastique*. 1904. 1 vol. gr. in-8. 5 fr.

## PHILOSOPHIE ANGLAISE

BERKELEY. *Œuvres choisies. Nouvelle théorie de la vision. Dialogues d'Hylas et de Philonous*. Trad. par MM. Beaulavon et Parodi. 1 vol. in-8. 5 fr.

— *Le Journal philosophique de Berkeley. (Commonplace Book)*. Étude et traduction par R. GOURG, docteur ès lettres. 1 vol. gr. in-8. 4 fr.

GODWIN. William Godwin (1756-1836). Sa vie, ses œuvres principales. *La « Justice politique »*, par R. GOURG, docteur ès lettres. 1 vol. in-8. 6 fr.

HOBBS. *La Philosophie de Hobbes*, par

G. LYON, recteur de l'Académie de Lille. 1 vol. in-16. 2 fr. 50

LOCKE. \* *La Philosophie générale de John Locke*, par H. OLLION, docteur ès lettres. 1909. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

NEWTON. *La Philosophie de Newton*, par L. BLOCH, docteur ès lettres. 1908. 1 vol. in-8. 10 fr.

DUGALD-STEWART. \* *Philosophie de l'esprit humain*. 3 vol. in-12. 9 fr.

LYON (G.), recteur de l'Académie de Lille. \* *L'Idéalisme en Angleterre au XVIII<sup>e</sup> siècle*. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

## PHILOSOPHIE ALLEMANDE

BÉGUELIN. Nicolas de Béguelin (1714-1789). *Fragment de l'histoire des idées philosophiques en Allemagne dans la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle*, par P. DUMONT. 1 vol. gr. in-8. 4 fr.

FEUERBACH. *Sa Philosophie*, par A. LÉVY, prof. à l'Univ. de Nancy. 1 vol. in-8. 10 fr.

HEGEL. \* *Logique*. 2 vol. in-8. 14 fr.

— \* *Philosophie de la Nature*. 3 v. in-8. 25 fr.

— \* *Philosophie de l'Esprit*. 2 vol. in-8. 18 fr.

— \* *Philosophie de la Religion*. 2 vol. 20 fr.

— *La Poétique*. 2 vol. in-8. 12 fr.

— *Esthétique*. 2 vol. in-8. 16 fr.

— *Antécédents de l'Hégélianisme dans la philosophie française*, par E. BEAUSSIRE. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

— *Introduction à la Philosophie de Hegel*, par VÉNA. 1 vol. in-8. 6 fr. 50

— \* *La Logique de Hegel*, par Eug. NOEL. 1 vol. in-8. 3 fr.

HERBART. \* *Principales Œuvres pédagogiques*, trad. Pinloche. in-8. 7 fr. 50

— *La Métaphysique de Herbart et la critique de Kant*, par M. MAUXION, prof. à l'Univ. de Poitiers. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

— *L'Éducation par l'Instruction et Herbart*, par le même. 2<sup>e</sup> éd. 1 v. in-16. 1906. 2 fr. 50

JACOBI. *Sa Philosophie*, par L. LÉVY-BAUHL. 1 vol. in-8. 3 fr.

KANT. *Critique de la Raison pratique*, trad., introd. et notes, par M. Picavet. 3<sup>e</sup> éd. 1 vol. in-8. 6 fr.

— \* *Critique de la Raison pure*, traduction par MM. Pacaud et Tremesaygues. 2<sup>e</sup> éd., in-8. 12 fr.

— *Éclaircissements sur la Critique de la Raison pure*, trad. Tissot. 1 vol. in-8. 6 fr.

— *Doctrine de la Vertu*, traduction Barni. 1 vol. in-8. 8 fr.

— \* *Mélanges de Logique*, traduction Tissot. 1 vol. in-8. 6 fr.

— \* *Essai sur l'Esthétique de Kant*, par V. BASCH. 1 vol. in-8. 10 fr.

— *Sa Morale*, par A. CRESSON. 2<sup>e</sup> éd., 1 vol. in-16. 2 fr. 50

— *Sa Philosophie pratique*, par V. DELBOIS, membre de l'Institut. 1 vol. in-8. 12 fr. 50

— *L'Idée ou Critique du Kantisme*, par C. PIAT. 2<sup>e</sup> éd. 1 vol. in-8. 6 fr.

KANT et FICHTE et le Problème de l'Éducation, par Paul DUPROIX. 1 vol. in-8. 1896. 5 fr.

KNUTZEN. \* *Martin Knutzen. La Critique de l'Harmonie préétablie*, par VAN BIÈMA, docteur ès lettres. 1908. 1 vol. in-8. 3 fr.

SCHELLING. Bruno, ou du Principe divin. 1 vol. in-8. 3 fr. 50

- SCHILLER. Sa Poétique, par V. BASCH, chargé de cours à la Sorbonne. 2<sup>e</sup> édit. revue. 1911. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50
- SCHLEIERMACHER. Sa philosophie religieuse, par E. GRAMMASEL, doct. ès lettres, agrégé de phil. 1 vol. in-8. 1909... 5 fr.
- SCHOPENHAUER (A.). Le Monde comme Volonté et comme Représentation. Trad. par A. Burdeau, 5<sup>e</sup> édit., 3 volumes in-8. Chaque volume..... 7 fr. 50
- Essai sur le Libre Arbitre. Trad. et introd. par Salomon Reinach, 11<sup>e</sup> édition. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50
- Le Fondement de la Morale. Trad. par A. Burdeau, 10<sup>e</sup> édit. 1 vol. in-16. 2 fr. 50
- Pensées et Fragments. *Vie et Correspondance. — Les Douleurs du Monde. — L'Amour. — La Mort. — L'Art et la Morale.* Traduit par J. Bourdeau, 23<sup>e</sup> édition. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50

*Parerga et Paralipomena.*

- Aphorismes sur la Sagesse dans la Vie. Traduit par M. Cantacuzene, 9<sup>e</sup> édit. 1 vol. in-8..... 5 fr.
- Écrivains et Style. Trad., introd. et notes par A. Dietrich. 1 vol. in-16, 2<sup>e</sup> éd. 2 fr. 50
- Sur la Religion. Trad., introd. et notes de A. Dietrich. 1 vol. in-16, 2<sup>e</sup> édit. 2 fr. 50

SCHOPENHAUER. (Suite des *Parerga et Paralipomena.*)

- Philosophie et Philosophes. Trad., introd. et notes par A. Dietrich. 1 v. in-16. 2 fr. 50
- Ethique, Droit et Politique. Trad., introd. et notes par A. Dietrich. 1 v. in-16. 2 fr. 50
- Métaphysique et Esthétique. Trad., introd. et notes par A. Dietrich. 1 v. in-16. 2 fr. 50
- Philosophie et science de la nature. Trad., introd. et notes par A. DIETRICH. 1 v. in-16..... 2 fr. 50
- La Philosophie de Schopenhauer, par Th. Ribot, 12<sup>e</sup> éd., 1 vol. in-16. 2 fr. 50
- L'Optimisme de Schopenhauer. *Étude sur Schopenhauer*, par S. RZEWUSKI. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50

STRAUSS (David-Frédéric). Sa vie et son œuvre, par A. Lévy, prof. de littérature allemande à l'Université de Nancy. 1 vol. in-8. 1910..... 5 fr.

DELACROIX (H.), maître de conférences à la Sorbonne. *Essai sur le Mysticisme spéculatif en Allemagne au XIV<sup>e</sup> siècle*, 1 vol. in-8. 1900..... 5 fr.

VAN BIEMA (E.), docteur ès lettres, agrégé de philosophie. \*L'Espace et le Temps chez Leibniz et chez Kant. 1908. 1 vol. in-8. 6 fr.

## LES GRANDS PHILOSOPHES

Publiés sous la direction de M. C. PIAT

Agrégé de philosophie, docteur ès lettres, professeur à l'Institut catholique de Paris.

*Liste des volumes par ordre d'apparition.*

- \* Kant, par M. RUYSSER, professeur à l'Université de Bordeaux. 2<sup>e</sup> édition. 1 vol. in-8. (*Couronné par l'Institut.*)..... 7 fr. 50
- \* Socrate, par C. PIAT. 1 vol. in-8..... 5 fr.
- \* Avicenne, par le baron CARA DE VAUX. 1 vol. in-8..... 5 fr.
- \* Saint Augustin, par Jules MARTIN. 2<sup>e</sup> édition. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50
- \* Malebranche, par Henri JOLY, de l'Institut. 1 vol. in-8..... 5 fr.
- \* Pascal, par A. HATZFELD. 1 vol. in-8..... 5 fr.
- \* Saint Anselme, par le C<sup>te</sup> DOMET DE VORGES. 1 vol. in-8..... 5 fr.
- Spinoza, par P.-L. COUCHOUX, agrégé de l'Université. 1 vol. in-8. (*Couronné par l'Académie française.*)..... 5 fr.
- Aristote, par C. PIAT. 1 vol. in-8..... 5 fr.
- Gazali, par le baron CARA DE VAUX. 1 vol. in-8. (*Couronné par l'Académie française.*)..... 5 fr.
- \* Maine de Biran, par Marius COUAILHAC. 1 vol. in-8. (*Récompensé par l'Institut.*) 7 fr. 50
- \* Platon, par C. PIAT. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50
- Montaigne, par F. STROWSKI, professeur à l'Université de Bordeaux. 1 vol. in-8..... 6 fr.
- Philon, par Jules MARTIN. 1 vol. in-8..... 5 fr.
- Rosmini, par J. PALHORIÈS, docteur ès lettres. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50
- \* Saint Thomas d'Aquin, par A. D. SERTILLANGES, professeur à l'Institut catholique de Paris. 2 volumes in-8 (*Couronné par l'Institut.*)..... 12 fr.
- \* Epicure, par E. JOYAU, professeur à l'Université de Clermont-Ferrand. 1 vol. in-8. 5 fr.
- Chrystippe, par E. BRÉHIER, maître de conférences à l'Université de Rennes. 1 vol. in-8 (*Récompensé par l'Institut.*)..... 5 fr.
- \* Schopenhauer, par Th. RUYSSER. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50
- Maimonide, par L.-G. Lévy, doct. ès lettres, rabbin de l'union libérale israélite. 1 vol. in-8. 5 fr.

## LES MAITRES DE LA MUSIQUE

Études d'Histoire et d'Esthétique, publiées sous la direction de M. JEAN CHANTAVOINE

Chaque volume in-8 écu de 250 pages environ..... 3 fr. 50  
Collection honorée d'une souscription du Ministère des Beaux-Arts.

*Viennent de paraître :*

- L'Art grégorien, par AMÉDÉE GASTOUÉ (2<sup>e</sup> éd.). | \* Haendel, par ROMAIN ROLLAND (3<sup>e</sup> éd.).  
Lully, par LIONEL DE LA LAURENCIE. | Liszt, par JEAN CHANTAVOINE (2<sup>e</sup> éd.).

*Précédemment parus :*

- \* Gluck, par JULIEN TIERSOT.  
Wagner, par HENRI LICHTENBERGER (3<sup>e</sup> éd.).  
Trouvères et Troubadours, par PIERRE AUBRY (2<sup>e</sup> éd.).  
\* Haydn, par MICHEL BRENET (2<sup>e</sup> éd.).  
\* Rameau, IRIS + LILLIAD Université Lille  
\* Moussorgsky, p. M.-D. CALVOCORESSI (2<sup>e</sup> éd.) | \* J.-S. Bach, par ANDRÉ PIRRO (3<sup>e</sup> éd.).  
\* César Franck, par VINCENT D'INDY (5<sup>e</sup> éd.).  
\* Palestrina, par MICHEL BRENET (3<sup>e</sup> éd.).  
\* Beethoven, par JEAN CHANTAVOINE (6<sup>e</sup> éd.).  
\* Mendelssohn, par C. BELLAIGUE (3<sup>e</sup> éd.).  
\* Smetana, par WILLIAM RITTER.  
\* Gounod, par C. BELLAIGUE (2<sup>e</sup> éd.).

# BIBLIOTHÈQUE GÉNÉRALE

## DES

# SCIENCES SOCIALES

*Secrét. de la Rédaction* : DICK MAY, *Secrét. général de l'École des Hautes-Études Sociales.*

Chaque volume in-8 de 300 pages environ, cartonné à l'anglaise..... 6 fr.

### LISTE PAR ORDRE D'APPARITION

1. **L'Individualisation de la peine**, par R. SALELLES, professeur à la Faculté de droit de l'Université de Paris, 2<sup>e</sup> édit. mise au point par G. MORIN, docteur en droit.
2. **L'Idéalisme social**, par Eug. FOURNIÈRE, prof. au Conservatoire des Arts et Métiers. 2<sup>e</sup> éd.
3. \* **Ouvriers du temps passé** (xv<sup>e</sup> et xvi<sup>e</sup> siècles), par H. HAUSER, professeur à l'Université de Dijon. 3<sup>e</sup> édit.
4. \* **Les Transformations du pouvoir**, par G. TARDE, de l'Institut. 2<sup>e</sup> édit.
5. \* **Morale sociale**, par MM. G. BELOT, MARCEL BERNÈS, BRUNSCHVICG, F. BUISSON, DARLU, DAURIAC, DELBET, Ch. GIDE, M. KOVALEVSKY, MALAPERT, le R. P. MAUMUS, DE ROBERTY, G. SOREL, le Pasteur WAGNER. Préf. d'E. BOUTROUX, de l'Institut. 2<sup>e</sup> éd.
6. \* **Les Enquêtes**, pratique et théorie, par P. DU MAROUSSEM. (*Couronné par l'Institut.*)
7. \* **Questions de Morale**, par MM. BELOT, BERNÈS, F. BUISSON, A. CROISSET, DARLU, DELBOS, FOURNIÈRE, MALAPERT, MOCH, PARODI, G. SOREL. 2<sup>e</sup> édit.
8. **Le Développement du catholicisme social** depuis l'encyclique *Rerum novarum*, par Max TURMANN, professeur à la Faculté de droit de l'Université de Fribourg. 2<sup>e</sup> édit.
9. **Le Socialisme sans doctrine. La Question ouvrière et la Question agraire en Australie et en Nouvelle-Zélande**, par Albert MÉTIN, député, agrégé de l'Université, 2<sup>e</sup> édit.
10. \* **Assistance sociale. Pauvres et Mendiants**, par Paul STRAUSS, sénateur.
11. \* **L'Éducation morale dans l'Université**, par MM. LÉVY-BRUHL, DARLU, M. BERNÈS, KORTZ, CLAIRIN, ROCAFORT, BIOCHE, Ph. GIDEL, MALAPERT, BELOT.
12. \* **La Méthode historique appliquée aux sciences sociales**, par Charles SEIGNOBOS, professeur à la Sorbonne. 2<sup>e</sup> édit.
13. \* **L'Hygiène sociale**, par E. DUCLAUX, de l'Institut, directeur de l'Institut Pasteur.
14. **Le Contrat de travail. Le rôle des syndicats professionnels**, par P. BUREAU, professeur à la Faculté libre de droit de Paris.
15. \* **Essai d'une philosophie de la solidarité**, par MM. DARLU, RAUH, F. BUISSON, GIDE, X. LÉON, LA FONTAINE, LÉON BOURGEOIS, E. BOUTROUX. 2<sup>e</sup> édit.
16. \* **L'Exode rural et le retour aux champs**, par E. VANDERVELDE. 2<sup>e</sup> édit.
17. \* **L'Éducation de la démocratie**, par MM. E. LAVISSE, A. CROISSET, Ch. SEIGNOBOS, P. MALAPERT, G. LANSON, J. HADAMARD. 2<sup>e</sup> édit.
18. \* **La Lutte pour l'existence et l'évolution des sociétés**, par J.-L. de LANESSAN, député.
19. \* **La Concurrence sociale et les devoirs sociaux**, par le MÊME.
20. \* **L'Individualisme anarchiste. Max Stirner**, par V. BASCH, professeur à la Sorbonne.
21. \* **La Démocratie devant la science**, par C. BOUGLÉ, chargé de cours à la Sorbonne. 2<sup>e</sup> édit. revue. (*itécompensé par l'Institut.*)
22. \* **Les Applications sociales de la solidarité**, par MM. P. BUDIN, Ch. GIDE, H. MONOD, PAULET, ROBIN, SIEGFRIED, BROUARDEL. Préface de M. Léon Bourgeois, sénateur.
23. **La Paix et l'Enseignement pacifiste**, par MM. Fr. PASSY, Ch. RICHER, d'ESTOURNELLES DE CONSTANT, E. BOURGEOIS, A. WEISS, H. LA FONTAINE, G. LYON.
24. \* **Études sur la philosophie morale au XIX<sup>e</sup> siècle**, par MM. BELOT, DARLU, M. BERNÈS, A. LANDRY, GIDE, ROBERTY, ALLIER, H. LICHTENBERGER, L. BRUNSCHVICG.
25. \* **Enseignement et Démocratie**, par MM. APPELL, J. BOITEL, A. CROISSET, A. DEVINAT, Ch. V. LANSON, G. LANSON, A. SHELLEMAN, Ch. SEIGNOBOS.

26. \* **Religions et Sociétés**, par MM. Th. REINACH, A. PUECH, R. ALLIER, A. LEROY-BEAULIEU, le baron CARRA DE VAUX, H. DREYFUS.
27. \* **Essais socialistes. La religion, l'art, l'alcool**, par E. VANDERVELDE.
28. \* **Le Surpeuplement et les habitations à bon marché**, par H. TUROT, conseiller municipal de Paris, et H. BELLAMY.
29. \* **L'Individu, l'Association et l'État**, par E. FOURNIÈRE.
30. \* **Les Trusts et les Syndicats de producteurs**, par J. CHASTIN, professeur au lycée Voltaire. (*Récompensé par l'Institut.*)
31. \* **Le Droit de grève**, par MM. Ch. GIDE, H. BARTHÉLEMY, P. BUREAU, A. KEUFER, C. PERREAU, Ch. PICQUENARD, A.-E. SAVOUS, F. FAGNOT, E. VANDERVELDE.
32. \* **Morales et Religions**, par R. ALLIER, G. BELOT, le baron CARRA DE VAUX, F. CHALLAYE, A. CROISSET, L. DORZON, E. EHRRHARDT, E. de FAYE, Ad. LODS, W. MONOD, A. PUECH.
33. **La Nation armée**, par MM. le Général BAZAINE-HAYTER, C. BOUGLÉ, E. BOURGEOIS, le C<sup>o</sup> BOURGUET, E. BOUTROUX, A. CROISSET, G. DEMENY, G. LANSON, L. PINEAU, le C<sup>o</sup> POTEZ, F. RAUH.
34. \* **La Criminalité dans l'adolescence. Causes et remèdes d'un mal social actuel**, par G.-L. DUPRAT, docteur ès lettres. (*Couronné par l'Institut.*)
35. \* **Médecine et pédagogie**, par MM. le D<sup>r</sup> ALBERT MATHIEU, le D<sup>r</sup> GILLET, le D<sup>r</sup> H. MÉRY, le D<sup>r</sup> GRANJUX, P. MALAPERT, le D<sup>r</sup> LUCIEN BUTTE, le D<sup>r</sup> PIERRE RÉGNIER, le D<sup>r</sup> L. DUPESTEL, le D<sup>r</sup> LOUIS GUINON, le D<sup>r</sup> NOBÉCOURT, L. BOUGIER. Préface de M. le D<sup>r</sup> E. MOSNY, de l'Académie de Médecine.
36. \* **La Lutte contre le crime**, par J.-L. DE LANESSAN, député.
37. **La Belgique et le Congo, Le passé, le présent, l'avenir**, par E. VANDERVELDE.
38. \* **La Dépopulation de la France. Ses conséquences. Ses causes. Mesures à prendre pour la combattre**, par le D<sup>r</sup> J. BERTILLON; chef des travaux statistiques de la Ville de Paris. (*Couronné par l'Institut.*)
39. \* **L'Enseignement du français**, par H. BOURGIN, A. CROISSET, P. CROUZET, M. LAÇABE-PLASTEIG, G. LANSON, Ch. MAQUET, J. PRETTRE, G. RUDLER, A. WEIL (*École des Hautes-Études sociales*).
40. **La Séparation de l'Église et de l'État. Origines. Étapes. Bilan**, par J. DE NARFON.

## PUBLICATIONS HISTORIQUES ILLUSTRÉES

- \* **DE SAINT-LOUIS A TRIPOLI, PAR LE LAC TCHAD**, par le lieutenant-colonel MONTHEIL. 1 beau vol. in-8 colombier, précédé d'une préface de M. de Vogüé, de l'Académie française, illustrations de Riou, 1895. (*Ouvrage couronné par l'Académie française. Prix Monthyon*), broché, 20 fr. — Relié amateur..... 28 fr.
- \* **HISTOIRE ILLUSTRÉE DU SECOND EMPIRE**, par Taxile DELORD. 6 vol. in-8, avec 500 gravures. Chaque vol. broché..... 8 fr.

## MINISTRES ET HOMMES D'ÉTAT

- H. VELSCHINGER, de l'Institut. — \* **Bismarck**. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50
- H. LÉONARDON. — \* **Prim**. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50
- M. COURCELLE. — \* **Disraëli**. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50
- M. COURANT. — **Okoubo**. 1 vol. in-16 avec un portrait..... 2 fr. 50
- A. VIALATE. — **Chamkerlain**. Préface de E. BOUTMY. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50

## BIBLIOTHÈQUE DE PHILOGIE ET DE LITTÉRATURE MODERNES

### Liste des volumes par ordre d'apparition :

- SCHILLER (*Études sur*), par MM. SCHMIDT, FAUCONNET, ANDLER, XAVIER LÉON, SPENLÉ, BALDENSPERGER, DRESCH, TIBAL, EHRRHARD, M<sup>me</sup> TALAYRACH d'ECKARDT, H. LICHTENBERGER, A. LÉVY. 1 vol. in-8. 1906..... 4 fr.
- CHAUCEUR (G.). \* **Les contes de Canterbury**. Traduction française avec une introduction et des notes. 1 vol. grand in-8. 1908..... 12 fr.
- MEYER (André). *Étude critique sur les relations d'Érasme et de Luther*. Préface de M. Ch. ANDLER. 1 vol. in-8. 1909..... 4 fr.
- FRANÇOIS PONCET (A.). *Les affinités électives de Goethe*. Préface de M. H. LICHTENBERGER. 1 vol. in-8. 1910..... 5 fr.
- BIANQUIS (G.), docteur ès lettres, agrégé d'allemand. *Caroline de Gûnderode (1780-1806)*, avec des lettres inédites. 1910. 1 vol. in-8..... 10 fr.
- LOISEAU (H.), professeur-adjoint à l'Univ. de Toulouse. *L'Évolution morale de Goethe. Les années de libre formation 1749-1794*. 1 vol. gr. in-8. .... 15 fr.

## BIBLIOTHÈQUE D'HISTOIRE CONTEMPORAINE

Volumes in-16 brochés à 3 fr. 50. — Volumes in-8 brochés de divers prix.

## Volumes parus en 1910 et 1911 :

- ALBIN (P.). Les grands Traités politiques. *Recueil des principaux textes diplomatiques depuis 1815 jusqu'à nos jours*. Avec des commentaires et des notes. Préface de M. Hebertte. 1910. 1 vol. in-8. . . . . 10 fr.
- AUGIER (Ch.), inspecteur principal des douanes à Nice, et MARVAUD (A.), docteur en droit. La Politique douanière de la France dans ses rapports avec celle des autres états. Préface de L.-L. Klotz, ancien ministre des finances. 1911. 1 vol. in-8. . . . . 7 fr.
- BUSSON (H.), FEVRE (J.) et HAUSER (H.). \* Notre empire colonial. 1 vol. in-8 avec 108 grav. et cartes dans le texte. . . . . 5 fr.
- CONARD (P.), docteur ès lettres. Napoléon et la Catalogne (1808-1814). Tome I. *La captivité de Barcelone. (Février 1808-Janvier 1810)*. 1910. 1 vol. in-8 avec 1 carte hors texte. (Prix Peyrat, 1910). . . . . 10 fr.
- DRIAULT (E.), agrégé d'histoire. Austerlitz. La fin du Saint-Empire (1804-1806) (*Napoléon et l'Europe II*). 1912. 1 vol. in-8. . . . . 7 fr.
- GUYOT (R.), docteur ès lettres, agrégé d'histoire. Le Directoire et la paix de l'Europe des traités de Bâle à la deuxième coalition (1795-1799). 1911. 1 vol. in-8. . . . . 15 fr.
- HUBERT (L.), sénateur. L'Effort allemand. *L'Allemagne et la France au point de vue économique*. 1911. 1 vol. in-16. . . . . 3 fr. 50
- LEBEGUE (E.), doct. ès lettres, agrégé d'histoire. \* Thouret (1746-1794). *La vie et l'œuvre d'un constituant*. 1910. 1 vol. in-8. . . . . 7 fr.
- LEGER (L.), de l'Institut, prof. au Collège de France. La Renaissance tchèque au dix-neuvième siècle. 1911. 1 vol. in-16. . . . . 3 fr. 50
- MARVAUD (A.). La Question sociale en Espagne. 1910. 1 vol. in-8. . . . . 7 fr.
- Le Portugal et ses colonies. *Étude politique et économique*. 1912. 1 vol. in-8. . . . . 5 fr.
- MOYSSSET (H.). L'Esprit public en Allemagne vingt ans après Bismarck. 1911. 1 vol. in-8. . . . . 5 fr.
- PAUL-LOUIS. Le Syndicalisme contre l'État. 1910. 1 vol. in-16. . . . . 3 fr. 50
- PERNOT (M.). La Politique de Pie X (1906-1910). *Modernistes, Affaires de France, Catholiques d'Allemagne et d'Italie. Réformes romaines. La correspondance de Rome et de la France*. Préface de M. E. BOUTROUX, de l'Institut. 1910. 1 vol. in-16. . . . . 3 fr. 50
- PIERRE-MARCEL (R.). Essai politique sur Alexis de Tocqueville, avec un grand nombre de documents inédits. 1910. 1 vol. in-8 (*Cour. par l'Acad. franc.*). . . . . 7 fr.
- Questions actuelles de politique étrangère en Asie. *L'Asie ottomane. Les compétitions dans l'Asie centrale et les réactions indigènes. La transformation de la Chine. La politique et les aspirations du Japon. La France et la situation politique en Extrême-Orient*, par MM. le baron de COURCEL, P. DESCHANEL, P. DOUMER, É. ETIENNE, le général LÉBON, VICTOR BÉNAUD, R. DE CAIX, M. REYON, JEAN RODES, D' ROUIRE, 1910. 1 vol. in-16, avec 4 cartes hors texte. . . . . 3 fr. 50
- Questions actuelles de politique étrangère en Europe. *La politique anglaise. La politique allemande. La question d'Autriche-Hongrie. La question de Macédoine et des Balkans. La question russe*, par MM. F. CHARMES, A. LEROY-BEAULIEU, R. MILLET, A. RIBOT, A. VANDAL, R. DE CAIX, R. HENRY, G. LOUIS-JARAY, R. PINON, A. TARDIEU. Nouvelle édition refondue et mise à jour. 1911. 1 vol. in-16 avec 5 cartes hors texte. . . . . 3 fr. 50
- Questions actuelles de politique étrangère dans l'Amérique du Nord. *Le Canada et l'Impérialisme britannique. Le canal de Panama. Le Mexique et son développement économique. Les États-Unis et la crise des partis. La doctrine de Monroë et le panaméricanisme*, par A. SIEGFRIED, P. de ROUSIERS, de PÉRIGNY, F. ROZ, A. TARDIEU. 1911. 1 vol. in-16, avec 5 cartes hors texte. . . . . 3 fr. 50
- RUVILLE (A. de), professeur à l'Université de Halle. \* La restauration de l'empire allemand. *Le rôle de la Bavière*. Traduit de l'allemand par P. ALBIN, avec une introduction sur les papiers de Cerçay et le secret des correspondances diplomatiques, par J. REINACH, député. 1911. 1 vol. in-8. . . . . 7 fr.
- La Vie politique dans les Deux Mondes. Publiée sous la direction de A. VIALATE, et M. CAUDEL professeur à l'École libre des Sciences politiques, avec la collaboration de professeurs et d'anciens élèves de l'École.  
4<sup>e</sup> année (1909-1910). 1 fort vol. in-8. . . . . 10 fr.

## Précédemment publiés :

## EUROPE

- DEBIDOUR (A.), professeur à la Sorbonne. \* Histoire diplomatique de l'Europe, de 1815 à 1878. 2 vol. in-8. (*Ouvrage couronné par l'Institut.*) . . . . . 18 fr.
- DRIAULT (E.), agrégé d'histoire. \* Vue générale de l'histoire de la civilisation. I. *Les origines*. II. *Les temps modernes*. 3<sup>e</sup> édition, revue, 1910. 2 vol. in-16 avec 218 gravures et 34 cartes. (*Récompensés par l'Institut.*) . . . . . 7 fr.
- DOELLINGER (L. de). La Papauté, ses origines au moyen âge, son influence jusqu'en 1870. Traduit par A. Giraud-Teulon. 1904. 1 vol. in-8. . . . . 7 fr.
- LEMONON (E.). L'Europe et la politique britannique (1832-1909). Préface de M. Paul Deschanel, de l'Académie française. 1 vol. in-8. . . . . 10 fr.
- SYBEL (H. de). \* Histoire de l'Europe pendant la Révolution française, traduit de l'allemand par M<sup>lle</sup> Dosquet. Ouvrage complet en 6 vol. in-8. . . . . 42 fr.
- TARDIEU (A.), secrétaire honoraire d'ambassade. La Conférence d'Algésiras. *Histoire diplomatique de la crise marocaine* (15 janvier-7 avril 1906). 3<sup>e</sup> édit., revue et augmentée d'un appendice sur *Le Maroc après la Conférence (1906-1909)*. 1 vol. in-8. 1909. . . . . 10 fr.
- \* Questions diplomatiques de l'année 1904. 1 vol. in-16. (*Ouvrage couronné par l'Académie française.*) 1905. . . . . 3 fr. 50

## FRANCE

## Révolution et Empire.

- AULARD (A.), professeur à la Sorbonne. \* *Le Culte de la Raison et le Culte de l'Être suprême, étude historique (1793-1794)*. 3<sup>e</sup> édit. 1 vol. in-16. 3 fr. 50  
 — \* *Études et leçons sur la Révolution française*. 6 vol. in-16. Chacun. 3 fr. 50  
 BOITEAU (P.). *État de la France en 1789*. 2<sup>e</sup> édition. 1 vol. in-8. 10 fr.  
 BORNAREL (E.), docteur ès lettres. \* *Cambon et la Révolution française*. 1 vol. in-8. 7 fr.  
 CAHEN (L.), docteur ès lettres, professeur au lycée Condorcet. \* *Condorcet et la Révolution française*. 1 vol. in-8. (*Récompensé par l'Institut*). 10 fr.  
 CARNOT (H.), sénateur. \* *La Révolution française, résumé historique*. 1 vol. in-16. 3 fr. 50  
 DEBIDOUR (A.), professeur à la Sorbonne. \* *Histoire des rapports de l'Église et de l'État en France (1789-1870)*. 1 fort vol. in-8. (*Couronné par l'Institut*). 1898. 12 fr.  
 DRIAULT (E.), agrégé d'histoire. *La Politique orientale de Napoléon*. SÉBASTIANI et GARDANE (1806-1808). 1 vol. in-8. (*Récompensé par l'Institut*). 1902. 7 fr.  
 — \* *Napoléon en Italie (1800-1812)*. 1 vol. in-8. 1906. 10 fr.  
 — *La Politique extérieure du 1<sup>er</sup> Consul (1800-1803)*. (*Napoléon et l'Europe*, I.). 1 vol. in-8. 1909 (*Cour. par l'Acad. franc.*). 7 fr.  
 DUMOULIN (Maurice). \* *Figures du temps passé*. 1 vol. in-16. 1906. 3 fr. 50  
 GOMEL (G.). *Les Causes financières de la Révolution française. Les ministères de Turgot et de Necker*. 1 vol. in-8. 8 fr.  
 — *Les Causes financières de la Révolution française. Les derniers Contrôleurs généraux*. 1 vol. in-8. 8 fr.  
 — *Histoire financière de l'Assemblée Constituante (1789-1794)*. 2 vol. in-8. 16 fr. — Tome I : (1789). 8 fr. Tome II : (1790-1794). 8 fr.  
 — *Histoire financière de la Législative et de la Convention*. 2 vol. in-8. 15 fr. — Tome I : (1792-1793). 7 fr. 50. Tome II : (1793-1795). 7 fr. 50  
 HARTMANN (Lieut.-Colonel). *Les officiers de l'armée royale et la Révolution*. 1 vol. in-8. 1909. (*Récompensé par l'Institut*). 10 fr.  
 MATHIEZ (A.), prof. à l'Univ. de Besançon. \* *La Théophilanthropie et le culte décadaire (1796-1801)*. 1 vol. in-8. 1903. 12 fr.  
 — \* *Contributions à l'histoire religieuse de la Révolution française*. in-16. 1906. 3 fr. 50  
 MARCELLIN PELLET, ancien député. *Variétés révolutionnaires*. 3 vol. in-16, précédés d'une préface de A. Ranc. Chaque vol. séparément. 3 fr. 50  
 MOLLIER (Cte). *Mémoires d'un ministre du trésor public (1780-1845)*, publiés par M. Ch. Gomel. 3 vol. in-8. 15 fr.  
 SILVESTRE, professeur à l'École des Sciences politiques. *De Waterloo à Sainte-Hélène (20 juin-16 octobre 1815)*. 1 vol. in-16. 3 fr. 50  
 SPULLER (Eug.), ancien ministre de l'Instruction publique. *Hommes et choses de la Révolution*. 1 vol. in-18. 3 fr. 50  
 STOURM (R.), de l'Institut. *Les Finances de l'ancien régime et de la Révolution*. 2 vol. in-8. 16 fr.  
 — *Les finances du Consulat*. 1 vol. in-8. 7 fr. 50  
 THENARD (L.) et GUYOT (R.). \* *Le Conventionnel Goujon (1766-1793)*. 1 vol. in-8. (*Récompensé par l'Institut*). 1908. 5 fr.  
 VALLAUX (C.). \* *Les Campagnes des armées françaises (1793-1815)*. 1 vol. in-16, avec 17 cartes dans le texte. 3 fr. 50

## Époque contemporaine.

- BLANC (Louis). \* *Histoire de Dix ans (1830-1840)*. 5 vol. in-8. 25 fr.  
 CHALLAYE (F.). *Le Congo Français. La question internationale du Congo*. in-8. 1909. 5 fr.  
 DEBIDOUR, professeur à la Sorbonne. \* *Histoire des rapports de l'Église et de l'État en France (1789-1870)*. 2<sup>e</sup> édit. 1 fort vol. in-8. (*Couronné par l'Institut*). 12 fr.  
 — \* *L'Église catholique en France sous la troisième République (1870-1906)*. — I. (1870-1889). 1 vol. in-8. 1906. 7 fr. — II. (1889-1906). 1 vol. in-8. 1909. 40 fr.  
 DELORD (Taxile). \* *Histoire du second Empire (1848-1870)*. 6 vol. in-8. 42 fr.  
 FEVRE (J.), professeur à l'École normale de Dijon, et H. HAUSER, professeur à l'Université de Dijon. \* *Régions et pays de France*. 1 vol. in-8, avec 147 gravures et cartes dans le texte. 1909 (*Récompensé par l'Institut*). 7 fr.  
 GAFFAREL (P.), professeur à l'Université d'Aix-Marseille. \* *La politique coloniale en France (1789-1830)*. 1 vol. in-8. 1907. 7 fr.  
 — \* *Les Colonies françaises*. 1 vol. in-8. 6<sup>e</sup> édition revue et augmentée. 5 fr.  
 GAISMAN (A.). \* *L'Œuvre de la France au Tonkin*. Préface de M. J.-L. de Lanessan. 1 vol. in-16 avec 4 cartes en couleurs. 1906. 3 fr. 50  
 HUBERT (L.), sénateur. \* *L'Éveil d'un monde. L'œuvre de la France en Afrique Occidentale*. 1 vol. in-16. 1909. 3 fr. 50  
 LANESSAN (J.-L. de), député, ancien ministre. \* *L'Indo-Chine française. Étude économique, politique et administrative*. 1 vol. in-8, avec 5 cartes en couleurs hors texte. 15 fr.  
 — \* *L'État et les Églises en France. Histoire de leurs rapports, des origines jusqu'à la Séparation*. 1 vol. in-16. 1906. 3 fr. 50  
 — \* *Les Missions et leur protectorat*. 1 vol. in-16. 1907. 3 fr. 50  
 LAPIE (P.), recteur de l'Académie de Toulouse. *Les Civilisations tunisiennes (Musulmans, Israélites, Européens)*. in-16. 1898 (*Couronné par l'Académie française*). 3 fr. 50  
 LEBLOND (Marius-Ary). *La Société française sous la troisième République*. 1 vol. in-8. 1905. 5 fr.  
 NOEL (O.). *Histoire du commerce extérieur de la France depuis la Révolution*. 1 vol. in-8. 6 fr.  
 PIOLET (J.-B.). *La France hors de France, notre émigration, sa nécessité, ses conditions*. 1 vol. in-8. 1900 (*Couronné par l'Institut*). 10 fr.

- SCHEFER (Ch.), professeur à l'École des sciences politiques. *La France moderne et le problème colonial (1815-1830)*. 1 vol. in-8. 7 fr.
- SPULLER (E.), ancien ministre de l'Instruction publique. \* *Figures disparues*, portraits contemporains littéraires et politiques. 3 vol. in-16. Chacun. 3 fr. 50
- TARDIEU (A.), secrétaire honoraire d'ambassade. \* *La France et les Alliances. La lutte pour l'équilibre*. 3<sup>e</sup> édition, refondue et complétée, 1910. 1 vol. in-16. (Récompensé par l'Institut.) 3 fr. 50
- TCHERNOFF (J.). *Associations et Sociétés secrètes sous la deuxième République (1848-1854)*. 1 vol. in-8. 1905. 7 fr.
- VIGNON (L.), professeur à l'École coloniale. *La France dans l'Afrique du nord*. 2<sup>e</sup> édition. 1 vol. in-8. (Récompensé par l'Institut.) 7 fr.
- *L'Expansion de la France*. 1 vol. in-18. 3 fr. 50. — LE MÊME. Édition in-8. 7 fr.
- WAHL, inspecteur général de l'Instruction publique, et A. BERNARD, professeur à la Sorbonne. \* *L'Algérie*. 1 vol. in-8. 5<sup>e</sup> édit., 1908. (Ouvrage couronné par l'Institut.) 5 fr.
- WEILL (G.), prof. adjoint à l'Univ. de Caen. *Le Parti républicain en France de 1814 à 1870*. 1 vol. in-8. 1900. (Récompensé par l'Institut.) 10 fr.
- *Histoire du mouvement social en France (1852-1910)*. 2<sup>e</sup> édition. 1 vol. in-8. 10 fr.
- *L'École saint-simonienne, son histoire, son influence jusqu'à nos jours*. In 16. 1896. 3 fr. 50
- *Histoire du catholicisme libéral en France (1828-1908)*. 1 vol. in-16. 3 fr. 50
- ZEVORT (E.), recteur de l'Académie de Caen. *Histoire de la troisième République* :  
Tome I. \* *La Présidence de M. Thiers*. 1 vol. in-8. 3<sup>e</sup> édit. 7 fr.  
Tome II. \* *La Présidence du Maréchal*. 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édit. 7 fr.  
Tome III. \* *La Présidence de Jules Grévy*. 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édit. 7 fr.  
Tome IV. *La Présidence de Sadi Carnot*. 1 vol. in-8. 7 fr.

### ANGLETERRE

- MANTOUX (P.), docteur ès lettres. *A travers l'Angleterre contemporaine. La guerre sud-africaine et l'opinion. L'organisation du parti ouvrier. L'évolution du Gouvernement et de l'État*. Préface de M. G. Monod, de l'Institut. 1 vol. in-16. 3 fr. 50
- METIN (Albert), député, prof. à l'École Coloniale. \* *Le Socialisme en Angleterre*. 1 vol. in-16. 3 fr. 50

### ALLEMAGNE

- ANDLER (Ch.), prof. à la Sorbonne. \* *Les Origines du socialisme d'État en Allemagne*. 2<sup>e</sup> édition, revue, 1911. 1 vol. in-8. 7 fr.
- GUILLAND (A.), professeur d'histoire à l'École polytechnique suisse. \* *L'Allemagne nouvelle et ses historiens*. 1 vol. in-8. 1899. 5 fr.
- MATTER (P.), doct. en droit, substitut du procureur général de Paris. \* *La Prusse et la Révolution de 1848*. 1 vol. in-16. 1903. 3 fr. 50
- \* *Bismarck et son temps. (Couronné par l'Institut.)*  
I. \* *La préparation (1815-1863)*. 1 vol. in-8. 1905. 10 fr.  
II. \* *L'action (1863-1870)*. 1 vol. in-8. 1906. 10 fr.  
III. \* *Triomphe, splendeur et déclin (1870-1898)*. 1 vol. in-8. 1908. 10 fr.
- MILHAUD (E.), professeur à l'Université de Genève. \* *La Démocratie socialiste allemande*. 1 vol. in-8. 1903. 40 fr.
- SCHMIDT (Ch.), docteur ès lettres. *Le Grand-Duché de Berg (1806-1813)*. 1905. 1 vol. in-8. 10 fr.
- VERON (Eug.). \* *Histoire de la Prusse, depuis la mort de Frédéric II*. In-16. 6<sup>e</sup> édit. 3 fr. 50
- \* *Histoire de l'Allemagne, depuis la bataille de Sadowa jusqu'à nos jours*. 1 vol. in-16. 3<sup>e</sup> édit., mise au courant des événements par P. Bondonis. 3 fr. 50

### AUTRICHE-HONGRIE

- ASSELIN (L.). *Histoire de l'Autriche, depuis la mort de Marie-Thérèse jusqu'à nos jours*. 2<sup>e</sup> édit. 1 vol. in-18 avec une carte. 1884. 3 fr. 50
- AUERBACH, professeur à l'Université de Nancy. \* *Les Races et les nationalités en Autriche-Hongrie*. 1 vol. in-8. (2<sup>e</sup> éd., sous presse). 5 fr.
- BOURLIER (J.). \* *Les Tchèques et la Bohême contemporaine*. 1 vol. in-16. 3 fr. 50
- JARAY (G.-Louis), auditeur au Conseil d'Etat. *La Question sociale et le socialisme en Hongrie*. 1 vol. in-8, avec 5 cartes hors texte. 1909. (Récompensé par l'Institut.) 7 fr.
- MAILATH (C<sup>e</sup> J. de). *La Hongrie rurale, sociale et politique*. Préface de M. René Henry. 1 vol. in-8. 1909. 5 fr.
- RECOULY (R.). \* *Le Pays magyar*. 1903. 1 vol. in-16. 3 fr. 50

### POLOGNE

- HANDELSMAN (M.). *Napoléon et la Pologne (1806-1807)*. 1 vol. in-8. 5 fr.

### ITALIE

- BOLTON KING (M. A.). \* *Histoire de l'unité italienne. Histoire politique de l'Italie, de 1814 à 1871*. Introd. de M. Yves Guyot. 2 vol. in-8. 15 fr.
- COMBES DE LESTRADE (Vte). *La Sicile sous la maison de Savoie*. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
- GAFFAREL (P.), professeur à l'Université d'Aix-Marseille. \* *Bonaparte et les Républiques italiennes (1796-1799)*. 1895. 1 vol. in-8. 5 fr.
- SORIN (Elie). \* *Histoire de l'Italie, depuis 1815 jusqu'à la mort de Victor-Emmanuel*. 1 vol. in-16. 1888. 3 fr. 50

### ESPAGNE

- REYNALD (H.). \* *Histoire de l'Espagne, depuis la mort de Charles III*. 1 vol. in-16. 3 fr. 50

## ROUMANIE

DAMÉ (Fr.). \* Histoire de la Roumanie contemporaine, depuis l'avènement des princes indigènes jusqu'à nos jours. 1 vol. in-8. 1900..... 7 fr.

## SUÈDE

SCHEFER (C.). \* Bernadotte-roi (1810-1818-1844). 1 vol. in-8. 1899..... 5 fr.

## SUISSE

DAENDLIKER. \* Histoire du peuple suisse. Trad. de l'allemand par M<sup>me</sup> Jules Favre et précédé d'une Introduction de Jules Favre. 1 vol. in-8..... 5 fr.

## GRÈCE, TURQUIE, ÉGYPTE

BÉRARD (V.), docteur ès lettres. La Turquie et l'Hellénisme contemporain. (*Ouvrage couronné par l'Académie française*). 1 vol. in-16. 6<sup>e</sup> édit. 1911..... 3 fr. 50

DRIAULT (E.), agrégé d'histoire. \* La Question d'Orient, depuis ses origines jusqu'à nos jours, préface de G. Monod, de l'Institut. 1 vol. in-8. 5<sup>e</sup> édit. 1912 (*Récompensé par l'Institut*). 7 fr.

MÉTIN (Albert), député, professeur à l'École coloniale. \* La Transformation de l'Égypte. 1 vol. in-16. 1903 (Couronné par la Soc. de géogr. commerciale)..... 3 fr. 50

RODOCANACHI (E.). \* Bonaparte et les îles Ioniennes. 1 vol. in-8..... 5 fr.

## INDE

PIRIOU (E.), agrégé de l'Université. \* L'Inde contemporaine et le mouvement national. 1905. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

## CHINE, JAPON

ALLIER (R.). Le Protestantisme au Japon (1859-1907). 1 vol. in-16. 1908..... 3 fr. 50

CORDIER (H.), de l'Institut, professeur à l'École des langues orientales. \* Histoire des relations de la Chine avec les puissances occidentales (1860-1902), avec cartes. 3 vol. in-8, chacun séparément..... 10 fr.

— \* L'Expédition de Chine de 1857-58. Histoire diplomatique. 1905. 1 vol. in-8..... 7 fr.

— \* L'Expédition de Chine de 1860. Histoire diplomatique. 1906. 1 vol. in-8..... 7 fr.

COURANT (M.), maître de conférences à l'Université de Lyon. En Chine. Mœurs et Institutions. Hommes et Faits. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

DRIAULT (E.), agrégé d'histoire. \* La Question d'Extrême-Orient. 1 vol. in-8. 1907. 7 fr.

RODES (Jean). La Chine nouvelle. 1 vol. in-16. 1909..... 3 fr. 50

## AMÉRIQUE

DEBERLE (Alf.). \* Histoire de l'Amérique du Sud. 1 vol. in-16. 3<sup>e</sup> éd..... 3 fr. 50

STEVENS. Les Sources de la Constitution des États-Unis. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50

VIALATE (A.), professeur à l'École des Sciences politiques. L'Industrie américaine. 1 vol. in-8. 1908..... 10 fr.

## QUESTIONS POLITIQUES ET SOCIALES

BARNI (Jules). \* Histoire des Idées morales et politiques en France au XVIII<sup>e</sup> siècle. 2 vol. in-16. Chaque volume..... 3 fr. 50

— \* Les Moralistes français au XVIII<sup>e</sup> siècle. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

LOUIS BLANC. Discours politiques (1848-1884). 1 vol. in-8..... 7 fr. 50

BONET-MAURY. La Liberté de conscience en France (1598-1905). 1 vol. in-8, 2<sup>e</sup> édit. 5 fr.

D'EICHTHAL (Eug.), de l'Institut. Souveraineté du Peuple et Gouvernement. 1 vol. in-16. 1895..... 3 fr. 50

DEPASSE (Hector), député. Transformations sociales. 1 vol. in-16. 1894..... 3 fr. 50

— Du Travail et de ses conditions. 1 vol. in-16. 1895..... 3 fr. 50

DESCHANEL (E.). \* Le Peuple et la Bourgeoisie. 1 vol. in-8..... 5 fr.

DRIAULT (E.), agrégé d'histoire. \* Problèmes politiques et sociaux. In-8. 2<sup>e</sup> éd. 1906. 7 fr.

— \* Le Monde actuel. Tableau politique et économique. 1 vol. in-8. 1909..... 7 fr.

— et MONOD (G.). Histoire politique et sociale (1815-1914). (*Évolution du monde moderne*). 2<sup>e</sup> édition. 1 vol. in-16, avec gravures et cartes..... 5 fr.

GUYOT (Yves). Sophismes socialistes et faits économiques. 1 vol. in-16. 1908..... 3 fr. 50

LICHTENBERGER (A.). \* Le Socialisme utopique, étude sur quelques précurseurs du Socialisme. 1 vol. in-16. 1898..... 3 fr. 50

— \* Le Socialisme et la Révolution française. 1 vol. in-8. 1898..... 5 fr.

MATTER (P.). La Dissolution des Assemblées parlementaires. 1 vol. in-8. 1898..... 5 fr.

NOVICOW. La Politique internationale. 1 vol. in-8..... 7 fr.

PAUL LOUIS. L'Ouvrier devant l'État. La législation ouvrière dans les deux mondes. In-8. 1904..... 7 fr.

— Histoire du Mouvement syndical en France (1789-1910). 2<sup>e</sup> éd., 1 vol. in-16. 1911. 3 fr. 50

REINACH (Joseph), député. Pages républicaines. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50

— \* La France et l'Italie devant l'Histoire. 1 vol. in-8..... 5 fr.

Le Socialisme à l'étranger. Angleterre, Allemagne, Autriche, Italie, Espagne, Hongrie,

Russie, Japon, États-Unis. par MM. J. BARDoux, G. GIDEL, KINZO-GORAI, G. ISAMBERT,

G. LOUIS-JARAY, A. MARVAUD, DA MOTTA DE SAN MIGUEL, P. QUENTIN-BAUCHART, M. REY-

VON, A. TARDIEU. Préface de A. LEROY-BEAULIEU, de l'Institut, directeur de l'École des

Sciences politiques, conclusion de J. BOURDEAU. 1 vol. in-16. 1909..... 3 fr. 50

SPULLER (E.). \* L'Éducation de la Démocratie. 1 vol. in-16. 1892..... 3 fr. 50

— L'Évolution politique et sociale de l'Église. 1 vol. in-12. 1893..... 3 fr. 50

\* La Vie politique dans les Deux Mondes. Publiée sous la direction de A. VIALATE et M. GAUDIER. Études politiques, avec la collaboration de professeurs et d'anciens élèves de l'École des Sciences politiques.

1<sup>re</sup> année, 1906-1907 à 4<sup>e</sup> année, 1909-1910, chacune 1 fort vol. in-8..... 10 fr.

## BIBLIOTHÈQUE DE LA FACULTÉ DES LETTRES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

### HISTOIRE ET LITTÉRATURE ANCIENNES

- \* De l'Authenticité des Épigrammes de Simonide, par M. le Professeur H. HADUETTE. 1 vol. in-8..... 5 fr.  
De la Flexion dans Lucrèce, par M. le Professeur CARTAULT. 1 vol. in-8..... 4 fr.  
\* La Main-d'Œuvre industrielle dans l'ancienne Grèce, par M. le Professeur P. GUIRAUD. 1 vol. in-8..... 7 fr.  
\* Recherches sur le Discours aux Grecs de Tatien, suivies d'une traduction française du discours, avec notes, par A. PUECH, professeur adjoint à la Sorbonne. 1 vol. in-8... 6 fr.  
\* Les « Métamorphoses » d'Ovide et leurs modèles grecs, par A. LAFAYE, professeur adjoint à la Sorbonne. 1 vol. in-8..... 8 fr. 50  
\* Mélanges d'histoire ancienne, par MM. G. BLOCH, J. CARCOPINO et L. GERNET. 1 vol. in-8..... 12 fr. 50  
Le Dystique élégiaque chez Tibulle, Sulpicia, Lygdamus, par M. le professeur A. CARTAULT. 1 vol. in-8..... 11 fr.

### HISTOIRE ET LITTÉRATURE DU MOYEN AGE

- \* Premiers Mélanges d'Histoire du Moyen Age, par MM. le Professeur A. LUCHAIRE, de l'Institut, DUPONT-FERRIER et POUPARDIN. 1 vol. in-8..... 3 fr. 50  
Deuxièmes Mélanges d'Histoire du Moyen Age, par MM. le Professeur LUCHAIRE, HALPREN et HUCKEL. 1 vol. in-8..... 6 fr.  
Troisièmes Mélanges d'Histoire du Moyen Age, par MM. les Prof. LUCHAIRE, BEYSSIER, HALPREN et CORDEY. 1 vol. in-8..... 8 fr. 50  
Quatrièmes Mélanges d'Histoire du Moyen Age, par MM. JACQUEMIN, FARAL, BEYSSIER. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50  
Cinquièmes Mélanges d'Histoire du Moyen Age, publiés sous la dir. de M. le Professeur A. LUCHAIRE, par MM. AUBERT, CARRU, DULONG, GUÉBIN, HUCKEL, LOIRETTE, LYON, MAX FAZY, et M<sup>lle</sup> MACHKEWITCH. 1 vol. in-8..... 5 fr.  
\* Essai de Restitution des plus anciens Mémoires de la Chambre des Comptes de Paris, par MM. J. PETIT, GAVRILOVITCH, MAURY et TÉODORU, préface de M. le Professeur adjoint CH.-V. LANGLOIS. 1 vol. in-8..... 9 fr.  
Constantin V, empereur des Romains (740-775). Étude d'histoire byzantine, par A. LOMBARD, licencié ès lettres. Préf. de M. le Professeur CH. DIEHL, 1 vol. in-8..... 6 fr.  
Étude sur quelques Manuscrits de Rome et de Paris, par M. le Professeur A. LUCHAIRE. 1 vol. in-8..... 6 fr.  
Les Archives de la Cour des Comptes, Aides et Finances de Montpellier, par L. MARTIN-CHABOT, archiviste-paléographe. 1 vol. in-8..... 8 fr.  
Le Latin de Saint-Avit, évêque de Vienne (450-526 ?), par M. le Professeur H. GOELZER avec la collaboration de A. MEY. 1 vol. in-8..... 25 fr.

### HISTOIRE ET LITTÉRATURE MODERNES ET CONTEMPORAINES

- \* Le treize Vendémiaire an IV, par HENRY ZIVY, agrégé d'histoire, 1 vol. in-8..... 4 fr.  
\* Mélanges d'Histoire littéraire, par MM. FREMINET, DUPIN et DES COGNETS. Préface de M. le Professeur LANSON. 1 vol. in-8..... 6 fr. 50  
Le mouvement de 1314 et les chartes provinciales de 1315, par A. ARTONNE, archiviste-paléographe. 1 vol. gr. in-8..... 7 fr. 50 (Vient de paraître.)

### PHILOLOGIE ET LINGUISTIQUE

- Le Dialecte alaman de Colmar (Haute-Alsace) en 1870, grammaire et lexique, par M. le Professeur VICTOR HENRY. 1 vol. in-8..... 8 fr.  
\* Études linguistiques sur la Basse-Auvergne, phonétique historique du patois de Vinzelles (Puy-de-Dôme), par ALBERT DAUZAT. Préface de M. le Professeur A. THOMAS. 1 vol. in-8..... 6 fr.  
\* Antonomies linguistiques, par M. le Professeur VICTOR HENRY. 1 vol. in-8..... 2 fr.  
Mélanges d'Étymologie française, par M. le Professeur A. THOMAS. 1 vol. in-8..... 7 fr.  
\* A propos du Corpus Tibullianum. Un siècle de philologie latine classique, par M. le Professeur A. CARTAULT. 1 vol. in-8..... 18 fr.  
Studies on lydgate's syntax in the temple of glas, par A. COURMONT, 1 vol. in-8. 5 fr. (Vient de paraître.)

### PHILOSOPHIE

- L'Imagination et les Mathématiques selon Descartes, par P. BOUTROUX, prof. à l'Université de Nancy. 1 vol. in-8..... 2 fr.

### GÉOGRAPHIE

- La République de l'Université de Guyane, cartographie de la Guyane, par M. le Professeur VIDAL DE LA BLACHE, de l'Institut. 1 vol. in-8..... 6 fr.

## PUBLICATIONS DIPLOMATIQUES

## RECUEIL DES INSTRUCTIONS

## DONNÉES AUX AMBASSADEURS ET MINISTRES DE FRANCE

*Depuis les Traités de Westphalie jusqu'à la Révolution française.*Publié sous les auspices de la Commission des archives diplomatiques  
au Ministère des Affaires étrangères.

Beaux vol. in-8 raisin, imprimés sur papier de Hollande, avec Introduction et notes.

I. — AUTRICHE, par M. Albert SOREL, de l'Académie française. 1 vol.....	Épuisé.
II. — SUÈDE, par M. A. GEFROY, de l'Institut. 1 vol.....	20 fr.
III. — PORTUGAL, par le Vicomte de CAIX DE SAINT-AYMOUR. 1 vol.....	20 fr.
IV et V. — POLOGNE, par M. Louis FARGES, chef de bureau aux Archives du Ministère des affaires étrangères. 2 vol.....	30 fr.
VI. — ROME (1648-1687) (tome I), par G. HANOTAUX, de l'Académie française. 1 vol.	20 fr.
VII. — BAVIÈRE, PALATINAT ET DEUX-PONTS, par M. André LEBON. 1 vol.....	25 fr.
VIII et IX. — RUSSIE, par M. Alfred RAMBAUD, de l'Institut. 2 vol. Le 1 <sup>er</sup> volume.	20 fr.
Le second volume.....	25 fr.
X. — NAPLES ET PARME, par M. Joseph REINACH, député. 1 vol.....	20 fr.
XI. — ESPAGNE (1649-1750) (tome I), par MM. MOREL-FATIO, professeur au Collège de France, et LÉONARDON. 1 vol.....	20 fr.
XII et XII bis. — ESPAGNE (1750-1789) (tomes II et III), par les mêmes. 2 vol.....	40 fr.
XIII. — DANEMARK, par A. GEFROY, de l'Institut. 1 vol.....	14 fr.
XIV et XV. — SAVOIE-SARDAIGNE-MANTOUE, par HORRIC DE BEUCAIRE, ministre plénipotentiaire. 2 vol.....	40 fr.
XVI. — PRUSSE, par M. A. WADDINGTON, professeur à l'Université de Lyon. 1 vol. (Couronné par l'Institut.....)	28 fr.
XVII. — ROME (1688-1723) (tome II), par G. HANOTAUX, de l'Académie française, avec une introduction et des notes par J. HANOTEAU. 1 vol..... (Vient de paraître).	25 fr.
XVIII. — DIÈTE GERMANIQUE, par B. AUERBACH, professeur à l'Université de Nancy. 1 vol..... (Vient de paraître).	20 fr.

## INVENTAIRE ANALYTIQUE

## DES ARCHIVES DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

*Publié sous les auspices de la Commission des Archives diplomatiques.*

Correspondance politique de MM. de CASTILLON et de MARILLAC, ambassadeurs de France en Angleterre (1527-1542), par M. Jean KAULEK, avec la collaboration de MM. Louis FARGES et Germain Lefèvre-Pontalis. 1 vol. in-8 raisin.....	15 fr.
Papiers de BARTHÉLEMY, ambassadeur de France en Suisse, de 1792 à 1797, 6 volumes in-8 raisin. I. Année 1792. 15 fr. — II. Janvier-août 1793. 15 fr. — III. Septembre 1793 à mars 1794. 18 fr. — IV. Avril 1794 à février 1795. 20 fr. — V. Septembre 1794 à septembre 1796, par M. Jean KAULEK, 20 fr. — Tome VI et dernier, Novembre 1794 à Février 1796, par M. Alexandre TAUSERAT-RADEL.....	12 fr.
Correspondance politique d'ODET DE SELVE, ambassadeur de France en Angleterre (1546-1549), par G. LEFÈVRE-PONTALIS. 1 vol. in-8 raisin.....	15 fr.
Correspondance politique de GUILLAUME PELLICIER, ambassadeur de France à Venise (1540-1542), par M. Alexandre TAUSERAT-RADEL. 1 fort vol. in-8 raisin.....	40 fr.
Correspondance des Deys d'Alger avec la Cour de France (1759-1833), recueillie par Eug. PLANTET. 2 vol. in-8 raisin.....	30 fr.
Correspondance des Beys de Tunis et des Consuls de France avec la Cour (1577-1830), recueillie par Eugène PLANTET. 3 vol. in-8. Tome I (1577-1700). Épuisé. — Tome II (1700-1770). 20 fr. — Tome III (1770-1830).....	20 fr.
Les Introduteurs des Ambassadeurs (1589-1900). 1 vol. in-4, avec figures dans le texte et planches hors texte.....	20 fr.
Histoire de la représentation diplomatique de la France auprès des cantons suisses, de leurs alliés et de leurs confédérés, publiée sous les auspices des archives fédérales suisses par E. ROTT. Tome I (1430-1559), 1 vol. gr. in-8. 12 fr. — Tome II (1559-1610), 1 vol. gr. in-8, 15 fr. — Tome III (1610-1626). <i>L'affaire de la Valtelline</i> (1 <sup>re</sup> partie) (1620-1626). 1 vol. gr. in-8, 20 fr. — Tome IV (1626-1635) (1 <sup>re</sup> partie). <i>L'affaire de la Valtelline</i> (2 <sup>e</sup> partie) (1626-1633). 1 vol. gr. in-8, 15 fr. — Tome IV (2 <sup>e</sup> partie). <i>L'affaire de la Valtelline</i> (3 <sup>e</sup> partie) (1633-1635). 1 vol. gr. in-8.....	8 fr.

## HISTOIRE DIPLOMATIQUE

Voir *BIBLIOTHÈQUE DE LA UNIVERSITÉ DE LIÈGE*, p. 18 à 24 du présent Catalogue.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

**REVUE PHILOSOPHIQUE**

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Dirigée par **TH. RIBOT**, membre de l'Institut, professeur honoraire au Collège de France.

(37<sup>e</sup> année, 1912). — Paraît tous les mois.

ABONNEMENT (du 1<sup>er</sup> janvier), Un an : Paris, **30 fr.** — Départements et étranger, **33 fr.**  
La livraison, **3 fr.**

**REVUE DU MOIS**

DIRECTEUR : **Émile BOREL**, professeur à la Sorbonne.

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : **A. BIANCONI**, agrégé de l'Université.

(7<sup>e</sup> année, 1912). — Paraît tous les mois.

ABONNEMENT DU 1<sup>er</sup> DE CHAQUE MOIS :

Un an : Paris, **20 fr.** — Départements, **22 fr.** — Étranger, **25 fr.**  
Six mois : — **10 fr.** — — **11 fr.** — — **12 fr. 50.**  
La livraison, **2 fr. 25.**

**JOURNAL DE PSYCHOLOGIE NORMALE ET PATHOLOGIQUE**

DIRIGÉ PAR LES DOCTEURS

**Pierre JANET**

et

**Georges DUMAS**

Professeur au Collège de France.

Professeur adjoint à la Sorbonne.

(9<sup>e</sup> année, 1912). — Paraît tous les deux mois.

ABONNEMENT (du 1<sup>er</sup> janvier), France et Étranger, **14 fr.** — La livraison, **2 fr. 60**  
*Le prix d'abonnement est de 12 fr. pour les abonnés de la Revue Philosophique.*

**REVUE HISTORIQUE**

Dirigée par **MM. G. MONOD**, de l'Institut, et **Ch. BÉMONT**.

(36<sup>e</sup> année, 1911). — Paraît tous les deux mois.

ABONNEMENT (du 1<sup>er</sup> janvier), Un an : Paris, **30 fr.** — Départements et étranger, **33 fr.**  
La livraison, **6 fr.**

**REVUE DES ÉTUDES NAPOLÉONIENNES**

Publiée sous la direction de **M. Ed. DRIAULT**.

(1<sup>re</sup> année, 1912). — Paraît tous les deux mois.

ABONNEMENT (du 1<sup>er</sup> janvier), Un an : France, **20 fr.** — Étranger, **22 fr.**  
La livraison, **4 fr.**

**REVUE DES SCIENCES POLITIQUES**

Suite des ANNALES DES SCIENCES POLITIQUES.

(27<sup>e</sup> année, 1912). — Paraît tous les deux mois

Rédacteur en chef : **M. ESCOFFIER**, professeur à l'École des sciences politiques.

PARIS : **LILLIAD** Université Lille 1 Paris, **18 fr.**; Départ. et Étranger, **19 fr.**  
La livraison : **3 fr. 50.**

## JOURNAL DES ÉCONOMISTES

Revue mensuelle de la science économique et de la statistique.

(71<sup>e</sup> année, 1912.) — Paraît tous les mois.

Rédacteur en chef : **Yves Guyot**, ancien ministre, vice-président de la Société d'économie politique.

ABONNEMENT DU 1<sup>er</sup> DE CHAQUE TRIMESTRE :

Un an : France, **36 fr.** — Étranger, **38 fr.**

Un mois : — **19 fr.** — — **20 fr.**

La livraison, **3 fr. 50**

## ATHENA

Revue publiée par l'École des Hautes-Études sociales.

(2<sup>e</sup> année 1912). — Paraît tous les mois (Août et Septembre exceptés).

ABONNEMENT (du 1<sup>er</sup> décembre), Un an : France et Alsace-Lorraine, **15 fr.**

Étranger, **20 fr.** — La livraison, **2 fr.**

## BULLETIN DE LA STATISTIQUE GÉNÉRALE DE LA FRANCE

(1<sup>re</sup> année, 1911-1912). — Paraît tous les trois mois.

ABONNEMENT (du 1<sup>er</sup> octobre), Un an : France et Étranger, **14 fr.**

La livraison, **4 fr.**

## REVUE ANTHROPOLOGIQUE

Suite de la REVUE DE L'ÉCOLE D'ANTHROPOLOGIE DE PARIS.

Recueil mensuel publié par les professeurs (22<sup>e</sup> année, 1912.)

ABONNEMENT (du 1<sup>er</sup> janvier) : France et Étranger, **10 fr.** — La livraison, **1 fr.**

## SCIENTIA

Revue internationale de synthèse scientifique.

(6<sup>e</sup> année, 1912). 6 livraisons par an, de 150 à 200 pages chacune; publié un supplément contenant la traduction française des articles publiés en langues étrangères.

ABONNEMENT (du 1<sup>er</sup> janvier) : Un an : France et Étranger, **30 francs.**

## REVUE ÉCONOMIQUE INTERNATIONALE

(9<sup>e</sup> année, 1912). — Paraît tous les mois.

ABONNEMENT (du 1<sup>er</sup> janvier) : Un an, France et Belgique, **50 fr.** Autres pays, **56 fr.**

## BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ LIBRE POUR L'ÉTUDE PSYCHOLOGIQUE DE L'ENFANT

10 numéros par an. — ABONNEMENT (du 1<sup>er</sup> octobre) : **3 fr.**

## LES DOCUMENTS DU PROGRÈS

Revue mensuelle internationale (6<sup>e</sup> année, 1912).

**D<sup>r</sup> R. BRODA**, Directeur.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1  
ABONNEMENT (du 1<sup>er</sup> de chaque mois) : 1 an : France, **10 fr.** — Étranger, **12 fr.**

# BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

VOLUMES IN-8, CARTONNÉS A L'ANGLAISE; OUVRAGES A 6, 9 ET 12 FRANCS.

Les titres marqués \* sont acceptés par le Ministère de l'Instruction publique pour les Bibliothèques des Lycées et des Collèges.

## Derniers volumes parus (1910-1911) :

- PEARSON. La Grammaire de la Science (*Physique*). 1 vol. in-8. Trad. de l'anglais, par LUCIEN MARCH..... 9 fr.  
 CYON (E. de). L'Oreille. *Organe d'orientation dans le temps et dans l'espace*. 1 vol. in-8 avec 45 grav. dans le texte, 3 planches hors texte et 1 portrait de Flourens..... 6 fr.  
 ANDRADE (J.), professeur à la Faculté des sciences de Besançon. Le Mouvement. *Mesures de l'étendue et mesures du temps*. 1 vol. in-8, avec 46 fig. dans le texte.. 6 fr.  
 CUENOT (L.), professeur à la Faculté des sciences de Nancy. \* La Genèse des espèces animales. 1 vol. in-8 avec 123 grav. dans le texte (*Cour. par l'Acad. des Sciences*). 12 fr.  
 ROUBINOVITCH (D<sup>r</sup> J.), médecin en chef de l'hospice de Bicêtre. \* Aliénés et anormaux. 1 vol. in-8 avec 63 gravures (*Cour. par l'Acad. de médecine*)..... 6 fr.  
 LE DANTEC (F.), chargé de cours à la Sorbonne. La Stabilité de la vie. *Étude énergétique de l'évolution des espèces*. 1 vol. in-8..... 6 fr.

## PRÉCÉDEMMENT PUBLIÉS :

- ANGOT (A.), directeur du Bureau météorologique. \* Les Aurores polaires. 1 vol. in-8, avec figures..... 6 fr.  
 ARLOING, prof. à l'École de médecine de Lyon. \* Les Virus. 1 vol. in-8..... 6 fr.  
 BAGEHOT. \* Lois scientifiques du développement des nations. 1 vol. in-8. 7<sup>e</sup> éd... 6 fr.  
 BAIN. \* L'Esprit et le Corps. 1 vol. in-8. 6<sup>e</sup> édition..... 6 fr.  
 — \* La Science de l'éducation. 1 vol. in-8. 11<sup>e</sup> édition..... 6 fr.  
 BALFOUR STEWART. La Conservation de l'énergie, avec fig. 1 vol. in-8. 6<sup>e</sup> éd... 6 fr.  
 BERNSTEIN. \* Les Sens. 1 vol. in-8, avec 91 figures. 5<sup>e</sup> édition..... 6 fr.  
 BERTHELOT, de l'Institut. \* La Synthèse chimique. 1 vol. in-8. 8<sup>e</sup> édition..... 6 fr.  
 — \* La Révolution chimique, Lavoisier. 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> éd..... 6 fr.  
 BINET. \* Les Altérations de la personnalité. 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édition..... 6 fr.  
 BINET et FÉRÉ. \* Le Magnétisme animal. 1 vol. in-8. 5<sup>e</sup> édition..... 6 fr.  
 BLASERNA et HELMHOLTZ. \* Le Son et la Musique. 1 vol. in-8. 5<sup>e</sup> édition..... 6 fr.  
 BOURDEAU (L.). Histoire de l'habillement et de la parure. 1 vol. in-8..... 6 fr.  
 BRUNACHE (P.). \* Le Centre de l'Afrique. Autour du Tchad. 1 vol. in-8, avec figures..... 6 fr.  
 CANDOLLE (de). \* L'Origine des plantes cultivées. 1 vol. in-8. 4<sup>e</sup> édition..... 6 fr.  
 CARTAILHAC (E.). La France préhistorique, d'après les sépultures et les monuments. 1 vol. in-8, avec 162 figures. 2<sup>e</sup> édition..... 6 fr.  
 CHARLTON BASTIAN. \* Le Cerveau, organe de la pensée chez l'homme et chez les animaux. 2 vol. in-8, avec figures. 2<sup>e</sup> édition..... 12 fr.  
 — L'Évolution de la vie. 1 vol. in-8, avec fig. et pl..... 6 fr.  
 COLAJANNI (N.). \* Latins et Anglo-Saxons. 1 vol. in-8..... 9 fr.  
 CONSTANTIN (le Capitaine). Le Rôle sociologique de la guerre et le sentiment national. Suivi de la traduction de *La Guerre, moyen de sélection collective*, par le D<sup>r</sup> STEINMETZ. 1 vol. in-8..... 6 fr.  
 COOKE et BERKELEY. \* Les Champignons. 1 vol. in-8, avec figures. 4<sup>e</sup> édition... 6 fr.  
 COSTANTIN (J.), prof. au Muséum. \* Les Végétaux et les Milieux cosmiques (adaptation, évolution). 1 vol. in-8, avec 171 gravures..... 6 fr.  
 — \* La Nature tropicale. 1 vol. in-8, avec gravures..... 6 fr.  
 — \* Le Transformisme appliqué à l'agriculture. 1 vol. in-8, avec 105 gravures.. 6 fr.  
 DAUBRÉE, de l'Institut. Les Régions invisibles du globe et des espaces célestes. 1 vol. in-8, avec 85 fig. dans le texte. 2<sup>e</sup> édition..... 6 fr.  
 DEMENY (G.). \* Les bases scientifiques de l'éducation physique. 1 vol. in-8, avec 200 gravures. 5<sup>e</sup> édition..... 6 fr.  
 — Mécanisme et éducation des mouvements. 1 vol. in-8, avec 565 gravures. 2<sup>e</sup> éd... 2 fr.  
 DEMOOR, MASSART et VANDERVELDE. \* L'Évolution régressive en biologie et en psychologie. 1 vol. in-8, avec gravures..... 6 fr.  
 DRAPER. Les Conflits de la science et de la religion. 1 vol. in-8. 12<sup>e</sup> édition..... 6 fr.  
 DUMONT (L.). \* Théorie scientifique de la sensibilité. 1 vol. in-8. 4<sup>e</sup> édition..... 6 fr.

- GELLÉ (E.-M.). \*L'Audition et ses organes. 1 vol. in-8, avec gravures..... 6 fr.
- GRASSET (J.), prof. à la Faculté de médecine de Montpellier. — *Les Maladies de l'orientation et de l'équilibre.* 1 vol. in-8, avec gravures..... 6 fr.
- GROSE (E.). \**Les débuts de l'art.* 1 vol. in-8, avec gravures..... 6 fr.
- GUIGNET et GARNIER. \**La Céramique ancienne et moderne.* 1 vol. in-8, avec gravures..... 6 fr.
- HERBERT SPENCER. \**Les Bases de la morale évolutionniste.* 1 vol. in-8. 6<sup>e</sup> édit. 6 fr.
- \**La Science sociale.* 1 vol. in-8. 14<sup>e</sup> édition..... 6 fr.
- HUXLEY. \**L'Écrevisse*, introduction à l'étude de la Zoologie. 1 vol. in-8, avec figures. 2<sup>e</sup> édition..... 6 fr.
- JACCARD, professeur à l'Académie de Neuchâtel (Suisse). \**Le Pétrole, le Bitume et l'Asphalte au point de vue géologique.* 1 vol. in-8, avec figures..... 6 fr.
- JAVAL (E.), de l'Académie de médecine. \**Physiologie de la lecture et de l'écriture.* 1 vol. in-8, avec 96 gravures. 2<sup>e</sup> édition..... 6 fr.
- LAGRANGE (F.). \**Physiologie des exercices du corps.* 1 vol. in-8. 10<sup>e</sup> édition... 6 fr.
- LALOY (L.). \**Parasitisme et mutualisme dans la nature.* Préface du Prof. A. GIARD, de l'Institut. 1 vol. in-8, avec 82 gravures..... 6 fr.
- LANESSAN (DE), professeur agrégé à la Faculté de médecine. \**Introduction à l'Étude de la botanique (le Sapin).* 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édition, avec 143 figures..... 6 fr.
- \**Principes de colonisation.* 1 vol. in-8..... 6 fr.
- LE DANTEC, chargé de cours à la Sorbonne. \**Théorie nouvelle de la vie.* 4<sup>e</sup> édit. 1 vol. in-8, avec figures..... 6 fr.
- *L'Évolution individuelle et l'hérédité.* 1 vol. in-8..... 6 fr.
- *Les Lois naturelles.* 1 vol. in-8, avec gravures..... 6 fr.
- LOEB, professeur à l'Université Berkeley. \**La dynamique des phénomènes de la vie.* Traduit de l'allemand par MM. DAUDIN et SCHAEFFER, agrégés de l'Université, préface de M. le prof. A. GIARD, de l'Institut. 1 vol. in-8 avec fig..... 9 fr.
- LUBBOCK (SIR JOHN). \**Les Sens et l'instinct chez les animaux*, principalement chez les insectes. 1 vol. in-8, avec 150 figures..... 6 fr.
- LALMEJAG (F.). *L'Eau dans l'alimentation.* 1 vol. in-8, avec fig..... 6 fr.
- MAUDSLEY. \**Le Crime et la Folie.* 1 vol. in-8. 7<sup>e</sup> édition..... 6 fr.
- MEUNIER (Stan.), professeur au Muséum. \**La Géologie comparée.* 1 vol. in-8, avec gravures. 2<sup>e</sup> édition..... 6 fr.
- \**La Géologie générale.* 1 vol. in-8, avec gravures. 2<sup>e</sup> édit..... 6 fr.
- \**La Géologie expérimentale.* 1 vol. in-8, avec gravures. 2<sup>e</sup> édit..... 6 fr.
- MEYER (de). \**Les Organes de la parole et leur emploi pour la formation des sons du langage.* 1 vol. in-8, avec 51 gravures..... 6 fr.
- MORTILLET (G. DE). \**Formation de la Nation française.* 2<sup>e</sup> édit. 1 vol. in-8, avec 150 gravures et 18 cartes..... 6 fr.
- MOSSO (A.), professeur à l'Univ. de Turin. \**Les Exercices physiques et le développement intellectuel.* 1 vol. in-8..... 6 fr.
- NIEWENGLOWSKI (H.). \**La Photographie et la photochimie.* 1 vol. in-8, avec gravures et une planche hors texte..... 6 fr.
- NORMAN LOCKYER. \**L'Évolution inorganique.* 1 vol. in-8 avec gravures..... 6 fr.
- PERRIER (Edm.), de l'Institut. *La Philosophie zoologique avant Darwin.* 1 vol. in-8. 3<sup>e</sup> édition..... 6 fr.
- PETTIGREW. \**La Locomotion chez les animaux*, marche, natation et vol. 1 vol. in-8 avec figures. 2<sup>e</sup> édition..... 6 fr.
- QUATREFAGES (DE), de l'Institut. \**L'Espèce humaine.* 1 vol. in-8. 15<sup>e</sup> édit..... 6 fr.
- \**Darwin et ses précurseurs français.* 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édit. refondue..... 6 fr.
- \**Les Émules de Darwin.* 2 vol. in-8, avec préfaces de MM. Ed. PERRIER et HAMY. 12 fr.
- RICHTER (Ch.), professeur à la Faculté de médecine de Paris. *La Chaleur animale.* 1 vol. in-8, avec figures..... 6 fr.
- ROCHÉ (G.). \**La Culture des Mers* (pisciculture, pisciculture, ostréiculture). 1 vol. in-8, avec 81 gravures..... 6 fr.
- SCHMIDT (O.). \**Les Mammifères dans leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques.* 1 vol. in-8, avec 51 figures..... 6 fr.
- SCHUTZENBERGER, de l'Institut. \**Les Fermentations.* 1 vol. in-8. 6<sup>e</sup> édition... 6 fr.
- SECCHI (le Père). \**Les Étoiles.* 2 vol. in-8, avec fig. et pl. 3<sup>e</sup> édition..... 12 fr.
- STALLO. \**La Matière et la Physique moderne.* 1 vol. in-8. 3<sup>e</sup> édition..... 6 fr.
- STARCKE. \**La Famille primitive.* 1 vol. in-8..... 6 fr.
- THURSTON (R.). \**Histoire de la machine à vapeur*, 2 vol. in-8, avec 140 figures et 16 planches hors texte. 3<sup>e</sup> édition..... 12 fr.
- TOPINARD. *L'Homme dans la Nature.* 1 vol. in-8, avec figures..... 6 fr.
- VAN BENEDEN. \**Les Commensaux et les Parasites dans le règne animal.* 1 vol. in-8, avec figures. 4<sup>e</sup> édition..... 6 fr.
- VRIES (Hugo de). *Espèces et Variétés*, trad. de l'allemand par L. BLARINGHEM, chargé d'un cours à la Sorbonne, avec préface. 1 vol. in-8..... 12 fr.
- WHITNEY. \**La Théorie atomique.* 1 vol. in-8. 4<sup>e</sup> édition..... 6 fr.
- WURTZ, de l'Institut. \**La Théorie atomique.* 1 vol. in-8. 10<sup>e</sup> édition..... 6 fr.

# NOUVELLE COLLECTION SCIENTIFIQUE

Directeur : ÉMILE BOREL

Sous-directeur de l'École normale supérieure,  
Professeur à la Sorbonne.

VOLUMES IN-16 A 3 FR. 50

## Volumes publiés en 1910 et en 1911

TANNERY (J.), de l'Institut. <i>Science et philosophie</i> , avec une notice par E. BOREL. 1 vol. in-16.....	3 fr. 50
RABAUD (E.), maître de conférences à la Sorbonne. <i>Le transformisme et l'expérience</i> . 1 vol. in-16, avec gravures.....	3 fr. 50
OSTWALD (W.), professeur à l'Université de Leipzig. * <i>L'Évolution de l'Électrochimie</i> . Traduit de l'allemand par E. PHILIPPI, licencié ès sciences. 1 vol. in-16.....	3 fr. 50
* <i>De la Méthode dans les sciences : (2<sup>e</sup> série)</i> .	
<i>Avant-propos</i> , par EMILE BOREL. — <i>Astronomie, jusqu'au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle</i> , par B. BAILLAUD, de l'Institut, directeur de l'Observatoire de Paris. — <i>Chimie physique</i> , par JEAN PERRIN, professeur à la Sorbonne. — <i>Géologie</i> , par LÉON BERTRAND, professeur-adjoint à la Sorbonne. — <i>Paléobotanique</i> , par R. ZEILLER, de l'Institut, professeur à l'École des Mines. — <i>Botanique</i> , par LOUIS BLARINGHEM, chargé de cours à la Sorbonne. — <i>Archéologie</i> , par SALOMON REINACH, de l'Institut. — <i>Histoire littéraire</i> , par GUSTAVE LANSON, professeur à la Sorbonne. — <i>Statistique</i> , par LUCIEN MARCH, directeur de la statistique générale de la France. — <i>Linguistique</i> , par A. MEILLET, professeur au Collège de France. 2 <sup>e</sup> édition. 1 vol. in-16.....	
BUAT (E.), chef d'escadron au 25 <sup>e</sup> régiment d'artillerie de campagne. <i>L'Artillerie de campagne. Son histoire, son évolution, son état actuel</i> . 1 vol. in-16 avec 75 grav. 3 fr. 50	
MEUNIER (Stanislas), professeur de géologie au Muséum d'histoire naturelle. * <i>L'Évolution des Théories géologiques</i> . 1 vol. in-16, avec gravures.....	3 fr. 50
NIEDERLE (Lubor), professeur à l'Université de Prague. * <i>La Race slave, Statistique démographique, anthropologie</i> . Traduit du tchèque et précédé d'une préface, par L. LEGER, de l'Institut. 1 vol. in-16.....	3 fr. 50
PAINLEVÉ (Paul), de l'Institut, et BOREL (Emile). * <i>L'Aviation</i> . 5 <sup>e</sup> édition; revue et augmentée. 1 vol. in-16, avec gravures.....	3 fr. 50
DUCLAUX (Jacques), préparateur à l'Institut Pasteur. * <i>La Chimie de la Matière vivante</i> . 2 <sup>e</sup> édition. 1 vol. in-16.....	3 fr. 50
MAURAIN (Ch.), professeur à la Faculté des sciences de Caen. * <i>Les États physiques de la Matière</i> . 2 <sup>e</sup> éd. 1 vol. in-16, avec gravures.....	3 fr. 50

## Précédemment parus.

LE DANTEC (F.), chargé du cours de biologie générale à la Sorbonne. <i>Éléments de Philosophie biologique</i> . 1 vol. in-16. 3 <sup>e</sup> édition.....	3 fr. 50
BONNIER (Dr P.), laryngologiste de la clinique médicale de l'Hôtel-Dieu. <i>La Voix. Sa culture physiologique. Théorie nouvelle de la phonation</i> . 3 <sup>e</sup> édition. 1 vol. in-16, avec gravures.....	3 fr. 50
* <i>De la Méthode dans les Sciences : (1<sup>re</sup> série)</i> .	
1. <i>Avant-propos</i> , par M. P.-F. THOMAS, docteur ès lettres, professeur de philosophie au lycée Hoche. — 2. <i>De la Science</i> , par M. ÉMILE PICARD, de l'Institut. — 3. <i>Mathématiques pures</i> , par M. J. TANNERY, de l'Institut. — 4. <i>Mathématiques appliquées</i> , par M. PAINLEVÉ, de l'Institut. — 5. <i>Physique générale</i> , par M. BOUASSE, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse. — 6. <i>Chimie</i> , par M. JOB, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers. — 7. <i>Morphologie générale</i> , par M. A. GIARD, de l'Institut. — 8. <i>Physiologie</i> , par M. LE DANTEC, chargé de cours à la Sorbonne. — 9. <i>Sciences médicales</i> , par M. PIERRE DELBET, professeur à la Faculté de médecine de Paris. — 10. <i>Psychologie</i> , par M. TH. RIBOT, de l'Institut. — 11. <i>Sciences sociales</i> , par M. DURKHEIM, professeur à la Sorbonne. — 12. <i>Morale</i> , par M. LÉVY-BRUHL, professeur à la Sorbonne. — 13. <i>Histoire</i> , par M. G. MONOD, de l'Institut. 2 <sup>e</sup> édition, 1 vol. in-16.....	
THOMAS (P.-F.), professeur au lycée Hoche. * <i>L'Éducation dans la Famille. Les péchés des parents</i> . 3 <sup>e</sup> édition. 1 vol. in-16 ( <i>Couronné par l'Institut</i> ).....	3 fr. 50
LE DANTEC (F.). <i>La Crise du Transformisme</i> . 2 <sup>e</sup> édition. 1 vol. in-16.....	3 fr. 50
OSTWALD (W.), professeur à l'Université de Leipzig. <i>L'Énergie</i> , traduit de l'allemand par E. PHILIPPI, 1 vol. in-16.....	3 fr. 50

# Bibliothèque Utile

AGRICULTURE — TECHNOLOGIE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

HYGIÈNE ET MÉDECINE USUELLE — PHYSIQUE ET CHIMIE

SCIENCES NATURELLES — ÉCONOMIE POLITIQUE ET SOCIALE

PHILOSOPHIE ET DROIT — HISTOIRE — GÉOGRAPHIE ET COSMOGRAPHIE

Éléphants volumes in-32, de 192 pages ; chaque volume broché, 60 cent.

Derniers volumes parus :

HENNEGUY (F.). Histoire de l'Italie, depuis 1815 jusqu'au cinquante-naire de l'Unité italienne (1911).

REGNARD (A.). Histoire de l'Angleterre, depuis 1815 jusqu'à l'avènement de Georges V (1910).

COLLAS ET DRIAULT. Histoire de l'Empire ottoman jusqu'à la Révolution de 1909.

YVES GUYOT. Les Préjugés économiques.

EISENMENGER (G.). Les Tremblements de terre, avec gravures.

FAUQUE (L.). L'Indo-Chine française. Cochinchine, Cambodge, Annam, Tonkin. 2<sup>e</sup> édition, mise à jour jusqu'en 1910.

## AGRICULTURE

**Acloque.** Insectes nuis.

**Berget.** Viticulture.

— Pratique des vins.

— Les Vins de France.

**Larbalétrier.** L'agriculture française.

— Plantes d'appartem.

**Petit.** Economie rurale.

**Vallant.** Petite chimie de l'agriculteur.

## TECNOLOGIE

**Bellet.** Grands ports maritimes.

**Brothier.** Hist. de laiterie.

**Dufour.** Diet. des falsifs.

**Gastineau.** Génie et science.

**Genevoix.** Matières premières.

— Procédés industriels.

**Gossin.** La machine à vapeur.

**Maigne.** Mines de France.

**Mayer.** Les chem. de fer.

## HYGIÈNE — MÉDECINE

**Cruveilhier.** Hygiène.

**Laumonier.** Hygiène de la cuisine.

**Merklen.** La tuberculose.

**Monin.** Les maladies épidémiques.

**Sérieux et Mathieu.** L'alcool et l'alcoolisme.

**Turck.** Médecine populaire.

## PHYSIQUE — CHIMIE

**Bouant.** Hist. de l'eau.

— Princ. faits de la chimie.

**Huxley.** Premières notions sur les sciences.

**Albert Lévy.** Hist. de l'air.

**Zurcher.** L'atmosphère.

## SCIENCES NATURELLES

**H. Beauregard.** Zoologie.

**Coupin.** Vie dans les mers.

**Eisenmenger.** Tremblements de terre.

**Ulysse.** Géologie.

**Gérardin.** Botanique.

**Jouan.** La chasse et la pêche des anim. marins.

**Zaborowski.** L'homme préhistorique.

— Migrations des anim.

— Les grands singes.

— Les mondes disparus.

**Zurcher et Margollé.** Téléscope et microscope.

## ÉCONOMIE POLITIQUE ET SOCIALE

**Coste.** Richesse et bonh.

— Alcoolisme ou Épargne.

**Guyot (Yves).** Préjugés économiques.

**Jevons.** Economie polit.

**Larrivé.** L'assistance publique.

**Leneveux.** Le travail manuel.

**Mongredien.** Libre-échange en Angleterre.

**Paul-Louis.** Lois ouvr.

## ENSEIGNEMENT BEAUX-ARTS

**Collier.** Les beaux-arts.

**Jourdy.** Le patriotisme à l'école.

**G. Meunier.** Hist. de l'art.

— Hist. de la littérature française.

**Pichat.** L'art et les artist.

**H. Spencer.** De l'éducat.

## PHILOSOPHIE — DROIT

**Enfantin.** La vie éternelle.

**Ferrière.** Darwinisme.

**Jourdan.** Justice crimin.

**Morin.** La loi civile.

**Eug. Noël.** Voltaire et Rousseau.

**F. Paulhan.** La physiologie de l'esprit.

**Renard.** L'homme est-il libre ?

**Robinet.** Philos. posit.

**Zaborowski.** L'origine du langage.

## HISTOIRE

*Antiquité.*

**Combes.** La Grèce.

**Creighton.** Histoire rom.

**Mahaffy.** L'ant. grecque.

**Ott.** L'Asie et l'Égypte.

## France.

**Bastide.** La Réforme.

**Bère.** L'armée française.

**Buchez.** Mérovingiens.

— Carlovingiens.

**Carnot.** La Révolution française. 2 vol.

**Debidour.** Rapports de l'Eglise et de l'Etat (1789-1874).

**Doneaud.** La marine française.

**Faque.** L'Indo-Chine française.

**Larivière.** Origines de la guerre de 1870.

**Fréd. Lock.** Jeanned'Arc.

— La Restauration.

**Quesnel.** Conquête de l'Algérie.

**Zevort.** Louis-Philippe.

## Pays étrangers.

**Bondois.** L'Europe cont.

**Collas et Driault.** L'Empire ottoman.

**Eug. Despois.** Les révolutions d'Angleterre.

**Doneaud.** La Prusse.

**Faque.** Indo-Chine.

**Henneguy.** L'Italie.

**E. Raymond.** L'Espagne.

**Regnard.** L'Angleterre.

**Ch. Rolland.** L'Autriche.

## GÉOGRAPHIE COSMOGRAPHIE

**Amigues.** A travers le ciel.

**Blerzy.** Colon. anglaises.

**Catalan.** Astronomie.

**Gaffarel.** Frontières françaises.

**Girard de Rialle.** Peuples de l'Asie et de l'Europe.

**Grove.** Continents, Océans.

**Jouan.** Iles du Pacifique.

**Zurcher et Margollé.** Les phénomènes célestes.

## PUBLICATIONS

## HISTORIQUES, PHILOSOPHIQUES ET SCIENTIFIQUES

qui ne se trouvent pas dans les collections précédentes.

## Volumes parus en 1910 et 1911 :

- AMICUS. Pensées libres. *Questions internationales, religieuses, bio-sociologiques, historiques, philosophiques. Les Femmes.* 1911. 1 vol. in-8..... 5 fr.
- ARON (M.). Le Journal d'une Sévrienne. 1912. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
- ARRÉAT. Réflexions et Maximes. 1911. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50 (V. p. 6 et 31).
- BESANÇON (A.), docteur ès lettres. Les Adversaires de l'hellénisme à Rome pendant la période républicaine. 1910. 1 vol. gr. in-8 (Couronné par l'Institut)..... 10 fr.
- BRENET (M.). \* Musique et musiciens de la vieille France. Les musiciens de Philippe le Hardi. Ockeghem. Mauduit. Origines de la musique descriptive. 1911. 1 vol. in-16. 3 fr. 50
- BRUNHES (J.), professeur aux Universités de Fribourg et de Lausanne. \* La Géographie humaine. Essai de classification positive. Principes et exemples. 1910. 1 vol. grand in-8, avec 202 grav. et cartes dans le texte et 4 cartes hors texte (Couronné par l'Académie française et Médaille d'or de la Société de Géographie. 2<sup>e</sup> édit. 1912.)..... 20 fr.
- CHABRIER (D<sup>r</sup>). Les Émotions et états organiques. 1911. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50
- COHEN (H.), professeur à l'Université de Marburg. Le Judaïsme et le progrès religieux de l'humanité. Trad. de l'allemand. 1911. Broch. in-8..... 0 fr. 50
- COIGNET (C.). De Kant à Bergson. Réconciliation de la Religion et de la science dans un spiritualisme nouveau. 1911. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50 (V. p. 3).
- COUBERTIN (P. de). L'Éducation des adolescents au XX<sup>e</sup> siècle. II. ÉDUCATION INTELLECTUELLE : L'analyse universelle. 1911. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50 (V. p. 31).
- CREMER (Th.). Le Problème religieux dans la philosophie de l'action (M<sup>m</sup>. Blondel et le P. Laberthonnière). Préface de V. DELSOS, de l'Institut, 1912. 1 vol. gr. in-8. 3 fr.
- DARBON (A.), docteur ès lettres. Le Concept du hasard dans la philosophie de Gournou. 1910. Brochure in-8..... 2 fr. (V. p. 6).
- DELVAILLE (J.), doct. ès lettres. \* La Chalotais éducateur. 1911. 1 vol. in-8. 5 fr. (V. p. 7 et 14).
- DEPLOIGNE (S.), prof. à l'Université catholique de Louvain. Le Conflit de la morale et de la sociologie. 1911. 1 vol. gr. in-8..... 7 fr. 50
- DUPUY (P.). Le Positivisme d'Auguste Comte. 1911. 1 vol. in-8..... 5 fr. (V. p. 32).
- GASTÉ (M. DE). Réalités imaginaires.... Réalités positives. Essai d'un code moral basé sur la science. Préface de F. LE DANTEC. 1910. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50
- GRASSERIE (R. DE LA). Études de psychosociologie. I. De l'instinct cryptologique et de l'instinct phanérique. 1911. In-8, 2 fr. — II. De l'hybridité mentale et sociale. 1911. In-8, 2 fr. — III. Parasitisme, Paradynamisme et paramorphisme sociologique. 1911. In-8. 2 fr. (V. p. 7).
- HOCHREUTNER (B.-P.-G.), docteur ès sciences. La Philosophie d'un naturaliste. Essai de synthèse du montisme mécanisme et de l'idéalisme solipsiste. 1910. 1 vol. in-8. 7 fr. 50
- JAELL (M<sup>me</sup> Marie). Un nouvel État de conscience. La coloration des sensations tactiles. 1910. 1 vol. in-8 avec 33 planches..... 4 fr. (V. p. 4).
- JOURET (G.), prof. à l'École normale de Mons. Les Humanités primaires. 1911. 1 vol. in-16..... 5 fr.
- LABROUE (H.), prof. agrégé d'histoire au lycée de Bordeaux. L'Esprit public en Dordogne pendant la Révolution. Préface de G. MONOD, de l'Institut. 1912. 1 vol. in-8. 4 fr. (V. p. 32)
- LANESSAN (DE), ancien ministre de la Marine. Nos Forces navales. Organisation, réparation. 1911. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50 (V. p. 10, 16, 17, 19, 27, 30 et 32).
- MAXWELL (J.). Psychologie sociale contemporaine. 1911. 1 vol. in-8. 6 fr. (V. p. 10).
- Mélanges littéraires, publiés à l'occasion du Centenaire de la Faculté des lettres de Clermont-Ferrand (1810-1910). 1 vol. gr. in-8, avec planches..... 40 fr.
- PÉRES (J.). L'Individualité et la destinée. 1911. Brochure in-16..... 1 fr. (V. p. 11).
- PÉTI (Edouard), inspecteur général de l'Instruction publique. De l'École à la cité. Étude sur l'éducation populaire. 1910. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
- POCHHAMMER (A.). L'Anneau de Nibelung de Richard Wagner. Analyse dramatique et musicale, traduit de l'allemand par J. CHANTAVOINE. 1911. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50
- POËY (A.). L'Anarchie mondiale. La psychologie morbide, 1912. 1 vol. in-16. 3 fr. 50 (V. p. 34).
- REMACLE. La Philosophie de S. S. Laurie 1910. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50
- ROZET (G.). \* Défense et illustration de la race française. 1911. 1 vol. in-16... 3 fr. 50
- SERMYN (D<sup>r</sup> W. C.). Contribution à l'étude de certaines facultés cérébrales méconnues. Philosophie scientifique. 1911. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50
- SERVIÈRES (G.). Emmanuel Chabrier (1841-1894). 1912. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50
- URTIN (H.), avocat, docteur ès lettres. Le Fondement de la responsabilité pénale. Essai de philosophie appliquée. 1911. 1 vol. in-8..... 2 fr. 50 (V. p. 6).
- VAN BIERVLIET (J. J.), prof. à l'Univ. de Gand. Premiers Éléments de pédagogie expérimentale. Les Bases. Préface de G. COMPAYRÉ, de l'Institut. 1911. 1 vol. in-8. 7 fr.
- VAN BRABANT (W.). Psychologie du vice infantile. 1910. 1 vol. gr. in-8..... 3 fr. 50
- VAUTHIER (M.), prof. à l'Université de Bruxelles. Essais de philosophie sociale. 1912. 1 vol. gr. in-8..... 7 fr. 50
- WELL (J.). Zadoc Kahn (1839-1905). 1912. 1 vol. in-16, avec 2 portraits..... 3 fr. 50
- WULFIS (LILIA). Université libre en Belgique. 1910. 1 vol. gr. in-8. Prof. à l'Université de Louvain..... 7 fr. 50 (V. p. 14 et 33).

## Précédemment parus :

ALAUX. Philosophie morale et politique. 1 vol. in-8. 1893.	7 fr. 50
— Théorie de l'âme humaine. 1 vol. in-8. 1895.	10 fr.
— Dieu et le Monde. <i>Essai de philosophie première</i> . 1901. 1 vol. in-12. 2 fr. 50 (Voir p. 2).	
AMIALE (Louis). Une Loge maçonnique d'avant 1789. 1 vol. in-8.	6 fr.
ANDRÉ (L.), docteur ès lettres. Michel Le Tellier et l'organisation de l'armée monarchique. 1 vol. in-8. ( <i>Couronné par l'Institut</i> ). 1906.	14 fr.
— Deux Mémoires inédits de Claude Le Pelletier. 1 vol. in-8. 1906.	3 fr. 50
ARDASCHEFF (P.), professeur d'histoire à l'Université de Kiev. * Les Intendants de province sous Louis XVI. Traduit du russe par L. Jousserandot, sous-bibliothécaire à l'Université de Lille. 1 vol. grand in-8. ( <i>Cour. par l'Acad. Impér. de St-Petersbourg</i> ). 10 fr.	
ARMINJON (P.), prof. à l'Ecole Khédiviale de Droit du Caire. L'Enseignement, la doctrine et la vie dans les universités musulmanes d'Égypte. 1 vol. in-8. 1907.	6 fr. 50
ARRÉAT. Une Éducation intellectuelle. 1 vol. in-18.	2 fr. 50
— Journal d'un philosophe. 1 vol. in-18.	3 fr. 50
* Autour du monde, par les BOURSIERS DE VOYAGE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS. ( <i>Fondation Albert Kahn</i> ). 1 vol. gr. in-8. 1904.	10 fr.
ASLAN (G.). La Morale selon Guyan 1 vol. in-16. 1906.	2 fr.
— Le Jugement chez Aristote. Br. in-18. 1908.	1 fr. (Voir p. 2).
BACHA (E.). Le Génie de Tacite. 1 vol. in-18.	4 fr.
BELLANGER (A.), docteur ès lettres. Les Concepts de cause et l'activité intentionnelle de l'esprit. 1 vol. in-8. 1905.	5 fr.
BEMONT (Ch.), et MONOD (G.). — Histoire de l'Europe au Moyen Âge (395-1270). Nouvelle édit. 1 vol. in-18, avec grav. et cartes en couleurs.	5 fr. (Voir p. 21 et 24).
BENOIST-HANAPPIER (L.), professeur-adjoint à l'Univ. de Nancy. Le drame naturaliste en Allemagne. 1 v. in-8. 1905. ( <i>Couronné par l'Académie française</i> ).	7 fr. 50
BLUM (E.), professeur au lycée de Lyon. La Déclaration des droits de l'homme et du citoyen. Préface de G. COMPAÏRE, inspecteur général. 4 <sup>e</sup> édit. 1909. 1 vol. in-8. ( <i>Récompensé par l'Institut</i> ).	3 fr. 75
BOURDEAU (Louis). Théorie des sciences. 2 vol. in-8.	20 fr.
— La Conquête du monde animal. 1 vol. in-8.	5 fr.
— La Conquête du monde végétal. 1 vol. in-8. 1893.	5 fr.
— L'Histoire et les historiens. 1 vol. in-8.	7 fr. 50
— * Histoire de l'alimentation. 1894. 1 vol. in-8.	5 fr. (Voir p. 7 et 20).
BOURDIN. Le Vivarais, essai de géographie régionale, 1 vol. in-8. (Ann. de l'Univ. de Lyon). 6 fr.	
BOURGEAIS (E.). Lettres intimes de J.-M. Alheroni adressées au comte J. Rocca. 1 vol. in-8. (Ann. de l'Univ. de Lyon).	10 fr.
BOUTROUX (Em.), de l'Institut. * De l'Idée de la loi naturelle. In-8. 2 fr. 50 (Voir p. 3 et 7).	
BRANDON-SALVADOR (M <sup>me</sup> ). A travers les moissons. Ancien Testament. <i>Talmud. Apocryphes. Poètes et moralistes juifs du moyen âge</i> . 1 vol. in-16. 1903.	4 fr.
BRASSEUR. Psychologie de la force. 1 vol. in-8. 1907.	3 fr. 50
BROOKS ADAMS. Loi de la civilisation et de la décadence. 1 vol. in-8.	7 fr. 50
BROSSEAU (K.). Éducation des nègres aux États-Unis. 1 vol. in-8.	7 fr. 50
BUDÉ (E. DE). Les Bonaparte en Suisse. 1 vol. in-12. 1905.	3 fr. 50
CANTON (G.). Napoléon antimilitariste. 1902. 1 vol. in-16.	3 fr. 50
CARDON (G.), docteur ès lettres. * La Fondation de l'Université de Douai. 1 vol. in-8.	10 fr.
CAUDRIILLIER (G.), docteur ès lettres, inspecteur d'Académie. La Trahison de Pichegru et les intrigues royalistes dans l'Est avant fructidor. 1 vol. gr. in-8. 1908.	7 fr. 50
CHARRIAUT (H.). Après la Séparation. <i>L'avenir des Églises</i> . 1 vol. in-12. 1905.	3 fr. 50
CLAMAGERAN. La Lutte contre le mal. 1 vol. in-18. 1897.	3 fr. 50
— Philosophie religieuse. <i>Art et voyages</i> . 1 vol. in-12. 1904.	3 fr. 50
— Correspondance (1849-1902). 1 vol. gr. in-8. 1905.	10 fr.
COLLIGNON (A.). Diderot. <i>Sa vie, ses œuvres</i> . 2 <sup>e</sup> édit. 1907. 1 vol. in-12.	3 fr. 50
COMBARIEU (J.), chargé de cours au Collège de France. * Les Rapports de la musique et de la poésie. 1 vol. in-8. 1893.	7 fr. 50
IV <sup>e</sup> Congrès international de Psychologie, Paris 1900. 1 vol. in-8.	20 fr.
COTTIN (C <sup>te</sup> P.), ancien député. Positivisme et anarchie. Agnostiques français. <i>Auguste Comte, Littré, Taine</i> . 1 vol. in-16. 1908.	2 fr.
COUBERTIN (P. DE). L'Éducation des adolescents au XX <sup>e</sup> siècle. I. ÉDUCATION PHYSIQUE. <i>La gymnastique utilitaire</i> . 3 <sup>e</sup> édit. 1905. 1 vol. in-16.	2 fr. 50
DANTU (G.), docteur ès lettres. Opinions et critiques d'Aristophane sur le mouvement politique et intellectuel à Athènes. 1 vol. gr. in-8. 1907.	3 fr.
— L'Éducation d'après Platon. 1 vol. gr. in-8. 1907.	6 fr.
DAREL (Th.). Le Peuple-roi. <i>Essai de sociologie universaliste</i> . 1 vol. in-18. 1904.	3 fr. 50
DAURIAU. Croissance et réalité. 1 vol. in-18. 1889.	3 fr. 50 (V. p. 3 et 7).
DAVILLÉ (L.), docteur ès lettres. Les Prétentions de Charles III, duc de Lorraine, à la couronne de France. 1 vol. grand in-8. 1909.	6 fr. 50 (Voir p. 13).
DERAISMES (M <sup>lle</sup> Maria). Œuvres complètes. 4 vol. in-8. Chacun.	3 fr. 50
DEROCQUIGNY (J.). Charles Lamb. <i>Sa vie et ses œuvres</i> . In-8. (Trav. de l'Univ. de Lille). 12 fr.	
DESCHAMPS. Principes de morale sociale. 1 vol. in-8. 1903.	3 fr. 50
DOLLOT (R.), docteur en droit. Les Origines de la neutralité de la Belgique (1609-1830). 1 vol. in-16. 1902.	10 fr.
DUBUC (P.), doct. ès lettres, * Essai sur la méthode de la métaphysique. 1 vol. in-8.	5 fr.

- DUGAS (L.), docteur ès lettres. \* *L'Amitié antique*. 1 vol. in-8. 7 fr. 50 (V. p. 2, 3, 6 et 8).
- DUNAN. \* *Sur les Formes a priori de la sensibilité*. 1 vol. in-8. 5 fr. (Voir p. 2 et 3).
- DUPUY (Paul). *Les Fondements de la morale*. 1 vol. in-8. 1900..... 5 fr.  
— *Méthodes et concepts*. 1 vol. in-8. 1903..... 5 fr.
- \* *Entre Camarades*, par les anciens élèves de l'Université de Paris. *Histoire, littérature, philologie, philosophie*. 1901. 1 vol. in-8..... 10 fr.
- FABRE (P.). *Le Polyptique du chanoine Benoit*. in-8. (Trav. de l'Univ. de Lille.)... 3 fr. 50
- FERRERER (F.). *La situation religieuse de l'Afrique romaine depuis la fin du IV<sup>e</sup> siècle jusqu'à l'invasion des Vandales*. 1 vol. in-8. 1893..... 7 fr. 50
- Fondation universitaire de Belleville (La). Ch. GIDE. *Travail intellectuel et travail manuel*: J. BARDOUX. *Premiers efforts et première année*. 1 vol. in-16..... 1 fr. 50
- FOUCHER DE CAREIL (C<sup>te</sup>). *Descartes, la Princesse Elisabeth et la Reine Christine*, d'après des lettres inédites. Nouvelle édit. 1 vol. in-8. 1909..... 4 fr.
- GELEY (G.). *Les Preuves du transformisme*. 1 vol. in-8. 1901..... 6 fr. (Voir p. 3).
- GILLET (M.). *Fondement intellectuel de la morale*. 1 vol. in-8..... 3 fr. 75
- GIRAUD-TEULON. *Les Origines de la papauté*. 1 vol. in-12. 1905..... 2 fr.
- GOURD, prof. Univ. de Genève. *Le Phénomène*. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50 (Voir p. 6).
- GRIVEAU (M.). *Les Éléments du beau*. 1 vol. in-18..... 4 fr. 50
- *La Sphère de beauté, 1901*. 1 vol. in-8..... 10 fr.
- GUEX (F.), professeur à l'Université de Lausanne. *Histoire de l'Instruction et de l'Éducation*. 1 vol. in-8 avec gravures. 1906..... 6 fr.
- GUYAU. *Vers d'un philosophe*. 1 vol. in-18. 7<sup>e</sup> édit. 1911... 3 fr. 50 (Voir p. 3, 9 et 13).
- HALLEUX (J.). *L'Évolutionnisme en morale (H. Spencer)*. 1 vol. in-12..... 3 fr. 50
- HALOT (C.). *L'Extrême-Orient*. 1 vol. in-16, 1905..... 4 fr.
- HARTENBERG (D<sup>r</sup> P.). *Sensations païennes*. 1 vol. in-16. 1907..... 3 fr. (Voir p. 9).
- HOCQUART (E.). *L'Art de juger le caractère des hommes par leur écriture*, préface de J. Crépieux-Jamin. Br. in-8. 1898..... 1 fr.
- HOFFDING (H.), prof. à l'Université de Copenhague. \* *Morale. Essais sur les principes théoriques et leur application aux circonstances particulières de la vie*, trad. par L. POIRREVIN, prof. au Collège de Nantua. 2<sup>e</sup> édit. 1 vol. in-8. 1907..... 10 fr. (Voir p. 6 et 9).
- ICARD. *Paradoxes ou vérités*. 1 vol. in-12. 1895..... 3 fr. 50
- JAMES (William). *L'Expérience religieuse*, traduit par F. ABAUZIT, agrégé de philosophie. 1 vol. in-8. 2<sup>e</sup> édit. 1908. (Cour. par l'Acad. française)..... 10 fr.
- \* *Gauseries pédagogiques*, trad. par L. PINOUX, préface de M. Payot, recteur de l'Académie d'Aix. 2<sup>e</sup> édition augmentée. 1 vol. in-16. 1909..... 2 fr. 50 (Voir p. 4).
- JANET (Pierre), professeur au Collège de France. *L'État mental des hystériques. Les stigmates mentaux des hystériques, les accidents mentaux des hystériques, études sur divers symptômes hystériques. Le traitement psychologique de l'hystérie*. 2<sup>e</sup> édition 1911. 1 vol. grand in-8, avec gravures..... 18 fr. (Voir p. 9 et 24).
- et RAYMOND (F.), professeur de la clinique des maladies nerveuses à la Salpêtrière. *Névroses et idées fixes*. I. *Études expérimentales sur les troubles de la volonté, de l'attention, de la mémoire, sur les émotions, les idées obsédantes et leur traitement*. 2<sup>e</sup> édition 1904. 1 vol. grand in-8, avec 97 fig..... 12 fr.
- II. *Névroses, maladies produites par les émotions, les idées obsédantes et leur traitement*. 2<sup>e</sup> édition 1908. 1 vol. gr. in-8, avec 68 grav..... 14 fr.
- (Ouvrage couronné par l'Académie des sciences et par l'Académie de médecine.)
- *Les obsessions et la psychasthénie*. I. *Études cliniques et expérimentales sur les idées obsédantes, les impulsions, les manies mentales, la folie du doute, les tics, les agitations, les phobies, les délires du contact, les angoisses, les sentiments d'incomplétude, la neurasthénie, les modifications des sentiments du réel, leur pathogénie et leur traitement*. 2<sup>e</sup> édition 1908. 1 vol. grand in-8, avec 32 gravures..... 18 fr.
- II. *États neurasthéniques, aboulies, incomplétude, agitations et angoisses diffuses, algies, phobies, délires du contact, tics, manies mentales, folies du doute, idées obsédantes, impulsions*. 2<sup>e</sup> édit. 1911. 1 vol. grand in-8 avec 32 gravures..... 14 fr.
- JANSENS (E.). *Le Néo-criticisme* de Ch. Renouvier. 1 vol. in-16. 1904..... 3 fr. 50
- *La Philosophie et l'apologétique de Pascal*. 1 vol. in-16..... 4 fr.
- JOURDY (Général). *L'Instruction de l'armée française, de 1815 à 1902*. 1 vol. in-16. 1903. 3 fr. 50
- JOYAU. *Essai sur la liberté morale*. 1 vol. in-18..... 3 fr. 50 (Voir p. 15).
- KARPE (S.), docteur ès lettres. *Les Origines et la nature du Zohar, précédé d'une Étude sur l'histoire de la Kabbale*. 1901. 1 vol. in-8..... 7 fr. 50 (Voir p. 10).
- KAUFMANN. *La cause finale et son importance*. 1 vol. in-12..... 2 fr. 50
- KEIM (A.). *Notes de la main d'Hérvétius*, 1 vol. in-8. 1907..... 3 fr. (Voir p. 10).
- KINGSFORD (A.) et MAITLAND (E.). *La Voie parfaite ou le Christ ésotérique*, précédé d'une préface d'Edouard Schäré. 1 vol. in-8. 1892..... 6 fr.
- KOSTYLEFF (N.). *Évolution dans l'histoire de la philosophie*. 1 vol. in-16..... 2 fr. 50
- *Les Substituts de l'âme dans la psychologie moderne*. 1 vol. in-8..... 4 fr. (Voir p. 2).
- LABROUE (H.), prof. agrégé d'histoire au lycée de Bordeaux. *Le Conventionnel Pinet*, d'après ses mémoires inédits. Broch. in-8. 1907..... 3 fr.
- *Le Club Jacobin de Toulon (1790-1796)*. Broch. gr. in-8. 1907..... 2 fr.
- LACAZE-DUTHIERS (G. de). *Le Culte de l'idéal ou l'aristocratie*. in-8. 1909... 7 fr. 50
- LALANDE (A.), professeur-adjoint à la Sorbonne. \* *Précis raisonné de morale pratique* par questions et réponses. 1 vol. in-16. 2<sup>e</sup> édit. 1909..... 1 fr. (Voir p. 10).
- LANESSAN (de), ancien ministre de la Marine. *Le Programme maritime de 1900-1906*. 1 vol. in-12. 2<sup>e</sup> édit. 1903..... 3 fr. 50
- \* *L'Art de l'AD* Université Lille. 1 in-16. 1907..... 3 fr. 50
- *Le Bilan de notre marine*. 1 vol. in-16. 1909..... 3 fr. 50

- LASSERRE (A.). La Participation collective des femmes à la Révolution française. 1 vol. in-8. 1905..... 5 fr.
- LASSERRE (E.). Les Délinquants passionnels et le criminaliste Impallomeni, 1908. 1 vol. in-16..... 2 fr.
- LAVELEYE (Em. de). De l'Avenir des peuples catholiques. Br. in-8... 0 fr. 25 (V. p. 10).
- LECLÈRE (A.), professeur à l'Université de Berne. \* La Morale rationnelle dans ses relations avec la philosophie générale. 1 vol. in-8. 1908..... 7 fr. 50 (Voir p. 10).
- LEFEVRE G. \* Les Variations de Guillaume de Champeaux et la Question des Universaux. Etude suivie de documents originaux. 1898. 1 vol. in-8. (Trav. de l'Univ. de Lille). 3 fr.
- LEMAIRE (P.). Le Cartésianisme chez les Bénédictins. 1 vol. in-8..... 6 fr. 50
- LÉON (A.), docteur ès lettres. Les Éléments cartésiens de la doctrine spinoziste sur les rapports de la pensée et de son objet. 1 vol. grand in-8. 1909..... 6 fr.
- LEVY (L.-G.), docteur ès lettres. La Famille dans l'antiquité israélite. 1 vol. in-8. 1905. (Couronné par l'Académie française.)..... 5 fr. (V. p. 15)
- LÉVY-SCHNEIDER (L.), professeur à l'Université de Lyon. Le Conventionnel Jean-Bon Saint-André (1749-1813). 1901. 2 vol. in-8..... 15 fr.
- LUQUET (G.-H.), agrégé de philosophie. Éléments de logique formelle. Br. in-8. 1 fr. 50
- MABILLEAU (L.). Histoire de la philosophie atomistique. 1 vol. in-8. 1895..... 12 fr.
- MAC-COLL (Malcolm). Le Sultan et les grandes puissances. Essai historique, traduit de l'anglais par J. RONGUET, préface d'Urban Gohier. 1899. 1 vol. gr. in-8..... 5 fr.
- MAGNIN (E.). L'Art et l'hypnose. 1 vol. gr. in-8 avec grav. et pl. cart. 1906..... 20 fr.
- MAINDRON (Ernest). \* L'Académie des Sciences. 1 vol. in-8 cavalier, avec 53 grav., portraits, plans, 8 pl. hors texte et 2 autographes..... 6 fr.
- MARIÉTAN (J.). La Classification des sciences, d'Aristote à saint Thomas. 1 vol. in-8. 1901..... 3 fr.
- MARTIN (W.). La Situation du catholicisme à Genève (1815-1907). in-16. 1909. 3 fr. 50
- MATAGRIN. L'Esthétique de Lotze. 1 vol. in-12. 1900..... 2 fr.
- MATTEUZI. Les Facteurs de l'évolution des peuples. 1900. 1 vol. in-16..... 6 fr.
- MAUGÉ (F.), docteur ès lettres. Le Rationalisme comme hypothèse méthodologique. 1 vol. grand in-8. 1909..... 10 fr.
- MERCIER (le Cardinal). Cours de philosophie :
- I. — Logique, 5<sup>e</sup> édit. 1 vol. in-8..... 5 fr.
- II. — Notions d'ontologie ou de métaphysique générale, 5<sup>e</sup> édit. 1 vol. in-8..... 10 fr.
- III. — Psychologie. 2 vol. in-8, 8<sup>e</sup> édit..... 10 fr.
- IV. — Critériologie générale. 1 vol. in-8, 6<sup>e</sup> édit..... 6 fr.
- V. — La philosophie médiévale, par M. DE WULF. 2<sup>e</sup> édit. 1 vol. in-8..... 10 fr.
- VI. — Cosmologie, par M. NYS. 1 vol. in-8, 2<sup>e</sup> édit..... 10 fr.
- Les Origines de la psychologie contemporaine. 2<sup>e</sup> édit. 1908. 1 vol. in-18..... 3 fr. 50
- MILHAUD (G.), professeur à la Sorbonne. \* Le Positivisme et le progrès de l'esprit. 1 vol. in-16. 1902..... 2 fr. 50 (Voir p. 4 et 13).
- MODESTOV (B.). \* Introduction à l'Histoire romaine. L'ethnologie préhistorique, les influences civilisatrices à l'époque préromaine et les commencements de Rome, traduit du russe par MICHEL DELINES. Avant-propos de M. Salomon Reinach, avec 39 planches hors texte et 27 figures dans le texte. 1907..... 15 fr.
- MONNIER (Marcel). \* Le Drame chinois (juillet-août 1900). 1 vol. in-16. 1900... 2 fr. 50
- MORIN (JEAN), archéologue. Archéologie de la Gaule et des pays circonvoisins depuis les origines jusqu'à Charlemagne, suivie d'une description raisonnée de la collection Morin. 1 vol. in-8 avec 74 fig. dans le texte et 26 pl. hors texte..... 6 fr.
- NODET (V.). Les Agnoscies, la cécité psychique. 1 vol. in-8. 1899..... 4 fr.
- NORMAND (Ch.), docteur ès lettres, prof. au lycée Condorcet. \* La Bourgeoisie française au XVII<sup>e</sup> siècle. La vie publique. Les idées et les actions politiques. (1604-1661.) Etudes sociales. 1 vol. gr. in-8, avec 8 pl. hors texte. 1907..... 12 fr.
- PALHORIÈS (F.), docteur ès lettres. La Théorie idéologique de Galuppi dans ses rapports avec la philosophie de Kant. 1 vol. in-8. 1909..... 4 fr. (Voir p. 15).
- PARISSET (G.), professeur à l'Université de Nancy. La Revue germanique de Dollfus et Nefftzer. Br. in-8. 1906..... 2 fr.
- PAULHAN (Fr.). Le Nouveau Mysticisme. 1 vol. in-18... 2 fr. 50 (Voir p. 2, 4, 11 et 29).
- PELLETAN (Eugène). \* La Naissance d'une ville (Rohan). 1 vol. in-18..... 2 fr.
- \* Jarousseau, le pasteur du désert. nouv. édit. 1 vol. in-18. 1907..... 2 fr.
- \* Un Roi philosophe. Frédéric le Grand. 1 vol. in-18..... 3 fr. 50
- Droits de l'homme. 1 vol. in-16..... 3 fr. 50
- PENJON (A.). Pensée et Réalité, de A. SPIA, trad. de l'allemand. In-8. (Trav. de l'Univ. de Lille)..... 10 fr.
- L'Énigme sociale. 1902. 1 vol. in-8. (Travaux de l'Université de Lille)..... 2 fr. 50
- PEREZ (Bernard). Mes deux Chats. 1 vol. in-12. 2<sup>e</sup> édition..... 1 fr. 50
- Jacotot et sa Méthode d'émancipation intellectuelle 1 vol. in-18..... 3 fr.
- Dictionnaire abrégé de philosophie. 1893. 1 vol. in-18..... 1 fr. 50 (V. p. 1, 14).
- PHILBERT (Louis). Le Rire. 1 vol. in-8. (Cour. par l'Académie française.)..... 7 fr. 50
- PHILIPPE (J.). Lucrèce dans la théologie chrétienne. 1 vol. in-8. 2 fr. 50 (V. p. 2, 4 et 5).
- PIAT (C.). L'Intellect actif. 1 vol. in-8..... 4 fr.
- L'Idéalisme. 1 vol. in-8..... 6 fr.
- L'Idéalisme. 1 vol. in-8..... 6 fr.
- De la Croycance en Dieu. 1 vol. in-18. 2<sup>e</sup> édit. 1909..... 3 fr. 50 (Voir p. 11, 14 et 15).

PICARD (Ch.). Sémétiens et Aryens. 1 vol. in-18. 1893.....	1 fr. 50
PICQUET (Raoul). Étude critique du matérialisme et du spiritualisme par la physique expérimentale. 1 vol. gr. in-8.....	10 fr.
PILASTRE (E.). Vie et caractère de M <sup>me</sup> de Maintenon, 1 vol. in-8, ill. 1907.....	5 fr.
— La Religion au temps du duc de Saint-Simon, d'après ses écrits rapprochés de documents anciens ou récents, avec une introduction et des notes. 1 vol. in-8. 1909.....	6 fr.
PINLOCHE (A.), professeur honoraire de l'Université de Lille. * Pestalozzi et l'éducation populaire moderne. 1 vol. in-16. 1902. (Cour. par l'Institut).....	2 fr. 50
— * Principales Œuvres de Herbart. 1 vol. in-8. (Trav. de l'Univ. de Lille).....	7 fr. 50
PITOLLET (C.), agrégé d'espagnol. La Querelle caldéronienne de Johan Nikolas Böhl von Faber et José Joaquin de Mora. 1 vol. in-8. 1909.....	15 fr.
— Contributions à l'étude de l'hispanisme de G.-E. Lessing. 1 vol. in-8. 1909.....	15 fr.
POËY. Littérature et Auguste Comte. 1 vol. in-18.....	3 fr. 50
— Le Positivisme, 1 vol. in-18. 1876.....	4 fr. 50
PRADINES (M.), docteur ès lettres. Critique des conditions de l'action (Récompensé par l'Institut).	
TOME I. L'Erreur morale établie par l'histoire et l'évolution des systèmes. 1 vol. in-8. 1909.....	10 fr.
TOME II. Principes de toute philosophie de l'action. 1 vol. in-8. 1909.....	5 fr.
PRAT (Louis), docteur ès lettres. Le Mystère de Platon. 1 vol. in-8.....	4 fr.
— L'Art et la beauté. 1 vol. in-8. 1903.....	5 fr. (Voir page 11).
REGNAUD (P.). Origine des idées et science du langage. 1 vol. in-12. 1 fr. 50 (V. p. 5).	
RENOUVIER, de l'Inst. Uchronie. 2 <sup>e</sup> éd. 1901. 1 vol. in-8.....	7 fr. 50 (Voir page 11).
Revue Germanique (Allemagne, Angleterre, Etats-Unis, Pays-Scandinaves) 5 années — 1905 à 1909, chaque année, 1 fort volume grand in-8.....	14 fr.
REYMOND (A.). Logique et mathématiques. Essai historique et critique sur le nombre infini. 1 vol. in-8. 1909.....	5 fr.
ROBERTY (J.-E.). Auguste Bouvier, pasteur et théologien protestant. 1826-1893. 1 fort vol. in-12. 1901.....	3 fr. 50
ROISEL. Chronologie des temps préhistoriques. In-12. 1900.....	1 fr. (Voir page 5).
ROSSIER (E.). Profils de Reines. Isabelle de Castille, Catherine de Médicis, Elisabeth d'Angleterre, Anne d'Autriche, Marie-Thérèse, Catherine II, Louise de Prusse, Victoria. Préface de G. Monod, de l'Institut. 1 vol. in-16. 1909.....	3 fr. 50
SABATIER (C.). Le Duplisme humain. 1 vol. in-18. 1906.....	2 fr. 50
SECRETAN (H.). La Société et la morale. 1 vol. in-12. 1897.....	3 fr. 50
SEIPPEL (P.), professeur à l'Ecole polytechnique de Zurich. Les deux Frances et leurs origines historiques. 1 vol. in-8. 1906.....	7 fr. 50
SOREL (Albert), de l'Acad. française. Traité de Paris de 1815. 1 vol. in-8.....	4 fr. 50
TARDE (G.), de l'Institut. Fragment d'histoire future. 1 vol. in-8. 5 fr. (Voir p. 5, 12 et 16).	
VAN BIERVLIET (J.-J.). Psychologie humaine. 1 vol. in-8.....	8 fr.
— La Mémoire. Br. in-8. 1893.....	2 fr.
— Études de psychologie. (Homme droit. — Homme gauche.) 1 vol. in-8. 1901.....	4 fr.
— Causeries psychologiques. 2 vol. in-8. Chacun.....	3 fr.
— Esquisse d'une éducation de la mémoire, 1904. 1 vol. in-16.....	2 fr.
— La Psychologie quantitative. 1 vol. in-8. 1907.....	4 fr.
VAN OVERBERGH. La Réforme de l'enseignement. 2 vol. in-4. 1906.....	10 fr.
VERMALE (F.) et ROCHET (A.). Registre des délibérations du Comité révolutionnaire d'Aix-les-Bains (Documents pour l'Histoire de la Révolution en Savoie). 1 vol. in-8. 4 fr.	
VITALIS. Correspondance politique de Dominique de Gabre. 1 vol. in-8.....	12 fr. 50
WYLM (Dr). La Morale sexuelle. 1 vol. in-8. 1907.....	5 fr.
ZAPLETAL. Le Récit de la création dans la Genèse. 1 vol. in-8.....	3 fr. 50

Envoi franco, contre demande, des autres Catalogues

#### DE LA LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN

CATALOGUE DES LIVRES DE FONDS, SCIENCES ET MÉDECINE (anciennement Germer Baillière et C<sup>ie</sup>).

CATALOGUE DES LIVRES DE FONDS, ÉCONOMIE POLITIQUE, SCIENCE FINANCIÈRE (anciennement Guillaumin et C<sup>ie</sup>).

LIVRES CLASSIQUES, ENSEIGNEMENT SECONDAIRE.

LIVRES CLASSIQUES, ENSEIGNEMENT PRIMAIRE SUPÉRIEUR ET POPULAIRE.  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

CATALOGUE GÉNÉRAL ET COMPLET PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE DE NOMS D'AUTEURS.

# TABLE DES AUTEURS ÉTUDIÉS

Albéroni . . . . . 31 Aristophane . . . . . 31 Aristote. 13, 15, 31, 33 Auber. . . . . 3 Avicenne. . . . . 15 Bach . . . . . 15 Baur (Christian). . . . . 5 Bayle (P.). . . . . 7, 14 Beethoven. . . . . 45 Béguelin (N. de). . . . . 44 Bergson . . . . . 30 Berkeley. . . . . 14 Bernadotte . . . . . 20 Bernarck. . . . . 17 Blondel. . . . . 30 Bonaparte. . . . . 20, 21 Bouvier (Aug.). . . . . 34 Bruno. . . . . 14 Cambon . . . . . 18 Carnot (S.). . . . . 20 Chamberlain. . . . . 17 Charles III. . . . . 31 Chryssipe . . . . . 15 Comte (Aug.). . . . . 5, 8, 10, 12, 30, 34 Condorcet. . . . . 14, 18 Constantin V. . . . . 22 Cournot. . . . . 2, 30 Cousin . . . . . 2 Darwin . . . . . 5, 27 Descartes. . . . . 6, 10, 13, 22, 32 Diderot . . . . . 31 Disraeli . . . . . 17	Eichthal (G. d'). . . . . 3 Epicure . . . . . 13, 15 Erasme . . . . . 13, 17 Fernel (Jean) . . . . . 11 Feuerbach. . . . . 10, 14 Fichte . . . . . 8, 10, 14 Fontenelle. . . . . 2, 9 Franck (César). . . . . 15 Frédéric le Grand. . . . . 33 Gabre (D. de). . . . . 31 Galluppi. . . . . 33 Gassendi. . . . . 13 Gazali. . . . . 15 Gluck. . . . . 15 Gowin. . . . . 14 Goujon. . . . . 19 Gounod. . . . . 15 Goethe. . . . . 2, 17 Grévy (J.). . . . . 17 Gûnderode (G. de). . . . . 20 Guyau . . . . . 8, 31 Haendel. . . . . 15 Haydn. . . . . 15 Hegel. . . . . 14 Heine. . . . . 10 Helvetius. . . . . 10, 32 Herbart. . . . . 14, 34 Hobbes . . . . . 4, 14 Hume . . . . . 10 Ibsen. . . . . 4 Jacobi . . . . . 10, 14 Jacotot. . . . . 33 James (W.). . . . . 13 Jansseau . . . . . 33	Jean Bon St-André. 32 Jésus-Christ. 2, 5, 13, 14 Kant. 3, 8, 11, 11, 15, 30, 33 Knutson (M.). . . . . 13 Labarthonniere . . . . . 30 La Chalotais. . . . . 30 Lamarek . . . . . 4 Lamb (Charles) . . . . . 31 Lamennais. . . . . 3 Laurie . . . . . 30 Leibniz. 9, 12, 13, 14, 15 Le Pelletier. . . . . 31 Leroux (Pierre). . . . . 12 Lessing . . . . . 34 Le Tellier . . . . . 31 Liszt. . . . . 15 Littre. . . . . 34 Locke (John) . . . . . 14 Lotze . . . . . 33 Lucrèce. . . . . 22 Lullii. . . . . 15 Luther. . . . . 14, 17 Lydamus . . . . . 22 Mac-Mahon. . . . . 20 Maimonide . . . . . 15 Maine de Biran . . . . . 15 Mauntenon (M <sup>me</sup> de) . . . . . 34 Maistre (J. de). . . . . 33 Malebranche. 13, 15 Marc-Aurèle . . . . . 13 Mendelssohn. . . . . 13 Meyerbeer . . . . . 3	Moïse. . . . . 13 Montaigne . . . . . 15 Monssorgsky . . . . . 15 Napoléon. 18, 19, 20, 31 Necker . . . . . 19 Newton. . . . . 6, 14 Nietzsche. . . . . 4, 5, 6 Okouho. . . . . 17 Ovide. . . . . 22 Palestrina . . . . . 31 Pascal. 12, 13, 15, 32 Pestalozzi . . . . . 34 Pifton . . . . . 13, 15 Pichegru. . . . . 31 Pie X . . . . . 18 Pinet . . . . . 32 Platon. 13, 15, 31, 34 Plotin. . . . . 13 Poinecaré . . . . . 6 Pof. . . . . 10 Prin . . . . . 17 Rameau . . . . . 15 Renan . . . . . 2 Renouvier . . . . . 12, 32 Roscellin . . . . . 13 Rosmini . . . . . 15 Rossini. . . . . 15 Rousseau (J.-J.). . . . . 14 Saint Anscime. . . . . 15 Saint Augustin. . . . . 15 Saint Avit . . . . . 22 Saint Simon. 8, 29, 31 Saint Thomas. . . . . 15, 33	Schiller. . . . . 6, 15, 17 Schlegelmacher. . . . . 17 Schopenhauer. 5, 12, 15 Socrate . . . . . 15 Socrate. . . . . 22 Socrates. . . . . 15 Socrate. . . . . 13, 15 Spencer (Herbert). 7, 32 Spinosa. 7, 14, 14, 15 Stimer (Max). . . . . 16 Straton de Lampsaque. . . . . 13 Strauss (D. F.). . . . . 15 Stuart Mill . . . . . 10 Sully Prudhomme. . . . . 9 Sulpicia . . . . . 22 Tacite. . . . . 31 Taine. . . . . 7, 10 Tardé (G.). . . . . 10 Tatten. . . . . 22 Théophraste. . . . . 10 Thiers. . . . . 20 Thourout. . . . . 17 Tibulle. . . . . 22 Tolstoi . . . . . 4 Turgot . . . . . 19 Uchronie. . . . . 31 Vinci (Léonard de). . . . . 2 Voltaire. . . . . 14 Wagner (Richard). . . . . 10, 15, 30 Zadoc Kahn . . . . . 30
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

# TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

Acloque . . . . . 29 Adam . . . . . 7 Alaux . . . . . 2, 34 Albert-Lévy . . . . . 29 Albin . . . . . 18 Allier . . . . . 21 Amiable . . . . . 2 Amicus . . . . . 31 Amigues. . . . . 29 Andler . . . . . 20 Andrade . . . . . 26 André. . . . . 31 Angot. . . . . 26 Aradscheff (P.). . . . . 31 Aristote. . . . . 13 Arloing . . . . . 26 Arminjon . . . . . 31 Aron. . . . . 30 Arréat. . . . . 2, 7, 31 Aslamne . . . . . 21 Aslan . . . . . 2, 31 Asseline (L.). . . . . 20 Aubry (Dr Paul) . . . . . 7 Aubry (Pierre). . . . . 15 Auerbach . . . . . 20, 23 Augier. . . . . 18 Aulard . . . . . 19 Auebery . . . . . 2 Bacha . . . . . 31 Bagehot . . . . . 26 Bain (Alex.). . . . . 7, 26 Ballet (Gilbert). . . . . 2 Baldwin . . . . . 2 Balfour Stewart . . . . . 26 Bardoux . . . . . 31 Barni. . . . . 21 Barthélemy St-Hilaire . . . . . 7, 13 Baruzi . . . . . 13 Barzolti . . . . . 7 Basch. . . . . 6, 14, 15, 16 Bastide . . . . . 29 Bayet . . . . . 3, 7 Bazallian . . . . . 7 Beauregard. . . . . 29 Beaussire . . . . . 3, 14 Bellaigne . . . . . 15 Bellamy . . . . . 17 Bellanger . . . . . 31 Bellet. . . . . 29 Belot . . . . . 7 Bémont (Ch.). . . . . 24, 31 Benard. . . . . 13 Benoit-Hanappier. . . . . 31 Bérard (V.). . . . . 29 Berget . . . . . 29 Bêre . . . . . 29 Bergson . . . . . 3, 7	Berkeley . . . . . 14 Berkeley (J.). . . . . 26 Bernard (A.). . . . . 20 Bernstein . . . . . 26 Berr. . . . . 6 Bertillon . . . . . 6, 7 Bertrand. . . . . 17 Besançon (A.). . . . . 30 Bianquis (G.). . . . . 17 Binet . . . . . 3, 7, 26 Blanc (Louis). . . . . 19, 21 Blasserna . . . . . 26 Bliery . . . . . 29 Bloch (G.). . . . . 7, 14 Blondel . . . . . 3 Bohn. . . . . 31 Boix-Borel . . . . . 2 Boillot. . . . . 29 Boirac . . . . . 7 Boiteau. . . . . 19 Bolton King. . . . . 20 Bondois . . . . . 29 Bonnet-Maury . . . . . 21 Bonnet. . . . . 28 Bornarel. . . . . 18 Bos . . . . . 3 Bounat. . . . . 29 Bougier. . . . . 3 Bourdieu. . . . . 3, 7, 12, 13 Bourdeau . . . . . 3 Bourdeau (L.). . . . . 7, 26, 31 Bourdin . . . . . 31 Bourdon. . . . . 31 Bourgeois. . . . . 31 Boublier . . . . . 20 Boutroux (E.). . . . . 3, 7, 31 Boutroux (P.). . . . . 22 Brandon-Salvador. . . . . 31 Brasseur . . . . . 7 Braunschvig . . . . . 31 Bray . . . . . 15 Brelier . . . . . 15 Brenet . . . . . 15, 30 Brochard . . . . . 6, 7 Broda. . . . . 25 Brooks Adams. . . . . 31 Brothier . . . . . 29 Brousseau. . . . . 31 Bruggelles (R.). . . . . 6 Bruns . . . . . 29 Brunschvig. . . . . 3, 7, 14 Buat. . . . . 28	Buchez. . . . . 29 Budé . . . . . 31 Bulliat . . . . . 14 Bureau. . . . . 16 Busson (H.). . . . . 18 Cahen (L.). . . . . 18 Caix de St-Aymour. . . . . 23 Calvo-Cossari . . . . . 15 Candolle. . . . . 26 Canton. . . . . 31 Carcopino . . . . . 22 Cardon. . . . . 31 Carnot. . . . . 19, 29 Carra de Vaux. . . . . 15 Carrau . . . . . 7 Cartailhac. . . . . 22 Cartault . . . . . 36 Catalan. . . . . 29 Cautel . . . . . 18, 21 Caudrillier (G.). . . . . 31 Cellerier . . . . . 6 Chabot . . . . . 7 Chabrier . . . . . 30 Challays (F.). . . . . 19 Chantavoine . . . . . 15 Charlton Bastian . . . . . 26 Charriaud . . . . . 31 Chastin. . . . . 17 Chaucer . . . . . 17 Chide (A.). . . . . 7 Clamageran. . . . . 31 Clay. . . . . 30 Cohen. . . . . 3 Coignet (G.). . . . . 3, 30 Colajanni . . . . . 26 Collas . . . . . 29 Collier. . . . . 29 Collignon . . . . . 31 Collins. . . . . 17 Combarieu. . . . . 31 Combes . . . . . 29 Combes de Les-trade. . . . . 20 Compayré (G.). . . . . 3 Conard (P.). . . . . 18 Constantin . . . . . 26 Cordier . . . . . 26 Cordier. . . . . 26 Cosentini . . . . . 7 Costantin. . . . . 26 Coste . . . . . 3, 7, 29 Cottin (C <sup>e</sup> ). . . . . 31 Couailliac . . . . . 15 Coubertin . . . . . 30, 31 Coupin. . . . . 15 Courant. . . . . 17, 21 Courcelle. . . . . 17	Courmont. . . . . 22 Cousin (V.). . . . . 13 Couturat . . . . . 7, 13 Cramussel (E.). . . . . 3, 15 Creighton . . . . . 29 Cremer . . . . . 30 Crépeux-Jamin . . . . . 7 Cresson . . . . . 3, 7, 14 Croce. . . . . 6 Cruveilhier. . . . . 29 Cûnot. . . . . 26 Cyon (de). . . . . 7, 26 Daendliker . . . . . 21 Danu. . . . . 21 Damiron . . . . . 11 Dantu (G.). . . . . 31 Danyille . . . . . 36 Darbon (A.). . . . . 6, 30 Darel . . . . . 31 Daubrée . . . . . 26 Dauiac . . . . . 3, 7, 31 Daurat . . . . . 22 David (A.). . . . . 30 Daville . . . . . 13, 31 Deberle . . . . . 21 Debidour. . . . . 19, 29 Delacroix . . . . . 7, 15 De la Grasserie. . . . . 7, 30 Delbos . . . . . 7, 14 Delord . . . . . 17, 19 Delvalle. . . . . 7, 14, 30 Delvolle . . . . . 7 Demeny . . . . . 26 Demour . . . . . 26 Depasse . . . . . 21 Depoige . . . . . 30 Despois . . . . . 29 Deraismes. . . . . 31 Derocquigny . . . . . 31 Deschamps . . . . . 31 Deschanel. . . . . 21 Dick May . . . . . 16 Diès. . . . . 13 Doellinger. . . . . 18 Dolot . . . . . 31 Domot de Verges . . . . . 15 Donaud. . . . . 29 Donghiaccio. . . . . 7 Draper . . . . . 26 Dreyfus-Brisac. . . . . 14 Driault. 18, 19, 21, 24, 29 Dromard. . . . . 3, 6 Droz. . . . . 13 Dubois (J.). . . . . 6 Dubuc . . . . . 31 Duclaux (E.). . . . . 16 Duclaux (J.). . . . . 28 Dufour . . . . . 15, 33	Dufour (Médéric). . . . . 13 Dugald-Stewart. . . . . 6, 14 Dugas . . . . . 2, 3, 6, 8, 32 Duguit . . . . . 15 Du Maroussem. . . . . 16 Dumas (G.). . . . . 3, 8, 21 Dumont (L.). . . . . 7 Dumont (P.). . . . . 14 Dumoulin . . . . . 19 Dunan. . . . . 2, 3, 32 Duprat . . . . . 3, 8, 17 Dupré . . . . . 6 Duproix . . . . . 8, 14 Dupuy . . . . . 30, 32 Durand (de Gros.). . . . . 3, 8 Durkheim. . . . . 3, 6, 8, 12 Duschauvers . . . . . 8 Ebbinghaus. . . . . 8 Egger. . . . . 8 Eichthal (d'). . . . . 3, 21 Eisenmenger. . . . . 29 Emerson. . . . . 2 Encausse. . . . . 3 Enfantin . . . . . 29 Enriquez. . . . . 8 Erasme. . . . . 13 Escoffier . . . . . 24 Espinas (R.). . . . . 3, 8 Eucken (F.). . . . . 2, 6 Evellin (F.). . . . . 8 Fabre (L.). . . . . 13, 14 Fabre (P.). . . . . 32 Fèvre. . . . . 3 Faque . . . . . 29 Fargus . . . . . 23 Favre (M <sup>me</sup> J.). . . . . 13 Féré. . . . . 3, 26 Ferrère . . . . . 32 Ferrero . . . . . 8, 10 Ferrière . . . . . 29 Ferri (E.). . . . . 3, 8 Ferri (L.). . . . . 16 Fèvre (J.). . . . . 18, 19 Fierens-Gevaert . . . . . 3 Fignat . . . . . 14 Finot . . . . . 8 Fleury (de) . . . . . 3 Fonsegrive . . . . . 3, 8 Foucault. . . . . 8 Foucher de Careil. . . . . 32 Founillé . . . . . 3, 6, 8, 13 Fournière. . . . . 3, 9, 16, 17 Fulliguet. . . . . 9 Gaffard. . . . . 19, 20, 29 Gaisman . . . . . 17 Garnier. . . . . 28 Garofalo . . . . . 9 Gasté . . . . . 30
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Gastineau . . . . .	29	Joyau . . . . .	15, 32	Martin (J.) . . . . .	15	Piderit . . . . .	11	Seignobos . . . . .	16
Gastoué . . . . .	45	Kant . . . . .	14	Martin (W.) . . . . .	33	Pierre Marcel (R.) . . . . .	18	Seillière . . . . .	2
Gaucler . . . . .	3	Karpe . . . . .	10, 32	Martin-Chabot . . . . .	22	Pilastre . . . . .	3, 34	Sellier . . . . .	34
Geffroy . . . . .	23	Kaufman . . . . .	32	Marvaud (A.) . . . . .	48	Pillon . . . . .	5, 6, 11	Sérieux . . . . .	29
Gekic . . . . .	29	Kaulck . . . . .	33	Massar . . . . .	26	Pinchoche . . . . .	34	Sermyn . . . . .	30
Geley . . . . .	3, 27	Kingsford . . . . .	10, 32	Matorin . . . . .	10, 33	Pioeger . . . . .	5, 11	Sertilanges . . . . .	15
Gelle . . . . .	20	Koefin . . . . .	2, 32	Mathieu . . . . .	29	Piolet . . . . .	19	Servières . . . . .	30
Genoix . . . . .	20	Kostyleff . . . . .	2, 32	Mathez . . . . .	21	Pirou . . . . .	21	Sichele . . . . .	30
Gérardin . . . . .	20	Krantz . . . . .	13	Matter . . . . .	20, 21	Pirro . . . . .	45	Silvestre . . . . .	19
Gérand-Varet . . . . .	9	Labrouc . . . . .	30, 32	Matteuzi . . . . .	33	Pitollet (L.) . . . . .	34	Simand . . . . .	2
Gernet . . . . .	32	Lacaze-Duthiers (G. de) . . . . .	32	Maudsley . . . . .	27	Plantet . . . . .	23	Soclate . . . . .	3
Gide . . . . .	21	Lachelier . . . . .	4	Maugé . . . . .	33	Platon . . . . .	13	Sollier . . . . .	2, 5, 12
Gillet . . . . .	32	Lacombe . . . . .	10	Maurain . . . . .	28	Pochammer . . . . .	30	Sorel (A.) . . . . .	13, 23, 34
Girard de Rialle . . . . .	29	Lafaye . . . . .	22	Mauss (M.) . . . . .	9, 12	Podmore . . . . .	9	Sorin . . . . .	20
Giraud-Teulon . . . . .	32	Lafontaine (A.) . . . . .	13	Maxwell . . . . .	10, 30	Poëy . . . . .	30, 34	Souriau . . . . .	5, 12
Girod (J.) . . . . .	3	Lagrangé . . . . .	27	Mayer . . . . .	29	Poncet (A. F.) . . . . .	17	Spencer . . . . .	4, 9, 27, 29
Gley . . . . .	9	Laby . . . . .	2	Ménard . . . . .	6	Pradines . . . . .	34	Spinosa . . . . .	14
Globot . . . . .	3	Laisant . . . . .	10, 32	Mérier (Mgr.) . . . . .	6	Prat . . . . .	11, 34	Spuller . . . . .	10, 20, 21
Godermaux . . . . .	32	Lalande . . . . .	40, 32	Merkien . . . . .	29	Preyer . . . . .	11	Stallo . . . . .	27
Goelzer (H.) . . . . .	32	Lalo (Ch.) . . . . .	10	Metin . . . . .	16, 21	Puech (A.) . . . . .	5, 11	Stapfer . . . . .	17
Gomel . . . . .	49	Laloy (Dr.) . . . . .	27	Mendousse (P.) . . . . .	2, 6	Quatrefages (de) . . . . .	27	Starcke . . . . .	42
Gomperz . . . . .	13	Laloy (Louis) . . . . .	15	Meunier (G.) . . . . .	29	Quésnel . . . . .	29	Stefanowska . . . . .	9
Gory . . . . .	9	Lampérière . . . . .	4	Meunier (Stan.) . . . . .	27, 28	Queyrat . . . . .	2, 5	Stein . . . . .	12
Gossin . . . . .	29	Landry . . . . .	4, 10	Meyer (A.) . . . . .	10	Rabaud . . . . .	28	Stevens . . . . .	21
Gourd . . . . .	6, 32	Landressan (de) . . . . .	10, 32	Meyer (de) . . . . .	27	Rageot . . . . .	5, 11	Stourm . . . . .	19
Gourg . . . . .	14	Lange . . . . .	16, 17, 19, 27, 30	Meyserson (E.) . . . . .	10	Rambaud . . . . .	23	Strauss . . . . .	10
Grasset . . . . .	3, 9, 27	Lapie . . . . .	4, 10, 19	Milhaud (E.) . . . . .	20	Rauh . . . . .	6, 11	Strowski . . . . .	15
Greaf (de) . . . . .	3, 9	Larbalétrier . . . . .	29	Milhaud (G.) . . . . .	4, 13, 33	Raymond (E.) . . . . .	29	Stuart Mill . . . . .	5, 12
Grievau . . . . .	32	Larivière . . . . .	29	Mill. Voy. Stuart Mill . . . . .	33	Raymond (F.) . . . . .	32	Sully James) . . . . .	12
Grogs . . . . .	9	Larvillière . . . . .	29	Modestov . . . . .	33	Recejac . . . . .	32	Sully Prudhomme . . . . .	5, 12
Grosse . . . . .	27	Lassère . . . . .	29	Moilly . . . . .	40	Recejac . . . . .	32	Swarc (de) . . . . .	13
Grove . . . . .	32	Laschi . . . . .	10	Mongrédién . . . . .	29	Recoy . . . . .	29	Sybel . . . . .	5
Guec . . . . .	32	Lasserre (A.) . . . . .	33	Monin . . . . .	29	Regnard . . . . .	29	Sybel (H. de) . . . . .	18
Guignet . . . . .	27	Lasserre (E.) . . . . .	33	Monnier . . . . .	33	Regnard . . . . .	5, 34	Tannery . . . . .	43, 28
Guillard . . . . .	20	Laugel . . . . .	4	Monod (G.) . . . . .	21, 24, 31	Rémacle . . . . .	30	Tanon . . . . .	5
Guiraud . . . . .	22	Laumoni . . . . .	29	Montel . . . . .	17	Rémond . . . . .	6	Tarde (G.) . . . . .	5, 12, 16, 34
Gurney . . . . .	9	Laurentie (L. de la) . . . . .	15	Morel-Fatio . . . . .	23	Reinach (J.) . . . . .	21, 23	Tardieu (A.) . . . . .	18, 20
Guyau . . . . .	3, 9, 13, 32	Lauvière . . . . .	40	Morin (Jean) . . . . .	33	Renard . . . . .	5, 11, 29	Tardieu (E.) . . . . .	12
Guyot (H.) . . . . .	43	Laveleye (de) . . . . .	10, 33	Morin . . . . .	33	Renouvier . . . . .	11, 34	Tassy . . . . .	6
Guyot (R.) . . . . .	18, 19	Lebègue . . . . .	18	Mortillet (de) . . . . .	27	Revault d'Alloignes . . . . .	11	Tausat (J.) . . . . .	5
Guyot (Y.) . . . . .	21, 23, 29	Leblond (Marius-Ary) . . . . .	10, 19	Morton Prince . . . . .	6	Révillé . . . . .	5	Tausscrat-Radel . . . . .	23
Halévy (E.) . . . . .	9, 13	Lebon (A.) . . . . .	23	Mosso . . . . .	4, 27	Rey . . . . .	5, 11	Thernoff . . . . .	19
Halévy (Y.) . . . . .	32	Lebon (G.) . . . . .	4, 10	Moysses . . . . .	18	Reymond . . . . .	34	Thamin . . . . .	5
Halieux . . . . .	32	Lechalas . . . . .	10	Müller (Max) . . . . .	10	Reynald . . . . .	20	Thénard . . . . .	20
Halot . . . . .	32	Lechallan . . . . .	10	Murisier . . . . .	4	Ribot (Th.) . . . . .	5, 11, 13, 24	Thomas (A.) . . . . .	20
Hamelin . . . . .	6, 9, 32	Lechartier . . . . .	9	Myers . . . . .	9, 10	Ricardou . . . . .	11	Thomas (P.-F.) . . . . .	3
Handelman . . . . .	20	Leclère (A.) . . . . .	10, 33	Narfon (J. de) . . . . .	17	Richard . . . . .	5, 11	Thurston . . . . .	27
Hannecquin . . . . .	9	Léger . . . . .	18	Nathan (Voy. Dupré) . . . . .	17	Richet . . . . .	5, 27	Tiersot . . . . .	15
Hanotaux (G.) . . . . .	23	Le Dantec . . . . .	2, 4, 10, 26, 27, 28	Naville (A.) . . . . .	10	Riemann . . . . .	11	Tisserand . . . . .	12
Hanoteau (J.) . . . . .	23	Lefèvre (G.) . . . . .	4, 33	Naville (E.) . . . . .	10	Rignano . . . . .	11	Topinar . . . . .	27
Hartenberg . . . . .	9, 32	Lefèvre-Pontalis . . . . .	23	Nayrac . . . . .	10	Ritter . . . . .	15	Turck . . . . .	29
Hartmann (E.de) . . . . .	4	Lehniz . . . . .	43	Niederle . . . . .	28	Rivaud . . . . .	11, 13	Turmann . . . . .	19
Hartmann (L.-C.) . . . . .	19	Lemaire . . . . .	33	Niewengowski . . . . .	27	Roberty (E. de) . . . . .	5, 11	Turot . . . . .	17
Hatzfeld . . . . .	13, 15	Lemercier (A.-P.) . . . . .	13	Nodet . . . . .	33	Roberty (J. E.) . . . . .	13	Udine (J. d') . . . . .	12
Hauser . . . . .	16, 18, 19	Lémonon (E.) . . . . .	18	Noël (E.) . . . . .	14, 23	Robin . . . . .	13	Urtin . . . . .	6, 30
Hauvette . . . . .	22	Léon (A.) . . . . .	10, 33	Noël (O.) . . . . .	19	Robinet . . . . .	29	Vacherot . . . . .	12
Hébert . . . . .	9	Lévy (L.-G.) . . . . .	15, 33	Nordau (Max) . . . . .	4, 10	Rochet . . . . .	34	Vallant . . . . .	29
Héglé . . . . .	44	Lévy-Bruhl . . . . .	10, 12, 14	Normand (Ch.) . . . . .	33	Rochet . . . . .	34	Vallaux . . . . .	19
Helmholtz . . . . .	26	Lévy-Schneider . . . . .	33	Norman Lockyer . . . . .	27	Rodes . . . . .	21	Van Beneden . . . . .	27
Hénon . . . . .	26	Liard . . . . .	4, 10, 43	Novicow . . . . .	4, 6, 11, 21	Rodier . . . . .	13	Van Biéna . . . . .	14, 15
Hennequy . . . . .	9	Lichtenberger (A.) . . . . .	21	Oldenberg . . . . .	11	Rodocanachi . . . . .	21	Van Biervliet . . . . .	30, 34
Henry (Victor) . . . . .	22	Lichtenberger (E.) . . . . .	2	Ollivier . . . . .	14	Rodrigues . . . . .	12	Van Brabant . . . . .	30
Herbert . . . . .	4, 14	Lichtenberger (H.) . . . . .	15	Ollion . . . . .	13	Rohrich . . . . .	5, 6	Vandervelde . . . . .	16, 17, 26
Herbert Spencer . . . . .	3	Lock . . . . .	29	Ossip-Lourie . . . . .	4, 11	Rogues de Fursac . . . . .	2, 5	Van de Waele . . . . .	9
Herczenrath . . . . .	4	Lodge . . . . .	4	Ostwald . . . . .	2, 28	Roiel . . . . .	5, 34	Van Overbergh . . . . .	34
Hermant . . . . .	9	Loiseau . . . . .	17	Ott . . . . .	29	Rolland (Ch.) . . . . .	29	Vauthier . . . . .	30
Hirth . . . . .	9	Loeb . . . . .	27	Ouvre . . . . .	11, 13	Rolland (R.) . . . . .	15	Véra . . . . .	11
Hochreutiner . . . . .	30	Lombard . . . . .	22	Painlevé . . . . .	28	Romanes . . . . .	12	Vermale . . . . .	34
Hocquart . . . . .	32	Lombroso . . . . .	10	Palante . . . . .	4, 11	Rossier (E.) . . . . .	34	Véron . . . . .	20
Höfiling . . . . .	6, 9, 32	Lubac . . . . .	40	Palthoriss . . . . .	45, 33	Rott . . . . .	23	Viallat . . . . .	17, 18, 21
Horric de Beaucaire . . . . .	23	Lubbock . . . . .	4, 27	Papus. Voyez Encausse . . . . .	33	Roubinovich (J.) . . . . .	26	Vidal de la Blache . . . . .	22
Hubert (H.) . . . . .	9, 12	Luchaire . . . . .	22	Pariset . . . . .	33	Roussau (J.-J.) . . . . .	14	Vie politique . . . . .	48
Hubert (L.) . . . . .	18	Lyon (Georges) . . . . .	4, 10, 14	Pariset . . . . .	2	Roussel-Despierres . . . . .	5, 12	Vignon . . . . .	20
Huxley . . . . .	27, 29	Mabileau . . . . .	30	Parodi (D.) . . . . .	4	Ruville (de) . . . . .	18	Vitalis . . . . .	34
Icard . . . . .	32	Mac Coll . . . . .	33	Paterson. Voyez Swift . . . . .	33	Russel (de) . . . . .	18	Voivenel . . . . .	6
Indy (V. d') . . . . .	15	Mahaïffé . . . . .	29	Paul-Boncour (J.) . . . . .	10	Russel (P.) . . . . .	14	Vries (H. de) . . . . .	27
Ioteyko . . . . .	9	Maigne . . . . .	29	(Voy. Philippe) . . . . .	10	Rozet . . . . .	30	Waddington . . . . .	23
Isambert . . . . .	9	Mainâth (C <sup>ie</sup> J. de) . . . . .	30	Paulhan . . . . .	2, 4, 14, 29, 33	Russel . . . . .	12, 13	Wahl . . . . .	20
Izoulet . . . . .	9	Maidron . . . . .	33	Paulhan . . . . .	2, 4, 14, 29, 33	Ruysen . . . . .	12, 15	Waynbaum . . . . .	12
Jaccard . . . . .	27	Maitland . . . . .	22	Paul Louis . . . . .	18, 21, 29	Rzewuski . . . . .	5, 15	Weber . . . . .	12
Jacoby . . . . .	9	Malapert . . . . .	10	Payot . . . . .	11	Sabatier (A.) . . . . .	12	Weill (G.) . . . . .	10
Jacques . . . . .	4, 30	Malmejac . . . . .	27	Pelant . . . . .	33	Sabatier (G.) . . . . .	12	Weill (J.) . . . . .	30
Janet (Paul) . . . . .	4, 9, 14	Mantoux (P.) . . . . .	20	Pellet . . . . .	19	Saïfer . . . . .	12, 14	Welschinger . . . . .	17
Janet Pierre) . . . . .	9, 24, 32	Marc-Aurèle . . . . .	13	Pelletan . . . . .	19	Saint-Paul . . . . .	12	Werner . . . . .	43
Janssens . . . . .	32	Margollé . . . . .	29	Penjon . . . . .	33	Salleilles . . . . .	16	Whitney . . . . .	25
Janklewitch . . . . .	4	Marguery . . . . .	30	Perès . . . . .	11, 30	Sanz y Escartin . . . . .	12	Winter . . . . .	2
Jaray (J.-L.) . . . . .	20	Mariétan . . . . .	33	Pérez (Bernard) . . . . .	14, 33	Scheffer . . . . .	20, 21	Wolf (de) . . . . .	14, 30, 33
Jastrow . . . . .	9	Martin (E.) . . . . .	30	Pernot (M.) . . . . .	18	Schelling . . . . .	10	Wundt . . . . .	5
Jaures . . . . .	9	Parisot . . . . .	33	Perrier . . . . .	11	Schiller (F.) . . . . .	12	Wurtz . . . . .	27
Javal . . . . .	27	Pichet . . . . .	29	Petit (Ed.) . . . . .	30	Schinz . . . . .	12	Wyim . . . . .	34
Jaudon . . . . .	6	Pichot . . . . .	29	Petit (Eug.) . . . . .	29	Schmidt (Ch.) . . . . .	20	Zaborowski . . . . .	29
Jevons . . . . .	29	Picard (Ch.) . . . . .	31	Pettigrew . . . . .	27	Schmidt (O.) . . . . .	27	Zapletal . . . . .	34
Joly (H.) . . . . .	15	Picavet . . . . .	11, 13, 14, 43, 44	Philippe (J.) . . . . .	33	Schopenhauer . . . . .	2, 5, 15	Zeller . . . . .	14
Jouan . . . . .	29	Pichot . . . . .	29	Philippe (J.) . . . . .	2, 4, 5, 33	Schopenhauer . . . . .	2, 5, 15	Zeller . . . . .	14
Jourdan . . . . .	29	Pichot . . . . .	29	Piat . . . . .	11, 14, 15, 33	Schutenberger . . . . .	15	Zevort . . . . .	20, 29
Jourdy . . . . .	29, 32	Pichot . . . . .	29	Picard (Ch.) . . . . .	31	Séailles . . . . .	15	Ziegler . . . . .	5
Jouret . . . . .	30	Pichot . . . . .	29	Picavet . . . . .	11, 13, 14, 43, 44	Secchi . . . . .	34	Zivy . . . . .	29
Joussain (A.) . . . . .	30	Pichot . . . . .	29	Pichet . . . . .	29	Secrétan (H.) . . . . .	27	Zuercher . . . . .	29
		Pichot . . . . .	29	Picard . . . . .	31	Segond . . . . .	2, 6		



