RÉCRÉATIONS
CIENTIFIQUES

OU

EXPOSÉ

DES FAITS LES PLUS INTÉRESSANTS ET LES PLUS CURIEUX

DANS LES

ENCES MATHÉMATIQUES, PHYSIQUES ET NATURELLES

PAR

F. LAGARRIGUE

Professeur de Sciences Mathématiques et Physiques

OUVRAGE ADMIS POUR LES BIBLIOTHÈQUES SCOLAIRES

OMNIA LABORE

PARIS

ÉTÉ ANONYME D'IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE ADMINISTRATIVES

ET DES CHEMINS DE FER,

Paul DUPONT, Directeur

41, RUE JEAN-JACQUES-ROUSSEAU, 41

(Hôtel des Fermes)

RÉCRÉATIONS

SCIENTIFIQUES

Paris. — Société anonyme d'Imprimerie. — PAUL DUPONT, Dr.

RÉCRÉATIONS
SCIENTIFIQUES

OU

EXPOSÉ

DES FAITS LES PLUS INTÉRESSANTS ET LES PLUS CURIEUX

DANS LES SCIENCES MATHÉMATIQUES, PHYSIQUES ET NATURELLES

PAR

F. LAGARRIGUE

Professeur de Sciences Mathématiques et Physiques

NOUVELLE ÉDITION

corrigée, modifiée et mise au courant des nouvelles découvertes

Ouvrage admis pour les Bibliothèques scolaires

PARIS

SOCIÉTÉ ANONYME D'IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE ADMINISTRATIVES

ET DES CHEMINS DE FER

PAUL DUPONT, *Directeur*

41, Rue Jean-Jacques-Rousseau, 41

1880

AVANT-PROPOS

Les mathématiques, qui forment autant la science du raisonnement que celle des grandeurs, doivent servir d'introduction aux travaux qui sont du domaine de la physique, de la chimie et des sciences naturelles. Outre qu'elles fournissent par elles-mêmes des découvertes que nous n'avons pas à apprécier ici, elles font acquérir cette exactitude de coup d'œil qui fait éviter les erreurs d'observation et nous mettent en garde contre les illusions de nos sens ; de plus, en nous habituant à une grande rigueur de raisonnement, elles nous apprennent à penser juste, à juger sainement, à découvrir dans les écrits ou les discours les points faibles, les cercles vicieux ou les sophismes. Aussi devons-nous nous féliciter de voir l'étude des sciences en général et celles des mathématiques en particulier, prendre chaque année une plus large place dans les programmes de l'enseignement universitaire.

De combien de jouissances intellectuelles se privent les personnes qui, sous prétexte que ces études ne peuvent être abordées que par quelques intelligences exceptionnellement douées, sacrifient à un préjugé trop répandu en refusant d'y appliquer leur esprit ! A quelle source féconde d'agréables découvertes, d'utiles inventions ou de méditations sublimes refuse-t-on de puiser en repoussant de parti pris les ouvrages qui traitent de physique, d'astronomie, de mécanique, de botanique, de géologie, etc., ou en ne les parcourant que d'un œil distrait et ennuyé.

La notation algébrique et le langage de ces sciences sont-ils donc si incompréhensibles ? On se le figure et on n'y regarde pas de plus près. Si l'on songe pourtant que *tous* les enfants de quatre à cinq ans ont déjà appris, sans que cela paraisse extraordinaire, notre langue si complexe, qu'ils se sont approprié nos idées si bizarres, si désordonnées, on se demande s'il est logique de croire qu'un homme n'est pas assez richement doté par la nature pour se caser encore dans la mémoire quelques mots ou quelques signes nouveaux, pour saisir le sens de quelques vérités immuables ou pour exercer sa raison à comparer, à assembler ces vérités pour en déduire de nouvelles.

Mais ces études abstraites, dit-on, dessèchent l'âme, étouffent les sentiments, arrêtent l'essor de l'imagination naissante. C'est une erreur profonde, très-accréditée, il est vrai, mais aussi contre laquelle nous ne saurions trop élever la voix. Nous n'invoquerons pas en faveur de notre opinion la prétendue *éloquence des chiffres*; nous savons que les faiseurs de statistique abusent étrangement de cette métaphore, peut être parce qu'ils veulent manier un instrument dont ils n'ont pas étudié suffisamment l'usage; mais nous rappellerons que les plus grands mathématiciens de l'antiquité étaient aussi les plus grands penseurs et furent les premiers *philosophes*. Qu'on enlève à Pascal, à Descartes, à Leibnitz, à Newton, à d'Alembert et à tant d'autres leurs travaux scientifiques, et il restera encore pour éterniser leurs noms d'immortels travaux littéraires. Voltaire, qui était certes un homme d'imagination, s'appliqua à l'étude des sciences exactes et nous a laissé quelques pages remarquables sur les lois de l'optique. L'illustre Arago ne dut-il pas autant sa popularité à la science profonde qu'il avait acquise qu'à ses agréables discours et à ses charmants écrits? N'avons-nous pas toujours vu les membres les plus éminents de l'Académie des sciences occuper avec honneur quelques-uns des 40 fauteuils de l'Académie française à côté de nos célébrités littéraires et de nos orateurs les plus brillants? Il faut ne pas avoir assisté aux leçons de MM. Flourens, Bertrand, Dumas, Le Verrier, Babinet, etc., pour refuser aux savants cette verve que donne l'imagination. Manquaient-ils donc de l'esprit d'invention ces savants anciens qui nous ont légué les fondements de la science moderne? Leurs erreurs mêmes attestent que leur imagination ne restait pas inactive. Newton, en voyant tomber une pomme, imagine la loi de la gravitation universelle; Copernic organise le système de l'univers; Ampère établit devant un autre membre de l'Académie des sciences, qui s'appelait Napoléon, sa belle théorie de l'électro-magnétisme, etc., etc.; ne sont-ce pas là de belles conceptions? De combien elles dépassent en utilité ou en grandeur les combinaisons plus ou moins embrouillées de nos romanciers les plus habiles!

Non, les sciences exactes ne tuent pas l'imagination; seulement elles la dirigent vers des sujets de l'ordre le plus élevé, et, en la guidant dans ses hypothèses, elles lui donnent plus de sûreté et plus de logique.

Elles n'excluent pas non plus les jouissances de l'esprit ni les plaisirs des sens; elles ne sont pas si abstraites qu'on le croit, ni si dépourvues de charme qu'on le dit : c'est ce que nous essayons de faire voir en publiant ce petit travail.

La *première partie* est spécialement consacrée aux *Récréations arithmétiques*. Sous ce titre nous faisons connaître quelques problèmes célèbres ou amusants, quelques curieuses propriétés des nombres et des tours de cartes ou de dés basés uniquement sur le calcul.

La *deuxième partie* présente, à côté des notions élémentaires de la physique et de la chimie, les expériences les plus curieuses parmi celles que l'on est conduit à aire en étudiant ces sciences. On ne trouvera pas ici l'ordre logique et régulier qui doit être suivi dans les traités sur les mêmes matières destinés à l'enseignement; mais nous avons pensé que ce qui serait un grave défaut dans un ouvrage classique deviendrait une qualité dans un recueil de *récréations*. Il ne faut plus, en effet, que le lecteur fasse d'efforts pour suivre un raisonnement; mais il suffit que son esprit soit tenu naturellement en éveil par la variété des sujets; l'exemple doit faire connaître le précepte, et la science quitter les froides allures de la vérité pour revêtir parfois les oripeaux du magicien.

Dans la *troisième partie*, nous passons en revue les jeux des enfants, pour déduire de cet examen les principes de la *mécanique*; la *Géométrie* y devient *amusante* avec les solutions de quelques problèmes et l'indication de quelques constructions de solides. Enfin des expériences, qui n'ont pu trouver place dans la partie précédente, viendront ajouter à ces connaissances leur enseignement par les faits observés.

C'est avec regret que nous avons dû nous borner à extraire quelques faits de la masse considérable des connaissances que l'homme a découvertes dans cette mine inépuisable d'observations. Notre tâche avait seulement pour but de faire entrevoir le charme que pouvaient offrir les études scientifiques en général, afin que le lecteur se décidât à les aborder ensuite sans prévention, et les limites que nous nous étions assignées nous ont paru souvent bien étroites. Nos lecteurs seront-ils du même avis? S'il en était ainsi, notre but serait atteint;

ils trouveraient alors dans des ouvrages spéciaux un exposé complet et méthodique des diverses branches de la science, et, sans se rebuter à la lecture des premières pages, ils pénétreraient plus avant dans une étude désormais pleine d'attraits pour eux.

Quelque censeur trop sévère, accordant à notre livre une importance que nous n'avons pas eu la prétention de lui donner, trouvera peut-être que nous avons fait une trop large place à des jeux d'esprit indignes d'une intelligence élevée. S'il est nécessaire de répondre à cette accusation, nous transcrirons ici un passage d'une lettre adressée par Leibnitz à M. de Montmort : « Après les jeux « qui dépendent uniquement des nombres, dit le grand « philosophe, viennent les jeux où entre encore la po- « sition, comme dans le trictrac, dans les dames, surtout « dans les échecs. Le jeu nommé *solitaire* m'a plu assez. « . . . . . Mais à quoi bon cela ? dira-t-on ; je réponds : « à perfectionner l'art d'inventer ; car il faudrait avoir des « méthodes pour venir à bout de tout ce qui peut se « trouver par raison. »

Euler, Moivre, Montucla et plusieurs autres mathématiciens célèbres ont attaché leurs noms à quelques problèmes purement amusants. Le traducteur de Diophante, le savant Bachet, écrivit en 1640 ses *problèmes plaisants et délectables ;* quelques années plus tard, Ozanam, de l'Académie des sciences, publia ses *Récréations de mathématiques et de physique*, dont la première partie nous a été d'un utile secours.

L'autorité même de ces noms illustres rendait notre tâche plus difficile. Comment oser aborder des sujets déjà traités par de tels maîtres ? Mais on a beau glaner dans le champ fertile de la science, il reste toujours quelques épis à recueillir, et nous avons l'espoir que notre petite moisson ne sera pas inutile.

PREMIERE PARTIE.

RÉCRÉATIONS ARITHMÉTIQUES

CHAPITRE PREMIER

DE L'ORIGINE DES CHIFFRES ET DE LA NUMÉRATION CHEZ LES DIVERS PEUPLES.

Par quelles causes étranges, mystérieuses, les langues se sont-elles transformées au point de devenir méconnaissables ? Par quelles successions d'influences persistantes les nations sorties d'une même origine sont-elles arrivées à modifier le langage qui leur était commun, à changer la forme des caractères qui leur servaient à toutes pour traduire leurs idées, au point de ne plus pouvoir se comprendre et de ne plus correspondre entre elles ? Ce sont là des questions que les linguistes et les archéologues s'efforcent d'approfondir tous les jours au profit de l'histoire générale, et la partie de ces recherches qui se rapporte à l'art de compter n'est pas la moins curieuse ni la moins intéressante.

Le mot hébreu *sepher* veut dire *compter*. Aussi quelques auteurs font-ils remonter à ce mot l'étymologie de *chiffre*. Il est pourtant peu vraisemblable que nous ayons emprunté une telle expression à un peuple qui ne nous a transmis aucune notion de calcul. Nous remarquons, au contraire, que, dans le latin barbare du moyen âge, *cyphra* ou *tsyphra* signifie *zéro* ou rien; or l'expression arabe *tsiphron zeron* veut dire *tout à fait vide ; tsiphron* (vide) aura été détourné de sa signification attribuée à *zeron* dont on a fait *zéro*, et le mot *chiffre* n'aura plus désigné qu'un caractère numérique en général.

Bien des personnes trouveront cette étymologie un peu forcée. Mais qu'on veuille bien remarquer qu'il en existe le bien certaines dont la source est de prime-abord beaucoup plus contestable. Ainsi le mot latin *dies*, que nous traduisons *jour*, est devenu par la suite des siècles, grâce à la corruption du langage, *diurnus*, journalier, que l'on écrivait aussi *djurnus*, puis *giorno*, en italien jour, puis *journal*, enfin *jour*. Comparez *dies* et *jour* : il n'y a pas une seule lettre commune. *Ross* en allemand est l'expression poétique qui correspond à *coursier;* or, l'on sait bien que notre mot *rosse*, qui en dérive, est loin d'appartenir au langage élevé et qu'il ne signifie pas surtout un cheval fringant. L'adverbe *incessamment*, qui doit vouloir dire *sans cesse*, est employé la plupart du temps pour exprimer *très-prochainement ;* enfin notre *vasistas* n'était tout d'abord que le petit carreau à travers lequel les *suisses* des hôtels, les concierges de nos jours, demandaient aux visiteurs, avec un accent bien connu *was ist das ?* (qu'est-ce qu'il y a ?)

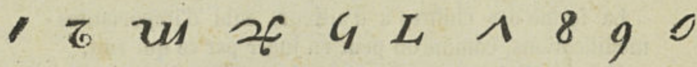
Les premiers peuples, comme les enfants de nos jours, firent très-probablement consister leurs premiers caractères numériques en simples traits ou en lignes droites qu'on entaillait aisément dans le bois ou la pierre. Comme d'ailleurs ils comptaient naturellement sur leurs doigts, la division des nombres par décades leur vint toujours à l'esprit la première. Il n'y a pas d'exemple d'une division différente dans la numération écrite des peuples civilisés, bien que nous retrouvions les divisions par 12 et fractions de 12 dans notre système ancien de poids et mesures et encore de nos jours dans l'évaluation du temps, et dans la mesure des arcs de cercle.

Les Hébreux se servaient, pour représenter les nombres, des lettres de leur alphabet. Celui-ci se compose de 22 caractères seulement, mais il y en a 5 qui, comme notre *r* manuscrit, peuvent prendre des formes finales, ce qui porte à 27 le nombre des signes qui peuvent être employés dans cette numération barbare. Les unités s'exprimaient par les 9 premières lettres, les dizaines par les 9 suivantes, et les centaines par les quatre dernières et les finales. Pour représenter les mille, les dizaines de mille et les centaines de mille, ils se servaient des mêmes lettres, surmontées de deux points.

Les Grecs, dont la notation peut nous intéresser davantage, puisque leurs travaux en mathématiques furent extrêmement remarquables, n'employaient pas un système plus simple. Le célèbre mathématicien Delambre, qui a si glorieusement attaché son nom à l'établissement du système métrique en France, et notre illustre professeur contemporain, M. Chasles, ont recherché, avec une persévérance que l'absence de documents paralysait quelquefois, de quels signes se servaient Diophante, Pappus, Pythagore, Archimède et tous les illustres savants grecs dans les travaux qui les conduisirent aux belles découvertes qu'ils nous ont léguées ; et, bien que ce sujet puisse paraître un peu sérieux pour la nature de cet ouvrage, nous ne résistons pas au désir de faire connaître le résultat de ces recherches.

De même que les Hébreux et les Phéniciens qui leur avaient déjà communiqué l'art d'écrire, les Grecs se servirent dans leur numération des 24 lettres de leur alphabet, auxquelles ils ajoutaient 3 signes tirés de l'alphabet des premiers peuples : *vau*, *coph* et *sin*, qu'ils nommaient *episemon vau* (ς, 6), *koppa* (ϟ, 90) et *sampi* (ϡ, 900). — Les unités de 1 à 9 étaient représentées par les lettres α, ϐ, γ, δ, ε, ς, ζ, η, θ ; les dizaines par ι, κ, λ, μ, ν, ξ, ο, π, ϟ; les centaines de 100 à 1,000 par ρ, σ, τ, υ, φ, χ, ψ, ω, ϡ. Pour distinguer ces caractères des lettres alphabétiques ordinaires, on les surmontait ordinairement, à droite, d'un petit accent, α′, ϐ′; ou plus simplement on ne marquait de ce signe que le premier caractère à droite du nombre à écrire : ainsi λγ′, ψπζ′, signifiaient 33, 787. Les mille étaient représentés par les mêmes lettres que les unités simples, mais avec un accent dessous ͵α, ͵β,... On arrivait ainsi jusqu'à 10000 ou une myriade. Ce dernier nombre s'écrivait Mυ, initiales de Μυριοι. Diophante et Pappus écrivaient α Mυ, βMυ... etc., pour 10000,20000... De cette manière l'expression β,χοθMυ.͵η,γ' voulait dire 2679 dizaines de mille 8003 unités ou 26798003, et l'on pouvait représenter tous les nombres jusqu'à 100000000. Il en fut ainsi jusqu'à Archimède; mais ayant un jour à exprimer le nombre de grains de sable que contiendrait une sphère qui aurait pour diamètre la distance de la terre aux étoiles fixes, et son résultat dépassant de beaucoup la limite à laquelle s'arrêtaient ses prédécesseurs, ce savant imagina de prendre pour unité nouvelle les 100 millions ou la myriade de myriades déjà obtenue, et il nomma *nombres du second ordre* ceux qu'il formait ainsi et qu'il nous faudrait 16 chiffres pour écrire; prenant ensuite pour nouvelle unité 1 suivi de 16 zéros, ou la 4^e puissance de la myriade, il formait des nombres du 3^e ordre, etc. Pourtant ce système, qu'il exposa dans son traité nommé *Arénaire (De numero arenæ)*, ne fut jamais appliqué par personne, et il se contenta lui-même de l'indiquer sans effectuer les calculs pour lesquels il l'avait établi.

Il est très-probable qu'Archimède et les pythagoriciens employaient pour le calcul un autre système de numération et laissaient au vulgaire l'usage de celui que nous venons d'exposer. En expliquant, en effet, un passage de l'écrivain grec Boëce dans lequel on avait cru trouver d'abord des notes tironiennes ou sténographiques, M. Chasles a prouvé que les chrétiens d'Occident faisaient usage, à l'époque où écrivait cet auteur, et par conséquent bien avant les Arabes, de 9 chiffres *prenant des valeurs de position en progression décuple* comme dans notre système. Cette idée, si féconde en résultats, d'attacher à chaque signe ou symbole une valeur absolue et une valeur de position, nous serait donc venue de l'école de Pythagore. Les caractères rapportés par Boëce sont dans l'ordre des 9 premiers nombres :

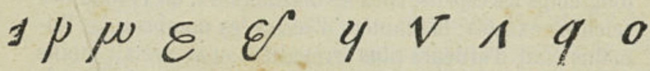


Mais cette notation, qui se rapproche assez de la nôtre, ne fut pas répandue chez les nations latines. Les conquêtes romaines, puis les invasions barbares détournèrent longtemps les esprits, chez les Occidentaux, de l'étude des sciences exactes; la manière d'écrire les nombres des Romains était d'ailleurs plus irrégulière et se prêtait moins aux combinaisons que celle des Grecs. Nous ne rappellerons pas ici ce système de numération bien connu qui nous ramène à l'enfance de la civilisation; constatons seulement qu'il fut employé par tous les peuples de l'Europe occidentale jusqu'à l'introduction des chiffres dits *arabes*, et que nos architectes ou nos auteurs datent encore leurs œuvres avec les chiffres romains, espérant sans doute donner à leurs travaux une garantie de durée en leur imprimant le cachet qui marque les monuments impérissables des Césars.

Bien que les Arabes possèdent un système de numération identique au nôtre, tous les auteurs reconnaissent qu'ils l'ont emprunté aux Hindous à la fin du X^{e} siècle. C'était probablement de la même origine que les Grecs avaient tiré les caractères que nous avons indiqués plus haut : il est hors de doute, en effet, que notre système actuel était en usage, il y a plus de 2000 ans, chez les habitants de l'Inde; seulement les connaissances que les invasions des Romains, puis des barbares du Nord, avaient empêchées de se propager chez nous dans les premiers temps du christianisme, nous furent communiquées dix siècles plus tard, à la suite d'une autre invasion des sectateurs de Mahomet venue du sud. Les uns admettent que le nouveau système fut importé chez nous par le pape Gerbert, qui le tenait des Sarrasins d'Espagne, d'autres qu'il nous vient d'Italie, où il aurait été répandu par Léonard de Pise revenant d'Afrique en 1202.

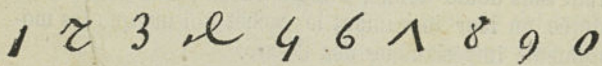
La forme des chiffres a d'ailleurs subi d'importantes modifications, comme on peut en juger par ce qui suit.

Al-Séphadi, poëte et commentateur arabe du XIIIe siècle qui nous fit connaître les fables et les calculs des Indiens, et, en particulier, le jeu des échecs, écrit ainsi leurs chiffres :



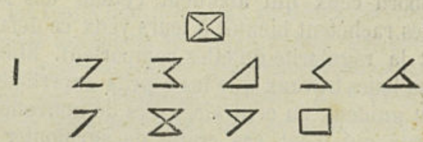
Telles sont aussi les formes indiquées dans son arithmétique indienne par le moine grec Planude, qui vivait vers la même époque.

Cependant l'Italien Sacro Bosco et le moine anglais Roger Bacon, contemporains des écrivains précédents, le premier dans un traité d'arithmétique et le second dans son calendrier, s'accordent à écrire les chiffres indiens :



se rapprochant ainsi beaucoup plus de la forme du Grec Boëce que de celle indiquée par l'Arabe Al-Séphadi. Ces formes semblent assez différentes de celles que nous employons aujourd'hui ; mais on serait bien plus étonné encore en comparant ces anciens chiffres aux modernes des Indiens. Nous ne reproduirons pas ici ces derniers, pour ne pas multiplier inutilement les exemples. Il nous suffira de dire que l'on ne reconnaît pas plus dans ces figures la forme des chiffres anciens ou la forme des nôtres, bien qu'ils dérivent aussi des premiers, que nous ne retrouvons notre langage français dans les écrits de Cicéron ou dans les discours actuels du parlement italien. Qu'importe, du reste, la forme du chiffre ? C'est sa double valeur absolue et relative qui constitue tout notre système de numération et qui le rend si fécond dans les applications du calcul. C'est l'origine de ce système qu'il est surtout intéressant de connaître : or, il semble maintenant bien établi que les Hindous le communiquèrent d'abord aux Grecs longtemps avant Jésus-Christ, puis aux Arabes, qui nous l'ont transmis après leur invasion en Espagne.

Encore un mot pour terminer notre dissertation sur la forme des chiffres. Nous avons dit qu'ils ne durent être tout d'abord que de simples traits, et la numération des Romains nous en a fourni une preuve. Mais en tirant trop à la légère une conclusion immédiate de ce fait hypothétique, quelques auteurs de nos jours ont prétendu que tous nos caractères numériques provenaient de dix transformations que l'on pouvait faire subir à la figure ci-jointe, en supprimant soit un ou plusieurs côtés, soit quelques portions des diagonales. Le dessin suivant montrerait, d'après cette hypothèse, les lignes tracées sur le chaton de la bague de Salomon, puis les dix figures tirées de cette combinaison de lignes : en arrondissant, dit-on, les angles de ces dix figures, on obtiendrait les dix chiffres dont nous nous servons. Quelque vraisemblable que paraisse



cette origine de nos chiffres, il faut reconnaître qu'il y a dans cette supposition plus d'ingéniosité que de vérité, et que l'on ne trouve dans aucun des écrivains qui ont traité cette matière la moindre allusion à un semblable procédé de formation des caractères numériques.

Ne regrettons d'ailleurs pas que les peuples aient plus souvent présidé à la formation des signes et des termes employés dans les sciences que les savants eux-mêmes. Les anciens nommaient leurs éléments, avec le vulgaire, *eau, air, terre, feu.* Ce sont là des expressions concises, faciles à retenir; les savants modernes ont appelé les leurs *oxygène, hydrogène, phosphore ;* mots de plusieurs syllabes, étrangers à notre langue, formant difficilement des composés. Les métaux primitivement connus furent le *fer,* l'*or,* le *cuivre,* le *zinc ;* les derniers découverts par les chimistes sont l'*aluminium,* l'*osmium,* le *rubidium,* etc. Puis la nomenclature s'en mêlant, le *sel* est devenu du *chlorure de sodium ;* la *craie* du *carbonate de chaux,* etc. ; la *baleine* est un *mammifère cétacé ichthyophage,* et le *liseron des bois,* une plante *dicotylédone gamopétale* de la classe des *convolvulinées à étamines hypogynes.* Ce langage, malsonnant pour une oreille française, compliqué surtout par les combinaisons de radicaux à plusieurs syllabes, rend inabordable pour beaucoup l'étude de la physique, de la chimie, de l'histoire naturelle.

Mais il faut être juste envers les savants qui l'ont composé et qui n'ont eu que le tort de faire à la fois trop de découvertes et de réformes auxquelles ils attachaient des noms grecs ou latins. Les nomenclatures peuvent effrayer tout d'abord ceux qui abordent l'étude des sciences ; mais elles rachètent bientôt à leurs yeux ce défaut par la clarté et la régularité qu'elles comportent. Elles n'arrêtent dans leurs travaux que les esprits superficiels ; elles aident et guident, au contraire, vers de nouvelles découvertes ceux qui n'ont pas craint de surmonter les premières difficultés pour aborder l'étude si attrayante de la nature.

CHAPITRE II.

LE CALCUL MENTAL ET LES MACHINES A CALCULER.

SOMMAIRE. — Mathématiciens et calculateurs. — Grandemange, Mondeux et autres phénomènes vivants. — Le Boulier compteur, l'abaque. — Table à calcul des aveugles. — Bâtons de Neper. — Règle de Gunther. — — Machines de Pascal, de Maurel, de Thomas, de Babbage.

Les premiers calculs furent faits avec de scailloux; cette opération avait, en effet, chez les Romains le nom de *calculus* (caillou), et chez les Grecs le mot compter *pséphisein* dérivait de *pséphos,* petite pierre. Le mot *calcul* a conservé encore en médecine sa signification primitive, puisqu'il désigne dans cette science les concrétions inorganiques ou les *pierres* qui se forment dans le corps de l'homme.

On conçoit que ces instruments de travail n'étaient guère plus propres que la numération que nous avons fait connaître dans le chapitre précédent, à conduire rapidement les mathématiciens aux résultats de leurs opérations; aussi durent-ils se passer, autant que possible, de tout objet matériel pour ne se servir que du calcul mental.

Il n'est pas de branche d'études plus utile et d'une application plus fréquente que cette dernière; mais le domaine des mathématiques est si vaste que les personnes qui s'y adonnent exclusivement trouvent plus agréable et plus utile de résoudre des difficultés théoriques, de rechercher la solution d'un problème que d'acquérir de la facilité dans le calcul de tête. Elles pensent avec une certaine raison que l'on arrivera toujours plus ou moins rapidement, soit par expérience acquise, soit par l'application patiente des règles connues, à trouver le résultat d'une opération quelconque ou d'une série d'opérations, quelque longues qu'elles puissent être, mais qu'il n'est pas donné à tous de comprendre les savantes dissertations de Newton, de Descartes, de Laplace ou d'Arago.

C'est à tort d'ailleurs qu'on se persuade généralement de la difficulté de ce genre de calcul, car les exemples ne manquent pas de personnes ne sachant ni lire ni écrire, obligées, par cela même, de compter par la pensée ou de retenir dans leur mémoire des résultats tout faits, qui exécutaient les opérations les plus compliquées avec une rapidité et une justesse extraordinaires. Il nous a été donné d'entendre en 1853, dans une séance publique, à Paris, le célèbre Grandemange, alors âgé de 18 ans, que ses infirmités physiques (il était né sans bras ni jambes) rendaient aussi intéressant que sa prodigieuse habileté à compter. Voici quelques-unes des questions qui lui furent posées :

En supposant l'année de 365 jours, combien de temps faudra-t-il à un boulet, qui ferait une lieue en 20 secondes, pour aller de la terre au soleil, en supposant cet astre à 34600000 lieues ? — La réponse exacte : 21 ans 344 jours 6 heures 12 minutes 20 secondes, ne se fit pas attendre deux minutes.

Quelle est la somme des 50 premiers nombres ? — Réponse immédiate, 1275. — Etc.

Henri Mondeux résolvait avec une égale facilité toutes les questions du même genre ; il pouvait, en outre, trouver instantanément le logarithme d'un nombre ou le nombre correspondant à un logarithme. Cette faculté tenait-elle plus à sa mémoire qu'à une méthode particulière qu'il avait imaginée pour calculer les logarithmes ? C'est ce que nous ne pourrions décider ; toujours est-il qu'elle lui permettait de dire de suite, sans efforts apparents, les puissances et les racines des nombres. Il énonça ainsi la 21e puissance de 13, qui est

247 064 529 073 450 392 704 413,

bien avant que ceux qui l'interrogeaient, le crayon à la main, eussent pu obtenir ce résultat.

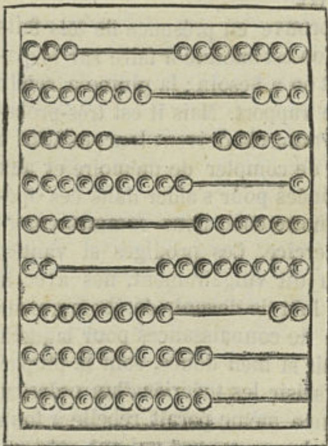
On cite des faits tout aussi surprenants de *Desforges*, de *Mangiamèle* et d'autres calculateurs célèbres, auxquels on attribue une aptitude toute particulière pour retenir et combiner des nombres (1).

La surprise que l'on éprouve en présence de tels faits provient surtout de ce qu'on est habitué à faire sur le papier tous les calculs dont on a besoin ; la plume a rendu l'esprit paresseux sous ce rapport. Mais il est très-probable que les calculateurs naturels doivent leur facilité à l'habitude qu'il ont prise de compter de mémoire et aux méthodes qu'ils ont imaginées pour s'aider dans ces opérations, tandis que, de notre côté, nous sommes empêchés par le défaut d'exercice. Ces prodiges si vantés, qui semblent, comme on dit vulgairement, nés avec la *bosse des mathématiques,* loin de devenir des hommes supérieurs dans la branche de connaissances pour laquelle la nature semble les avoir si bien doués, sont la plupart du temps incapables de saisir les théories d'un ordre un peu élevé ; leur intelligence même paraît rebelle à toute espèce d'enseignement, et les personnes qui ont entrepris quelquefois de les tirer de l'ignorance dans laquelle ils étaient plongés ont jugé bientôt leurs efforts stériles et ont été forcées de reconnaître que, s'il est utile à un mathématicien d'être bon calculateur, celui qui ne possède que cette dernière qualité ne deviendra un vrai savant que s'il est doué, en outre, du jugement, de l'intelligence et de l'imagination qui caractérisent toujours les hommes

(1) Voltaire, dont la science était universelle et dont le génie embrassait toutes les connaissances humaines, savait aussi par cœur les logarithmes des cent premiers nombres.

de génie. En l'absence bien constatée de ces facultés, nous sommes forcé de considérer ces *phénomènes vivants*, moins comme des êtres supérieurs que comme de merveilleuses *machines à calculer*.

Dans les écoles primaires et les salles d'asile, on enseigne aux enfants les premières notions du calcul au moyen d'un tableau nommé *Boulier compteur* ou *abaque*, dont la construction est des plus simples.

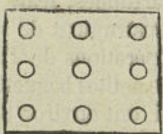


Il se compose d'un cadre de bois dans l'intérieur duquel sont tendues horizontalement 8 ou 10 tringles; sur chaque tringle glissent librement 10 boules. Celles de la première ligne représentent les unités, celles de la seconde les dizaines, et ainsi de suite. Pour écrire un nombre, on fait d'abord glisser toutes les boules vers la gauche, en inclinant l'appareil, puis on fait revenir sur la droite et sur chaque tringle autant de boules qu'il faut d'unités de l'ordre que la tringle représente.

Ainsi notre dessin figurerait le nombre 2,861,537. On peut, à l'aide de cet appareil, effectuer très-vite les opérations fondamentales de l'arithmétique, surtout les additions. Il est très-usité en Russie, où presque toutes les classes de la société l'emploient à leurs calculs journaliers. L'abaque (du grec *abax*, table) était chez les anciens une table recouverte de sable fin sur laquelle on exécutait des opérations ou on traçait des figures de géométrie.

Au moyen âge on désigna sous ce nom ou sous celui de *table de Pythagore* tous les tableaux de calcul en général ; puis, plus spécialement, la table de multiplication. Enfin, de notre temps, on a étendu ce nom à divers tableaux servant à faciliter les opérations ou donnant immédiatement les résultats tout faits. L'*abaque* ou *compteur universel* de M. Léon Lalanne, en particulier, est une table qui fournit immédiatement et à simple vue le produit ou le quotient de deux nombres, leurs carrés, leurs racines, la circonférence et la surface d'un cercle de rayon connu, etc. Mais nous ne pouvons pas indiquer ici la construction de ce compteur ; jetons un coup d'œil sur quelques tables de construction ingénieuse, qui, sans donner les résultats tout écrits, facilitent leur recherche.

Le docteur anglais Saunderson, mathématicien aveugle, imagina pour l'usage des personnes qui étaient affligées de la même infirmité que lui un système ingénieux pour effectuer les opérations avec le sens du toucher. Il prenait quelques petites planchettes de bois, qu'il faisait percer de 9 trous disposés comme l'indique la figure suivante :

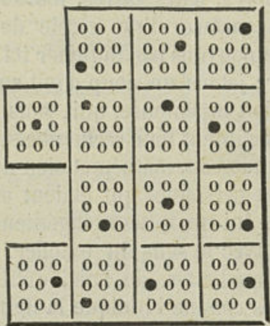


1	2	3
4	5	6
7	8	9

Chaque trou correspondait à un des 9 chiffres significatifs dans l'ordre où nous les avons écrits à côté, et, afin de désigner l'un de ces chiffres, il plaçait une petite cheville dans le trou qui lui correspondait. Pour écrire un nombre, il fallait employer autant de planchettes qu'il y avait de figures dans ce nombre, chacune d'elles gardant d'ailleurs, par rapport à ses voisines, le rang qu'occupait son chiffre dans le nombre lui-même.

Pour exécuter une opération quelconque au moyen de ces planchettes, il suffit de les ranger sur une table dans l'ordre et avec la disposition que l'on donnerait aux chiffres dans nos calculs ordinaires et d'opérer de même ; la notation seule est changée.

Exemple : Pour ajouter ensemble les nombres 763, 5124, 859, on disposera ces nombres et la somme 6746 comme on le voit dans ce tableau :



```
  7 6 3
5 1 2 4
  8 5 9
-------
6 7 4 6
```

Le célèbre inventeur des logarithmes, Jean Napier ou Neper, fit connaître en 1617 un instrument de son invention qui facilite beaucoup les opérations de l'arithmétique. Il se compose d'une série de petites baguettes carrées en os, en buis ou en ivoire, qui ont environ 8 centimètres de long sur 8 millimètres de large. La face antérieure de chaque baguette est partagée en 9 petits carrés qui sont eux-mêmes divisés par une diagonale en deux triangles. Sur ces carrés on a gravé les colonnes successives de la table de multiplication, de telle manière que les unités ou chiffres de droite se trouvent dans le triangle de droite et les dizaines ou chiffres de gauche dans le triangle de gauche. Ces indications seront complétées par l'inspection de la figure ci-jointe :

1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
2	/2	/4	/6	/8	1/0	1/2	1/4	1/6	1/8	/0
3	/3	/6	/9	1/2	1/5	1/8	2/1	2/4	2/7	/0
4	/4	/8	1/2	1/6	2/0	2/4	2/8	3/2	3/6	/0
5	/5	1/0	1/5	2/0	2/5	3/0	3/5	4/0	4/5	/0
6	/6	1/2	1/8	2/4	3/0	3/6	4/2	4/8	5/4	/0
7	/7	1/4	2/1	2/8	3/5	4/2	4/9	5/6	6/3	/0
8	/8	1/6	2/4	3/2	4/0	4/8	5/6	6/4	7/2	/0
9	/9	1/8	2/7	3/6	4/5	5/4	6/3	7/2	8/1	/0

Supposons qu'à l'aide de ces tablettes on veuille multiplier 59437 par 2876. Nous prendrons les règles qui portent en tête les chiffres du multiplicande, et nous les mettrons côte à côte dans l'ordre voulu ; nous placerons à gauche du tableau ainsi formé la règle-index de gauche qui porte les 9 premiers chiffres. Puis nous opérerons de la façon suivante :

Nous considérons d'abord la colonne horizontale vis-à-vis du chiffre 6, parce que c'est le premier du multiplicateur, et dans cette ligne nous additionnons, en allant de droite à gauche, les chiffres de chaque losange. On trouve d'abord 2, puis $4 + 8 = 12$; j'écris 2 et retiens 1 ; $1 + 4 = 5$ et 1 retenu 6 ; $2 + 4 = 6$; $5 + 0 = 5$; 3. J'obtiens ainsi le premier produit partiel, 356622. Je me reporte ensuite à la ligne qui suit le second chiffre du multiplicateur 7, et je dis de même : 9 ; $4 + 1 = 5$; $8 + 2 = 10$, j'écris 0 ; $2 + 3 + 1 = 6$; $6 + 5 = 11$, j'écris 1 ; $1 + 3$

= 4; d'où le second produit partiel est 416059. On continue de même pour tous les chiffres du multiplicateur, puis on additionne comme dans le cas ordinaire. Si l'on est posesseur d'un système de ces *bâtons de Néper*, on voit qu'on peut obtenir sûrement et rapidement un produit considérable sans faire d'autre opération que l'addition. Nous répondrons immédiatement aux objections qui pourraient être faites dans le cas où le multiplicande aurait plusieurs chiffres pareils, en ajoutant que M. Hélie a apporté à cet appareil un perfectionnement aussi simple qu'ingénieux en remplaçant les baguettes détachées par des cylindres à dix pans dont les extrémités à pivot sont engagées dans un cadre de bois. Chaque pan d'un cylindre porte en tête un des neuf premiers nombres et au-dessous les nombres correspondants, comme dans les planchettes. Des boutons placés au-dessous du cadre et invariablement liés aux cylindres permettent de faire paraître en tête la série des chiffres voulus et d'opérer immédiatement.

1	5	9	4	3	7
2	1/0	1/8	/8	/6	1/4
3	1/5	2/7	1/2	/9	2/1
4	2/0	3/6	1/6	1/2	2/8
5	2/5	4/5	2/0	1/5	3/5
6	3/0	5/4	2/4	1/8	4/2
7	3/5	6/3	2/8	2/1	4/9
8	4/0	7/2	3/2	2/4	5/6
9	4/5	8/1	3/6	2/7	6/3

```
      3 5 6 6 2 2
    4 1 6 0 5 9
  4 7 5 4 9 6
1 1 8 8 7 4
-----------------
1 7 0 9 4 0 8 1 2
```

La *Règle à calculs* de Gunther consiste en une planchette portative sur l'une des faces de laquelle se trouvent ortis échelles ou divisions tracées dans le sens de la longueur. La division du milieu étant tracée sur une réglette à coulisse, peut avancer ou reculer par rapport aux deux autres qui sont fixes. Ces divisions sont d'ailleurs proportionnelles aux logarithmes des nombres, et correspondent à la série naturelle 1,2,3,4, etc. On peut lire ainsi les nombres jusqu'à 1000. Au delà on ne les a qu'avec une approximation d'autant moins grande que le nombre a plus de chiffres. En se reportant aux propriétés des logarithmes, on comprend que, pour avoir le produit de deux nombres, il suffit de mettre bout à bout les longueurs correspondantes aux logarithmes des facteurs, ce qui se fait aisément avec la réglette glissante. La division, les élévations de puissances et les extractions de racines se trouvent immédiatement par un procédé aussi simple; enfin la face opposée de la *Règle* fournit un tableau des renseignements les plus usuels. Nous n'insisterons pas davantage sur la description et l'usage de ce petit instrument bien connu, et nous dirons encore quelques mots, pour compléter notre sujet sur les machines à calculer proprement dites. Nous désignons plus spécialement sous ce nom les appareils qui, par une disposition mécanique spéciale, laissent apparaître en un point déterminé les chiffres correspondants au résultat demandé. Il nous est difficile, sans sortir du cadre que nous nous sommes fixé, de décrire clairement ces machines dont le mécanisme est souvent fort compliqué; nous nous bornerons donc à donner une idée des principes qui servent à leur construction.

La première de ces machines fut construite par Pascal, qui l'inventa en 1642, à l'âge de 19 ans. Elle était très-compliquée; aussi Leibnitz et quelques autres géomètres ont-ils cherché à la simplifier. Le docteur Roth y a assez heureusement réussi. Le système général se compose d'une série de roues à rochet ne pouvant tourner que dans un sens. Il y a autant de ces roues que d'ordres d'unités dans le plus grand nombre qui puisse être écrit, et chacune des dents correspond aux différents chiffres, 1,2,3,4, etc., qui apparaissent successivement dans une ouverture spéciale de l'instrument. En outre, à chaque révolution complète de l'une des roues, un taquet fait marcher d'une dent la roue correspondant aux unités de l'ordre supérieur, ce qui permet de faire une addition quelconque. La soustraction s'effectue par un système de chiffres placés dans l'ordre inverse sur chacune des roues, de façon que la somme des deux chiffres voisins soit constamment égale à 9. On retrouve cette disposition mécanique dans les compteurs à gaz et les divers compteurs de machines.

L'*Arithmaurel* de Maurel et Jayet, et l'*Arithmomètre* de Thomas (de Colmar) sont d'invention récente et ont figuré dans nos dernières expositions industrielles. Cette dernière machine a été perfectionnée au point qu'elle permet de multiplier l'un par l'autre des nombres de 8 chiffres en 18 secondes; de diviser 16 chiffres par 8 chiffres en 24 secondes et d'extraire la racine carrée d'un nombre de 16 chiffres en moins d'une minute. Ces résultats s'obtiennent par un système de roues et de pignons numérotés, dont les rapports de vitesse correspondent précisément aux différents chiffres du multiplicande et du multiplicateur.

La grande machine de Babbage mérite aussi une mention spéciale. Elle avait été entreprise par le savant anglais que nous venons de citer sur l'invitation de son gouvernement et devait se composer de deux parties distinctes : l'une pour calculer, l'autre pour enregistrer les résultats. La construction de la première partie, commencée en 1821, était à peu près achevée en 1833 ; elle était d'une perfection admirable. La seconde n'était qu'à moitié, et déjà la dépense totale s'élevait à la somme de 425,000 fr. Comme le complet achèvement de la machine eût au moins exigé le double de cette somme, on dut renoncer à la terminer. On raconte aussi qu'un pâtre irlandais nommé Burn, célèbre calculateur mental, alla visiter la machine de Babbage et proposa à son auteur de lutter avec elle de rapidité. Or, le pâtre ayant terminé ses opérations plus promptement que la machine, l'inventeur jugea son travail de si peu de valeur et fut pris d'un tel découragement qu'il abandonna complétement son œuvre et la laissa inachevée.

Tous les appareils et toutes les machines qu'on pourra encore inventer pour simplifier les calculs seront plutôt des objets de curiosité que des instruments d'une utilité réelle; le calcul mental, dont nous avons d'abord dit quelques mots et qui est à la portée de tous, les remplacera avec avantage. Les *barêmes* et les *abaques*, enregistrant des résultats d'un usage fréquent, rendront toujours, d'autre part, de grands services dans les applications industrielles et dans le commerce, par l'économie de temps qu'ils procurent.

CHAPITRE III.

DIVERSES COMBINAISONS ET PROPRIÉTÉS DES NOMBRES.

Sommaire. — Écriture et arithmétique secrètes. — Addition et soustraction simultanées. — Multiplication par les doigts. — Multiplication abrégée. — Division abrégée. — Extraction abrégée des racines. — Particularités des nombres. — Nombres parfaits, triangulaires, polygones, pyramidaux, etc.

L'habitude du calcul fait imaginer, à ceux qui s'en occupent et qui ont quelques notions de la théorie des opérations, des moyens de simplification qui réduisent considérablement le travail et le rendent plus sûr. Mais peu de personnes communiquent leurs procédés ; les opérations abrégées ne sont citées dans les ouvrages spéciaux que comme des curiosités intéressantes reléguées dans les appendices. Elles peuvent être pourtant d'un utile secours dans un grand nombre de cas ; aussi rappellerons-nous ici les méthodes expéditives de calcul les plus usitées, en même temps que quelques propriétés curieuses des nombres. Comme nous ne prétendons pas d'ailleurs faire un traité de mathématiques et que, nous conformant à notre titre, nous sommes forcé, en maintes circonstances, de sacrifier l'utile à l'agréable, la théorie à la pratique, nous nous contenterons d'indiquer les méthodes ou de citer les faits, sans entrer dans des explications qui nous entraîneraient trop loin ou que nos lecteurs trouveront sans notre secours.

Écriture et arithmétique secrètes.

Les commerçants, pour cacher au public le prix réel de leurs marchandises, les marquent souvent en lettres ou en caractères étrangers. Ils prennent, par exemple, le mot BOULANGERS et donnent successivement à chaque lettre la valeur respective 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0. Les lettres se comporteront d'ailleurs comme les chiffres dans notre numération ; elles auront par conséquent une valeur absolue et une valeur relative. Ainsi, s'il s'agit de marquer un objet 25 francs, on écrira, d'après la convention que nous venons de faire, O A ; les nombres 2,75 38 44 190 s'écriront de même : O,GA UE LL BRS. Rien de plus aisé que de découvrir, en général, la *clef* de cette écriture, si l'on parvient à se faire donner la signification de deux ou trois marques.

On emploie aussi des alphabets de convention pour établir des correspondances secrètes. Cette fois ce sont les chiffres qui remplacent les lettres, avec l'aide de caractères étrangers qui complètent les 24 signes de notre alphabet. Il est des cas où on intervertit l'ordre des lettres elles-mêmes et où l'on convient de prendre l'une pour l'autre. On comprend que les combinaisons que l'on peut faire de cette manière, soit pour écrire des nombres, soit pour les correspondances, sont en nombre infini. Aussi n'exposerons-nous aucun système particulier ; tout le monde peut en imaginer de plus ou moins compliqués. Mais ce que nous pouvons dire, c'est que la *clef* de ces sortes d'écritures échappe difficilement aux investigations des experts qui se chargent, pour le compte des tribunaux, de dévoiler de coupables manœuvres en déchiffrant les correspondances secrètes qui attestent leur existence et leur but.

Avec un peu de patience et de sagacité, chacun pourra acquérir une habileté semblable. On trouvera d'ailleurs de précieux avis sur cette matière dans un petit roman, aussi bizarre qu'intéressant, *le Scarabée d'or*, que l'humoristique écrivain américain, Edgard Poë, a classé dans ses *Histoires extraordinaires*.

Additions et soustractions simultanées.

Supposons que de la somme des nombres écrits en A on veuille soustraire la somme des nombres écrits en B. On ajoutera d'abord les nombres de la première colonne d'en bas en disant : 8 et 4 12 et 2 14 que l'on ôtera de la dizaine supérieure 20. Le reste 6 sera ajouté à la somme de la colonne supérieure en disant : 6 et 8 14 et 2 16 et 4 20 et 3 23. On écrira 3 en bas; mais puisqu'il y a ici 2 dizaines comme au milieu de l'opération, on ne retiendra rien.

	56243
A	84564
	3252
	26848
	2942
B	3654
	2308
	162003

Continuons de même pour la seconde colonne : 0 et 5 5 et 4 9, de 10 reste 1, et 4 5 et 5 10 et 6 16 et 4 20, j'écris 0 en bas; et comme cette fois il y a 2 dizaines, tandis qu'on n'en avait qu'une en B, on retient 1, qu'on ôtera de la colonne suivante en B. Il faudrait, au contraire, ajouter cette différence si le nombre de dizaines trouvé en A était inférieur au nombre trouvé en B. On continuera donc en disant : 2 (et non 3) et 6 8 et 9 17, de 20 reste 3, et 8 11 et 2 13 et 5 18 et 2 20; je pose 0 et ne retiens rien, etc. Quand la différence ne pourra être ôtée d'en bas, comme il arrive ici à la 5ᵉ colonne, on l'ajoutera en haut et l'on continuera l'opération.

Le total avant les nombres.

Il est possible de dire à l'avance le total d'une addition dont un seul nombre est donné, en laissant à une personne la faculté de poser au-dessous tant de nombres qu'elle voudra, à la seule condition qu'on pourra ensuite en écrire encore autant soi-même. Voici comment s'exécute ce jeu dont la théorie est très simple, mais qui surprend toujours beaucoup ceux qui le voient pratiquer.

Laissez écrire un nombre quelconque, 5637 par exemple; demandez combien on veut en poser encore au-dessous; soit 2. Vous vous réservez d'en écrire aussi 2 pour votre part, et vous laissez ainsi 4 lignes libres sous 5637.

Immédiatement vous pouvez placer le total 25635. — Ce total s'obtient en ôtant 2 (l'opérateur doit écrire 2 nombres) de 7, chiffre des unités de 5637; on a ainsi les unités, 5, du total. S'il y avait une retenue, on continuerait la soustraction. Les autres chiffres de 5637 sont posés ensuite dans le même ordre; enfin, à gauche, on écrit le chiffre retranché, 2.

Vous laissez alors poser les deux nombres quelconques, 4985, 1732, par exemple, et vous complétez le tableau en formant vos deux nombres des chiffres qui manquent aux précédents pour faire 9. Avec 4985, on a ainsi 5014; et avec 1732, on a 8267.

L'opération prend alors la disposition suivante:

$$
\begin{array}{r}
5637 \\
4985 \\
1732 \\
5014 \\
8267 \\
\hline
25635
\end{array}
$$

L'addition se trouve exacte.

Si chaque personne avait écrit 3 nombres, ou plus, au-dessous du premier, la manière d'opérer aurait été la même et le résultat aurait été aussi aisément obtenu.

Multiplications abrégées.

On peut transformer avec avantage, dans un grand nombre de cas, une division en multiplication et réciproquement. Ainsi, en remarquant que $4 \times 25 = 100$ et que $8 \times 125 = 1000$, nous voyons qu'au lieu de multiplier un nombre par 25 on peut, plus simplement, le multiplier par 100 et prendre le quart du produit. Ainsi, soit proposé de multiplier

3492 par 25

On écrira de suite :

$$349200 : 4 = 87200.$$

Au contraire, pour diviser un nombre par 25, on le divisera par 100 au moyen d'une virgule, et on multipliera le résultat par 4. Exemple :

$$3492 : 25 = 34{,}92 \times 4 = 139{,}68.$$

Pour multiplier un nombre par 125, on le multiplie par 1000 et on prend le 8^e^ du résultat. Exemple :

$$39871 \times 125 = 39871000 : 8 = 4983875$$

Pour diviser un nombre par 125, il faut séparer sur sa droite trois chiffres par une virgule, et multiplier le résultat par 8. Exemple :

$$5278 : 125 = 5{,}278 \times 8 = 42{,}204.$$

— La division par le nombre incommensurable π est toujours longue et pénible. On substitue avec avantage à cette opération la multiplication par $\frac{1}{\pi}$. Or, ce nombre $\frac{1}{\pi} = 0{,}3183098...$ est très-facile à retenir au moyen d'une phrase qui n'a d'importance qu'au point de vue mnémonique, sa signification historique étant tout à fait de fantaisie : *Les* 3 *journées de* 1830 *ont renversé* 89 (98). Une application fera mieux saisir l'avantage de ce procédé. Supposons qu'on ait à trouver le rayon d'une circonférence dont la longueur est 10 mètres. On sait qu'en pareil cas il faut diviser la longueur de cette circonférence par 2π ou la moitié de la circonférence par π. Nous aurions donc ici à diviser 5 par π. Mais, d'après ce qui vient d'être dit, il nous suffira d'écrire : $0{,}3183098 \times 5 = 1{,}5915490$, et nous aurons de suite le résultat cherché avec une grande approximation.

— Donnons enfin une méthode générale pour exécuter les multiplications, dans le cas assez fréquent où les deux facteurs ont un grand nombre de chiffres décimaux, et où l'on ne désire avoir le produit qu'avec une approximation déterminée.

Soit proposé d'obtenir le produit $2762,58310 \times 43,725249$ à 0,01 près. J'écris d'abord le multiplicande, et, au-dessous du chiffre de ce multiplicande situé deux rangs à droite de celui qui indique l'approximation, j'écris le chiffre des unités du multiplicateur. Dans le cas présent, l'approximation est indiquée par les centièmes ; elle est au rang du chiffre 8 du multiplicande ; deux rangs plus loin est le chiffre 1, sous lequel j'écris les 3 unités du multiplicateur.

```
 2762,58310
  942,52734
-----------
 1105033240
   82877493
   19338081
     552516
     138125
       5524
       1104
        243
-----------
120794,6326
```

Puis, prenant ce chiffre comme point de départ, j'écris tous les autres chiffres de ce multiplicateur dans un ordre inverse : ainsi le 4 qui était à gauche du 3 se place à droite et inversement.

Je multiplie ensuite le multiplicande par chaque chiffre du multiplicateur, en commençant seulement, dans le premier, par le chiffre qui est immédiatement au-dessus de celui par lequel on multiplie. Ainsi le produit partiel par 7 s'obtient en disant 7 fois 3, puis 7 fois 8, puis 7 fois 5, etc. ; le produit par 5, en disant 5 fois 5, puis 5 fois 2, puis 5 fois 6, etc.

Tous les premiers chiffres de chaque produit partiel doivent être écrits sur une même colonne verticale.

Enfin, après l'addition, on supprimera les deux derniers chiffres à droite, qui sont 26 dans ce cas, et le reste du produit sera le résultat avec l'approximation désirée.

Dans l'exemple ci-dessus, le produit véritable serait 120794,6339306919.

Division abrégée.

Nous avons vu, dans le paragraphe précédent, comment on peut avec avantage, dans certains cas, transformer une division en multiplication. Nous donnerons aussi une règle de division abrégée fort commode dans les calculs d'approximation.

Pour obtenir, à moins d'une unité déterminée, le quotient de deux nombres décimaux, déterminez d'abord le nombre des chiffres que l'on doit obtenir au quotient; écrivez le diviseur à sa place ordinaire en prenant deux chiffres de plus qu'on ne doit en avoir au quotient. Si le diviseur n'a pas ce nombre de chiffres, ajoutez autant de zéros qu'il sera nécessaire. S'il en a davantage, supprimez tous ceux qui sont en plus sur la droite.

Prenez le premier dividende partiel, comme à l'ordinaire, ainsi que le premier chiffre du quotient. Mais au lieu d'abaisser à droite du premier reste le chiffre suivant du dividende, effacez un chiffre à droite du diviseur et continuez ainsi la division en laissant les chiffres du dividende non employés et en effaçant toujours un chiffre à droite du diviseur pour chaque chiffre du quotient, jusqu'à ce qu'on ait, à celui-ci, le nombre de figures fixé d'avance.

Exemple : soit proposé de diviser, à un millième près, 9278734,954786729 par 38473,54274584.

Le nombre des chiffres entiers du quotient est 3, car le dividende est compris entre 100 fois et 1000 fois le diviseur. Comme on doit pousser ce quotient jusqu'aux millièmes, il aura aussi 3 chiffres décimaux ou, en tout, 6 chiffres. Je n'en écris donc que 8 au diviseur.

```
92787349.54786,729 | 38473542. 74584
 15840265          |-----------------
  450849           | 241,171
   66114
   27641
     712
     328
```

et je supprime le reste. Le premier dividende partiel est 92787349, le premier chiffre du quotient 2, et le premier reste qui sera aussi le second dividende partiel est 15840265. Au lieu d'abaisser à droite 5 et les chiffres suivants du dividende devenus inutiles, je barre le 2 à droite du diviseur qui se réduit à 3847354. Ainsi de suite ; une fois les 6 chiffres du quotient obtenus, j'en sépare 3 par une virgule et j'ai 241,171 pour le quotient cherché.

Extraction abrégée des racines.

— Rappelons que les carrés des 9 premiers nombres sont :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	9	16	25	36	49	64	81.

Cela posé, veut-on avoir la racine carrée d'un nombre quelconque, 29378 par exemple, je le sépare en tranches de deux chiffres 2. 93. 78 ; il y a trois tranches, il y aura donc 3 chiffres à la racine ; de plus, le premier chiffre de cette racine sera 1, car telle est la racine carrée de 2.

Divisons maintenant 29378 par un nombre de 3 chiffres commençant par 1, 158 par exemple; le quotient ert 185. 158 n'est donc pas la racine cherchée, puisque tout carré divisé par sa racine doit donner cette même racine. Mais ce sera la demi-somme du diviseur arbitraire 158 et du quotient correspondant 185, c'est-à-dire 171

Si nous avions pris pour diviseur 162, nous aurions eu pour quotient 181. La demi-somme est encore 171

On doit rejeter tout résultat provenant d'une division dont le quotient différerait trop du diviseur. On sera d'ailleurs sûr du résultat lorsqu'en divisant le nombre proposé par le nombre trouvé, on trouvera au quotient ce même nombre.

La racine carrée de 594372 aurait 3 chiffres; son premier à gauche serait 7, puisque c'est la racine carrée de 59. Essayons la division de 594372 par 760, par exemple ; elle donne au quotient 782 ; la moyenne est 771, c'est aussi la racine carrée du nombre proposé.

— Les cubes des 9 premiers nombres sont :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8	27	64	125	216	343	512	729

Cela posé, il nous est facile de trouver un procédé analogue à celui que nous venons d'indiquer pour obtenir la racine cubique d'un nombre proposé.

Soit à extraire la racine cubique de 29378. Nous le séparons en tranches de 3 chiffres : 29.378. Il n'y a que deux tranches, donc il n'y aura que deux chiffres à la racine. D'ailleurs, la racine cubique de 29 est 3 ; divisons donc le nombre proposé par un diviseur arbitraire de 2 chiffres dont le premier soit 3, 32 par exemple. Nous aurons pour premier quotient 918. Divisons encore 918 par 32 ; le nouveau quotient est 28 ; prenons enfin la moyenne entre les deux diviseurs 32, 32 et le dernier quotient 28, cette moyenne *par excès* 31 sera aussi la racine cubique du nombre proposé 29378.

Autre exemple : soit à extraire la racine cubique de 452.863.057. Il y aura 3 chiffres à la racine et le premier est 7. Divisons le nombre donné par 762, par exemple, le premier quotient est 594308. Divisons ce résultat par le même diviseur 762, le quotient est 779. Le tiers de la somme 762 + 762 + 779 = 2303 où 767 est la racine cubique cherchée.

Il faudrait rejeter ce nombre si le dernier quotient différait trop du diviseur arbitraire. On reconnaîtra d'ailleurs qu'il est exact si, en divisant deux fois le nombre proposé par ce résultat, le quotient final est égal au résultat trouvé.

Si l'on voulait avoir une racine quatrième, on ferait

3 divisions successives par un nombre arbitraire, et en additionnant les trois diviseurs et le dernier quotient, on aurait le quadruple du résultat. Ainsi de suite pour tous les degrés.

De quelques propriétés des nombres

Si l'on prend deux nombres quelconques au hasard, l'un des deux, sinon leur somme ou leur différence, est divisible par 3. Soient pris 6 et 5, 6 est divisible par 3. Si on choisit 7 et 13, la somme 20 n'est pas divisible par 3, mais la différence 6 le sera. Enfin ni 8 ni 13 ne sont divisibles par 3, leur différence 5 ne l'est pas non plus, mais la somme 21 l'est exactement.

Si d'un nombre quelconque, 826407 par exemple, on retranche le nombre formé par les mêmes chiffres écrits dans l'ordre inverse, la différence, 121779, sera toujours divisible par 9.

Le nombre 37 est tel que, multiplié par chacun des nombres 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, qui sont en progression arithmétique, tous les produits sont composés de chiffres semblables, comme l'indique le tableau suivant :

37	37	37	37	37	37	37	37	37
3	6	9	12	15	18	21	24	27
111	222	333	444	555	666	777	888	999

De plus, la somme des chiffres du produit est égale au multiplicateur.

Le nombre 12345679 est tel que si on le multiplie par 9, 18, 27, 36, 45, 54, 63, 72, 81, le produit sera composé

de 9 chiffres pareils, égaux à la différence entre le multiplicateur et la dizaine supérieure.
Ainsi 12345679 × 54 = 666 666 666. (60 — 54 = 6).

Tout nombre qui est un carré parfait est terminé par l'un des 5 chiffres : 1, 4, 5, 6, 9, ou par 2 zéros; dans ce dernier cas, il est nécessaire que le chiffre significatif qui précède les 2 zéros soit un de ceux que nous venons d'indiquer.

Les deux nombres 5 et 6 sont tels que toutes leurs puissances sont terminées par les mêmes chiffres. Celles du premier nombre sont en effet : 5, 25, 125, 625, etc. Celles du second sont 6, 36, 216, 1296, etc.

On appelle *nombres parfaits* ceux qui, comme 6 et 28, sont égaux à la somme de leurs diviseurs. Ainsi 6 = 1 + 2 + 3, 28 = 1 + 2 + 4 + 7 + 14. Ces nombres sont très-rares, car il n'y en a qu'un de 1 à 10, un de 10 à 100, un de 100 à 1,000, etc. Leurs derniers chiffres sont alternativement 6 et 8. On les trouve d'une manière assez simple pour que nous puissions la donner ici.
Écrivez la série.

2 4	4 8	16 32	64 128	256 512	1024 2048.
2×3	4×7	16×31	64×127	256×511	1024 × 2047.
6	28	496	8128	130816	2096128

Cette série forme une progression double. Dans chaque groupe, diminuez d'une unité le second nombre et multipliez le résultat par le premier, vous aurez le nombre parfait correspondant.

La somme de deux nombres qui diffèrent de l'unité est égale à la différence de leurs carrés.

Exemple : $7 + 8 = 15$, $64 - 49 = 15$.

On appelle *nombres triangulaires* ceux que l'on obtient en additionnant quelques nombres consécutifs à partir de 1 dans la série naturelle : 1 2 3 4 5 6 7 8... etc. 21 est un nombre triangulaire, parce qu'il est égal à la somme $1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$, et le côté du nombre sera 6. Leur nom vient de ce que, pour ce dernier nombre par exemple, on peut disposer 21 points en un triangle équilatéral, en ayant 6 sur chaque côté.

On peut retrouver d'ailleurs ces nombres dans le triangle arithmétique de Pascal.

Tout nombre triangulaire multiplié par 8 et augmenté de 1 donne un carré parfait. Ainsi $55 \times 8 + 1 = 441$, qui est le carré de 21.

Le côté d'un nombre triangulaire s'obtient en prenant la plus petite moitié de la racine carrée que nous venons de trouver. Ainsi 10 moitié la plus petite de 21 est le côté de 55. On a en effet

$55 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10.$

En prenant la progression arithmétique 1 3 5 7 9 11

13 15, on obtiendra, par l'addition des 2, des 3, des 4, etc., premiers termes, la série 1 4 9 16 25 36, etc., qui forme les nombres *quadrangulaires* ou *carrés*; cette dénomination est justifiée par les figures ci-dessous :

1 4 9 16 25

Écrivons la série des carrés des nombres sur une ligne horizontale, puis prenons les différences de ces carrés que nous écrirons au-dessous; prenons encore la différence des différences : nous aurons :

1 4 9 16 25 36 49 64 81 100 121 144
3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2

Les deuxièmes différences sont égales.

Ecrivons de même la série des cubes des nombres et prenons successivement les différences.

1 8 27 64 125 216 343 512 729 1000 1331
7 19 37 61 91 127 169 217 271 331
12 18 24 30 36 42 48 54 60
6 6 6 6 6 6 6 6

Il faut prendre 3 fois la différence pour trouver le nombre constant 6. Nous verrions ainsi que pour les 4^e, 5^e, 6^e, etc., puissances, il faut prendre 4, 5, 6, etc., fois la différence pour arriver à un nombre constant.

La progression arithmétique 1 4 7 10 13 16, dont la raison est 3 donnera aussi, pour la somme de 2, de 3, de

4, etc., de ses termes, la série 1 5 12 22 35 51 70 qui nous présente les nombres dits *pentagones*. Cette dénomination est aussi justifiée par les figures que l'on peut former en distribuant uniformément ces mêmes nombres de points sur le contour d'un pentagone et sur les diagonales issues d'un même sommet.

On formerait de même les séries des autres *nombres polygones*.

Enfin en additionnant de la même manière les nombres des séries triangulaires et polygonales on formerait les *nombres Pyramidaux* que nous ne ferons que mentionner.

CHAPITRE IV

PROBLÈMES CÉLÈBRES.

SOMMAIRE. — Achille et la tortue. — La couronne d'Hiéron. — Massacre de Turcs au profit de chrétiens. — Problème des échecs. — Problèmes impossibles.

Achille et la Tortue.

On suppose qu'Achille *au pied léger* aille dix fois plus vite qu'une tortue qui aurait une lieue d'avance. On demande s'il est possible qu'Achille atteigne cette tortue et à quelle distance.

Ce problème nous fournit l'occasion de rappeler un de ces faux raisonnements nommés *sophismes* qui ont toute l'apparence de l'exactitude pour les esprits superficiels, mais dont un esprit juste et sain découvre facilement le côté vicieux.

Zénon, chef d'une école de philosophes grecs célèbres, nommés Stoïciens, prétendait qu'Achille ne pourrait jamais atteindre la tortue malgré sa légèreté à la course, et voici sur quel raisonnement il basait son opinion : Tandis qu'Achille, disait-il, fera la première lieue qui le sépare de la tortue, celle-ci fera le dixième de la seconde lieue; mais tandis qu'Achille va parcourir ce dixième pour attraper l'animal, celui-ci aura avancé encore d'un dixième de dixième ou d'un centième, et ainsi de suite. Il semble donc qu'Achille doive toujours être en retard de $\frac{1}{100}$ de $\frac{1}{1000}$ de $\frac{1}{10000}$, etc., de lieue. En sorte qu'il n'attrapera jamais la tortue.

Il est très-aisé de se convaincre, pourtant, que l'habile coureur atteindra son but; car, s'il est vrai que lorsqu'Achille aura fait une lieue, la tortue est en avance sur lui d'un dixième de lieue, lorsqu'il aura parcouru deux lieues la tortue n'aura fait que deux dixièmes de lieue, c'est-à-dire qu'elle sera dépassée de huit dixièmes. Elle aura donc été atteinte.

D'où vient donc l'erreur de Zénon? Elle provient de ce qu'il supposait faussement que tous les dixièmes réunis composaient un espace infini; tandis que si l'on fait, au contraire, la somme de tous les espaces successivement parcourus par Achille d'après le raisonnement de Zénon, c'est-à-dire la somme des termes d'une progression géométrique dont le premier terme est 1, la raison $\frac{1}{10}$ et le nombre des termes infini, on arrivera à trouver 1 lieue et 1/9, qui est le résultat cherché.

La solution la plus simple est la suivante :

La distance qui sépare les deux coureurs est de une lieue. Pour qu'ils se rencontrent, il faut que cette distance diminue d'autant. Or, pour une lieue parcourue par Achille, la distance diminue de $\frac{9}{10}$ de lieue; pour qu'elle devienne nulle, il faut qu'Achille parcoure autant de lieues que $\frac{9}{10}$ est contenu de fois dans 1, c'est à dire $\frac{10}{9}$ ou 1 lieue et $\frac{1}{9}$.

La couronne du roi Hiéron.

Vitruve rapporte que le roi Hiéron de Syracuse, voulant faire faire une couronne d'or d'un poids considérable, en donna la matière à un orfèvre. La couronne fut travaillée avec un art exquis et lorsque l'ouvrier la rapporta au roi, celui-ci trouva qu'elle avait exactement le poids de l'or qu'il lui avait confié. Il se douta pourtant qu'il avait été trompé et que l'on avait substitué au métal précieux quelques parties d'argent.

Mais comment le reconnaître sans déformer ni altérer un si beau travail? Archimède fut appelé à découvrir la fraude, si elle avait été commise. Cet habile mathématicien n'y réussit pas tout d'abord; constamment préoccupé de la question que lui avait posée le roi, il se rendit au bain et là, par une inspiration subite, en sentant son corps soulevé par la poussée de l'eau il découvrit le fameux principe d'hydrostatique qui porte son nom et qui devait le conduire à la solution désirée. Il fut si heureux de cette découverte que, sans reprendre les vêtements qu'il avait quittés, il s'élança comme un fou par les rues de la ville en criant : ἕυρηκα! (J'ai trouvé!) Or voici ce qu'Archimède avait trouvé :

Tout corps plongé dans l'eau y perd une partie de son poids égale au poids de l'eau qu'il déplace. Donc l'or étant 19,25 fois plus lourd que l'eau, perd dans ce liquide $\frac{1}{19,25}$ de son poids; l'argent pesant 10,47 fois plus que l'eau perd $\frac{1}{10,47}$ de son poids. Cela posé, supposons que sur 1000 gr. un lingot composé d'or et d'argent plongé dans l'eau perde 58 gr.; s'il était tout en or, il devrait perdre $\frac{1000}{19,25} = 51$ gr., 904. Mais le lingot perdant davantage doit avoir un volume plus grand et déplacer plus d'eau; il contient donc de l'argent en suffisante quantité pour faire une différence de 58 — 51, 904 = 6 gr., 096. Or chaque fois qu'on remplace 1 gr. d'or par un gramme d'argent, la perte de poids augmente de $\frac{1}{10,47} - \frac{1}{19,25} = 0,044$. On a donc fait cette substitution autant de fois que 0,044 est contenu dans 6,096 ou 138 fois. Dans le lingot de 1000 gr. il y a donc

Or : . . . . 862 grammes
Argent : 138
1000

Comment la science des nombres peut tirer d'un mauvais pas.

Quinze chrétiens et quinze Turcs se trouvant sur mer dans un même vaisseau, il survient une furieuse tempête. Après avoir jeté à l'eau toutes les marchandises, le pilote dit que le vaisseau sombrera si l'on ne jette à l'eau la moitié des passagers. On décide alors que l'on tirera au sort ceux qui doivent être sacrifiés; mais le pilote qui est chrétien veut protéger ses coreligionnaires et, faisant ranger tous les passagers sur le pont, il déclare qu'il va compter de neuf en neuf en continuant jusqu'à 15 fois 9, et que tous ceux que le sort désignera devront être immédiatement jetés à la mer. Il se trouve qu'après avoir fait 15 victimes, les quinze chrétiens sont restés. Comment le pilote a-t-il pu disposer les 30 personnes pour sauver les chrétiens?

Réponse : — Il a mis successivement : 4 Chrétiens, 5 Turcs, 2 Chrétiens, 1 Turc, 3 Chrétiens, 1 T., 1 Ch., 2 T., 2 Ch., 3 T., 1 Ch., 2 T., 2 Ch., 1 T. On retrouve facilement ces nombres en se rappelant le vers latin :

Populeam virgam mater regina tenebat.

4 5 21 3 1 1 2 2 3 1 2 2 1

dans lequel les voyelles a e i o u
correspondent respectivement à 1 2 3 4 5.

Ozanam, à qui nous empruntons ce problème, entre dans de plus longs détails sur ces sortes de questions, disant que cela pourra être utile aux capitaines qui, ayant plusieurs soldats à punir, seront obligés de les faire décimer. Par ce moyen, ils feront tomber le sort sur les coupables en les rangeant d'une certaine manière.

Ajoutons que ce charitable conseil était donné en 1723.

On prétend que c'est en pratiquant cette règle que Josèphe, l'historien juif, resta seul avec un autre de 41 qu'ils étaient, réfugiés dans une caverne. L'histoire est assez curieuse, quoiqu'assez invraisemblable, pour que nous la rapportions ici. Nous l'extrayons des *Problèmes plaisants et délectables* de Bachet.

« Hégesippus rapporte au troisième livre de la Prise « de Jérusalem, que Josèphe, gouverneur dans la ville de « Jotapata, lorsqu'elle fut assiégée, puis emportée d'assaut « par Vespasien, fut contraint de se retirer *dans une ca-« verne qui était au fond d'une fosse où il trouva qua-« rante braves guerriers*, pour éviter la fureur des armes « victorieuses des Romains. Mais il fut exposé à un plus « grand péril parmi les siens que parmi les ennemis; « car comme il eut arrêté de s'aller rendre à la discré-« tion des vainqueurs, ne pouvant trouver aucun autre « moyen de se garantir de la mort, il trouva ses soldats « saisis d'une telle frénésie qu'ils voulurent tous mou-« rir et s'entretuer plutôt que de se rendre à discrétion. « Josèphe s'efforça de les détourner d'une si malheu-« reuse entreprise ; mais ce fut en vain ; car, persistant « dans leur opinion, ils en vinrent jusqu'à le menacer, « s'il ne s'y portait volontairement, de l'y contraindre « par force et de commencer par lui-même l'exécution de « leur tragique dessein. Alors, sans doute, c'était fait de « sa vie s'il n'eût eu l'esprit de se défaire de ces fu-« rieux par un artifice : car, feignant d'adhérer à leur « volonté, il se conserva l'autorité qu'il avait sur eux et « par ce moyen leur persuada facilement qu'il valait « mieux se ranger par ordre en quelque façon et, com-« mençant à compter par un bout, massacrer toujours le

« tantième (l'auteur ne dit pas le nombre), jusqu'à ce qu'il « n'en demeurât qu'un seul qui serait obligé de se tuer « lui-même. Tous en étant demeurés d'accord, Josèphe « les disposa de sorte et choisit une si bonne place pour « lui que, la tuerie étant continuée jusqu'à la fin, il de- « meura seul avec un autre, qu'il sauva de la même ma- « nière, parce qu'il lui était dévoué. »

Comme il y avait quarante soldats avec Josèphe, ce qui faisait en tout 41 personnes, on peut supposer qu'il ordonnait de tuer toujours le troisième, en comptant de trois en trois, qu'il se mit 31^e et qu'il fit mettre à la seizième place celui qu'il voulut sauver.

Problème des Échecs.

Bien que nous devions consacrer un chapitre spécial aux *grands nombres* et aux calculs relatifs aux progressions, le *problème des échecs* doit trouver sa place ici à cause de sa célébrité.

Un mathématicien de l'Inde, nommé Sessa, ayant inventé le jeu des échecs, le présenta au roi son maître, qui en fut si satisfait qu'il voulut lui donner une récompense digne de sa magnificence. Il lui permit, lui ordonna même de demander ce qu'il voudrait, lui promettant de le lui accorder. Le mathématicien demanda un grain de blé pour la première case de son échiquier, deux pour la seconde, quatre pour la troisième, et ainsi de suite, en doublant toujours, jusqu'à la dernière ou 64^e case. Le prince s'indigna presque d'une demande qu'il jugeait répondre mal à sa générosité; il ordonna pourtant à son visir de satisfaire Sessa. Mais quel fut l'étonnement de ce ministre lorsque, ayant fait calculer la quantité de blé nécessaire pour exécuter l'ordre du prince, il vit que non-seulement il n'y avait pas assez de grain dans ses greniers, mais encore dans tous ceux de ses sujets et de toute l'Asie. Il en rendit compte au roi, qui fit appeler le mathématicien et lui avoua qu'il n'était pas assez riche pour remplir une demande dont la subtilité l'étonnait encore plus que l'invention du jeu qui l'avait provoquée.

Il suffit, pour avoir le nombre des grains de blé que demandait l'inventeur du jeu d'échecs, d'élever 2 à la 64e puissance, et de retrancher 1 du résultat. On obtient ainsi : 18 446 744 073 709 551 615.

De patients calculateurs ont trouvé qu'il fallait environ 261,000 grains de blé pour former le poids de 10 kil. Sessa aurait donc eu un poids de blé de 706 771 803 590 400 kil., et, en estimant que 10 kilogr. valent 2 fr., cela ferait : 141 354 360 718 080 francs.

On a calculé aussi que ces grains de blé pourraient couvrir, à un pied de hauteur, une étendue de pays environ 3 fois et demie plus grande que la surface de la France.

Les problèmes impossibles.

On a pu voir pendant longtemps, dans les rues de Paris, un brave et honnête bourgeois dont les allures mystérieuses intriguaient toujours les promeneurs. Ses gestes et ses monologues dénotaient une vive et constante préoccupation. Parfois il s'arrêtait brusquement et, tel qu'Archimède à la prise de Syracuse, sans s'émouvoir des regards de la foule, sans prendre garde aux quolibets des gamins, il traçait sur le sable des chiffres ou des figures de géométrie. Son front était orné d'une casquette galonnée, semblable à celles des employés de chemins de fer ou des inspecteurs de la salubrité, sur laquelle brillaient en lettres d'or les mots : *Quadrature du cercle, mouvement per-*

pétuel, indices certains d'une incurable folie ; et sa poitrine était garnie de nombreuses médailles que des *Sociétés* soi-disant *savantes* avaient eu la sottise ou la faiblesse de décerner à ce monomane.

Que de gens, se considérant comme des génies méconnus, se figurent encore qu'ils ont trouvé la solution de ces problèmes célèbres, mais impossibles ! Combien cherchent les racines exactes des carrés imparfaits et la trisection de l'arc ! Il sera parlé plus loin de la *pierre philosophale*, de la *transmutation des métaux* et du *mouvement perpétuel ;* nous nous occuperons plus spécialement ici des problèmes qui touchent directement à l'arithmétique et à la géométrie.

Le problème de la *quadrature du cercle* est l'un de ceux qui ont eu le privilége d'occuper les savants de tous les temps. On sait qu'il consiste à construire un carré dont la surface soit équivalente à celle d'un cercle de rayon donné, ou, ce qui revient au même, à trouver exactement le nombre de fois et de fraction de fois qu'un diamètre est contenu dans la circonférence correspondante. Or, tous les efforts des mathématiciens ont abouti à prouver rigoureusement qu'une pareille question ne pouvait être résolue exactement, ni par le calcul, ni au moyen de la règle et du compas. On trouvera *à peu près*, mais jamais *juste*, dans la véritable acception du mot.

Le rapport de la circonférence au diamètre, que l'on désigne généralement par la lettre grecque π, peut être trouvé mécaniquement en comparant à la longueur d'un diamètre pris à l'avance la longueur d'un fil placé exactement sur la circonférence décrite sur ce diamètre. On le trouve aussi géométriquement en calculant le périmètre d'un polygone régulier de diamètre connu dont le nombre des côtés est assez grand pour qu'on puisse considérer ce polygone comme une circonférence. Ce n'est pas ici le cas d'exposer les nombreuses méthodes qui ont été employées dans le même but ; nous nous contenterons d'en faire connaître les résultats.

C'est Archimède qui donna la première valeur connue de ce rapport, valeur dont on se sert encore de nos jours à cause de sa simplicité et de l'exactitude suffisante qu'elle procure dans la majorité des cas ; elle est de $\frac{22}{7}$.

Après lui, Adrien Métius fit connaître le rapport plus approché que l'on retrouve par le procédé suivant : écrivez deux fois les trois premiers nombres impairs : 11 33 55 ; coupez en deux par un trait vertical le nombre ainsi formé (113/355) ; la seconde moitié sera le numérateur et la première le dénominateur du rapport cherché $\frac{355}{113}$.

Enfin les progrès accomplis dans les sciences mathématiques ont permis aux calculateurs modernes de trouver pour ce rapport des valeurs tellement approchées qu'elles diffèrent de la véritable d'aussi peu que l'on veut. C'est ainsi qu'on a calculé le nombre π avec 150,300,500 et même 530 décimales ! C'est là, il faut l'avouer, un trésor sans prix sous le double rapport de son inutilité et du travail qu'il a dû coûter à son inventeur. Celui-ci aurait pu, en effet, se contenter d'aligner des chiffres au hasard à la suite de ceux dont l'exactitude est reconnue, et le public savant aurait eu la même admiration pour sa patience. Qui s'aviserait, en effet, de vérifier un pareil travail et surtout de se servir du résultat ? Bien que nous croyions cette longue liste de 530 décimales aussi consciencieusement calculée que le méritent tous les travaux du même genre, nous nous dispenserons de la mettre sous les yeux de nos lecteurs pour ne leur donner ici que la valeur calculée avec 156 décimales par Callet, l'auteur des tables de logarithmes.

$$\begin{aligned}\pi = 3,\ & 14159\ 26535\ 89793\ 23846\ 26433\ 83279\\ & 50288\ 41971\ 69399\ 37510\ 58209\ 74944\\ & 59230\ 78164\ 06286\ 20899\ 86280\ 34825\end{aligned}$$

34211 70679 82148 08651 32823 06647
09384 46095 50582 23173 53594 08128
48111 7..... à l'infini.

C'est un des exemples de ces nombres nommés *incommensurables*, parce qu'ils n'ont pas de commune mesure, quelque petite qu'elle soit, avec l'unité. On rencontre beaucoup de ces nombres en mathématiques; en général, on peut dire que quand la racine carrée d'un nombre entier n'est pas entière, elle est incommensurable. Ainsi $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{6}$.., etc., sont des nombres que l'on ne peut qu'indiquer, mais qu'il est impossible de trouver exactement.

$\sqrt{2} = ,14213562373095048801688724 2097$..... Telle serait la valeur, plus ou moins approchée, suivant le chiffre auquel on s'arrête, de la diagonale du carré dont le côté est 1. On voit donc que, si l'on trace une ligne qui doive être considérée comme le côté d'un carré, une construction géométrique bien simple donnera la longueur de la diagonale correspondante; mais si le côté a une dimension déterminée, exprimée en chiffres, il ne pourra pas en être ainsi de la diagonale, dont la valeur ne pourra être obtenue exactement.

De même, une ligne étant donnée comme le rayon d'une circonférence, on aura immédiatement, avec le compas, le tracé exact de cette circonférence; mais si ce rayon est exprimé par un nombre entier, une fraction, ou un nombre fractionnaire, la longueur de la circonférence ne pourra être exprimée exactement en aucun de ces nombres. Si l'on essaie, en outre, de construire un carré ou de calculer le côté du carré équivalent en surface au cercle de rayon déterminé, l'emploi de la règle et du compas ne permettra pas plus de résoudre la question géométriquement que le calcul ne donnera une valeur exacte. Il faudra s'en tenir à des approximations plus ou moins grandes.

Remarquons, en passant, que les fractions décimales périodiques ne sont pas des nombres incommensurables, puisqu'elles sont égales à des fractions ordinaires qu'il est toujours facile de déterminer. Ainsi $\frac{2}{11}=0,181818$, etc.

$$\text{et } 0,416666\ldots \text{ etc.} = \frac{5}{12}$$

Il est des cas, enfin, où l'on peut résoudre arithmétiquement des questions qui n'admettent pas de solution géométrique par la règle et le compas. Le problème qui consiste à partager un arc donné en trois parties égales est de ce nombre; car nous saurons toujours prendre le tiers d'une valeur donnée en chiffres, que ceux-ci représentent des degrés ou des mètres ; mais on ne partagera qu'approximativement un arc en trois parties égales en traçant seulement des lignes droites et des cercles. La plupart des personnes qui n'ont qu'une connaissance très-imparfaite des mathématiques recherchent encore parfois et avec confiance la solution des problèmes que nous venons d'énoncer, en particulier celui de la *quadrature du cercle.* Souvent elles ignorent même où en est la question et elles se persuadent qu'elles l'ont résolue. C'est ainsi que l'Académie des Sciences reçoit annuellement des quantités innombrables de mémoires sur ce sujet. Or, nous le répétons, il est parfaitement établi que π ne peut pas être un nombre fini, ni dans notre système de numération ni dans un autre système ; bien plus, Legendre a démontré que le carré de π était aussi incommensurable. C'est donc avec le désir d'employer plus utilement son temps, et non guidé par un coupable esprit de routine, comme on l'en accuse à tort, que notre premier corps savant a décidé depuis plusieurs années qu'il ne prendrait plus connaissance des mémoires qui lui seraient adressés sur la *Quadrature du cercle.*

Nos affirmations auront-elles plus de succès que la décision des membres de l'Institut? Nous n'avons pas la prétention de le croire. Il est difficile de convaincre de leur erreur ceux qui ont dépensé un long temps et appliqué ardemment leur esprit à la recherche d'une chimère qu'ils croient avoir enfin saisie! Ce serait leur faire perdre leur dernière illusion, les faire descendre des hauteurs où ils se sont placés dans leur propre estime au-dessus d'Archimède, de Newton et des savants du XIX^e siècle ou auprès des génies persécutés et méconnus, Galilée, Colomb, Bernard de Palissy, pour rentrer dans la foule obscure des ignorants. La raison dirait oui ; mais l'amour-propre est plus fort ; il bouche les oreilles à ces sourds de la pire espèce.

CHAPITRE V

PROBLÈMES ET CALCULS AMUSANTS.

SOMMAIRE. — A maître habile fins écoliers. — Le chef de cuisine et ses aides. — Vie des locomotives. — Gourmandise et intelligence. — La distribution difficile. — Les ruses d'un hôtelier. — Le loup, la chèvre et le chou. — Les Grâces et les Muses. — Chasseur diligent. — Le vrai courage coté en chiffres, etc.

I. — Un maître de pension avait 24 élèves qui, comme la plupart de leurs pareils, recherchaient toutes les occasions de fuir le travail et d'échapper à la surveillance à laquelle ils étaient soumis. Il fit disposer son établissement suivant un plan carré ; huit chambres formaient les faces, savoir, une à chaque coin et une au milieu de chaque côté ; une cour carrée occupait le milieu ; puis il plaça 3 élèves dans chaque chambre, en leur permettant de communiquer entre eux, de passer même dans les salles voisines, mais en leur défendant expressément de sortir de la maison et même de quitter le côté de cette maison dans lequel ils avaient été placés.

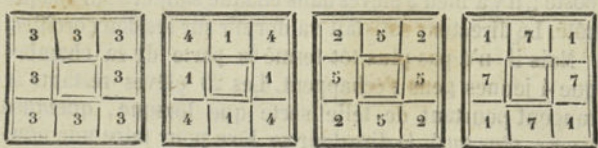
Bientôt on rapporte au directeur que, en dépit de sa vigilance, quelques élèves avaient l'habitude de s'esquiver, et qu'ils introduisaient même, à son insu, des étrangers dans son établissement. Décidé à redoubler de surveillance, le maître visite aussitôt les chambres pour s'assurer de la présence de ses élèves. Cette fois, chacun est à son poste ; il y a bien 3 élèves dans chaque salle et 9 sur chaque côté. Le directeur satisfait va dormir sur ses deux oreilles.

Mais il n'a pas plus tôt fermé la porte de sa chambre que 4 jeunes gens s'échappent. Les 20 élèves restants se rangent pourtant de telle sorte que lorsque, quelques heures plus tard, le directeur se lève pour faire une nouvelle tournée, il peut encore compter 9 élèves sur chacun des côtés de son établissement. Certain que tout est pour le mieux, il va reprendre sans retard son somme interrompu.

Peu de temps après, les 4 fugitifs rentrent en silence, non pour se livrer aussi au repos, mais pour terminer joyeusement et en nombreuse compagnie une nuit qu'ils veulent consacrer au plaisir ; aussi ramènent-ils avec eux 4 camarades, ce qui porte à 28 le nombre des jeunes gens qui doivent se loger dans les salles. Ils se tirent assez heureusement de cette difficulté pour qu'un surveillant puisse encore compter 9 personnes sur chaque rangée de chambres.

Mais 4 nouveaux amis s'introduisent encore dans la maison. On les reçoit, on les fête et on les case assez bien pour que le directeur, dans son inspection matinale, compte encore 9 personnes seulement par rangée de chambres, bien qu'il y ait en tout 32 personnes. Celui-ci reste profondément convaincu de la fausseté des rapports qui lui ont été faits, tandis que ses malins disciples font esquiver les huit étrangers et rient aux dépens de leur maître trop confiant.

Les figures suivantes représentent le plan de la pension avec l'indication du nombre de personnes que contenait chaque chambre au moment des quatre visites. La fig. 1, quand tout est dans l'ordre établi ; la fig. 2, après le départ de 4 élèves ; la fig. 3, après la rentrée de ces 4 et l'arrivée de leurs 4 camarades ; la fig. 4, lorsque 4 nouveaux venus se sont joints aux précédents.



L'erreur du maître provenait, comme on peut s'en apercevoir, de ce qu'il comptait deux fois chaque coin en suivant les deux rangées dont ce coin fait partie ; si les élèves étaient trop nombreux, ils n'avaient donc qu'à se réunir en plus grande quantité au milieu des côtés pour dégarnir les coins. S'il y avait au contraire des vides dans leurs rangs, ils renforçaient les coins de manière à établir une compensation.

II. — Un chef de cuisine a trois aides et ne peut faire ses omelettes sans *eux*. Il distribue donc la moitié des œufs qu'il possède et la moitié d'un œuf au premier aide; au second, la moitié du reste et la moitié d'un œuf ; au troisième, la moitié du reste et encore la moitié d'un œuf. On voudrait savoir combien le chef de cuisine a d'œufs et comment il peut faire pour en donner des moitiés sans les casser.

Solution. — Pour trouver le nombre des œufs, prenez le cube de 2 qui est 8, multipliez ce nombre par 1, ou 2, ou 3, ou 4, etc., et ôtez 1 du produit ; les résultats successifs que vous obtiendrez répondront à la question. Ainsi $8 \times 5 = 40$. On pourra donc prendre 40 — 1 ou 39 pour le nombre des œufs. Dans ce cas le premier aide aura la moitié de 39 ou 19 1/2 plus 1/2 œuf, soit 20 œufs ; il en reste 19. Le second aide aura la moitié, c'est-à-dire 9 1/2 plus 1/2 œuf, soit 10 œufs ; il en reste 9. Enfin le dernier en aura $4\ 1/2 \times \frac{1}{2}$ ou 5. Il en restera 4 au chef.

Si dans l'énoncé on avait ajouté cette condition que tout dût être partagé, le seul nombre 7 aurait répondu à la question. Mais il est probable que dans ce cas le chef n'aurait pas eu besoin d'aides.

S'il y avait 4 aides, au lieu du cube, il faudrait, pour trouver les solutions prendre la 4e puissance de 2 et opérer ensuite comme précédemment. S'il y en avait 5, ce serait la 5e puissance et ainsi de suite.

III. — Une personne interrogée sur son âge répondit à son interlocuteur : j'ai deux fois l'âge que vous aviez quand j'avais l'âge que vous avez; et, quand vous aurez l'âge que j'ai, la somme de nos deux âges fera 63 ans. — Quels sont les deux âges?

Réponse. — La personne interrogée a 28 ans et celle qui interroge 21.

IV. — Les plus ingénieux rapprochements ont été faits sur la marche et l'existence de ces machines nommées locomotives devant lesquelles s'effacent aujourd'hui toutes les distances.

Une fois né à sa vie active, le monstre dévore par kilomètre, en moyenne, 12 kilogrammes de coke, savoir : 8 kilogr. s'il est attelé à un train de voyageurs, et il peut y en avoir 800; 18 kilogr. s'il entraîne des marchandises (maximum de charge). A ce compte, une locomotive faisant le trajet de Paris à la Méditerranée, parcourant 863 kilomètres, consommera en 16 heures (trajet d'un train-express) 6,904 kilog. de combustible, ou par heure, 432 kilog.

La vie ordinaire d'une locomotive est de 14 ans. Pendant cette période elle aura franchi, en moyenne, par an, 28,000 kilomètres; soit, en tout 392,000 kilomètres ou environ dix fois le tour de la terre. Quand elle a fourni cette carrière, elle est mise au rebut; mais ses organes usés ne sont pas inutiles. Dépecés et refondus, ils serviront à créer un monstre nouveau que l'homme, digne fils de Prométhée, animera encore d'une étincelle et lancera à toute vapeur sur le globe où il est fixé. Nous ajouterons enfin, qu'en tenant compte du nombre de voyageurs transportés, et des distances parcourues, les accidents sur les chemins de fer sont 1,000 fois moins fréquents qu'avec les moyens de locomotion employés avant leur invention. Nous n'entreprendrons pas d'ailleurs de démontrer les avantages que présentent les voyages par les chemins de fer sur les voyages en diligence. La question est jugée depuis longtemps par le public.

V. — Trois joueurs conviennent en se mettant au jeu que le perdant doublera l'argent des deux autres. Ils font trois parties en suivant cette règle et ils perdent chacun une partie ; il se trouve alors qu'ils possèdent autant l'un que l'autre, c'est-à-dire 8 francs. Combien chaque joueur avait-il en entrant au jeu ?

Réponse. — Il est facile de vérifier que le premier perdant avait 13 francs, le second 7, et le troisième 4.

VI. — Un père montre à son fils, sur une table, 30 pommes et 10 oranges en lui permettant de prendre 10 de ces fruits. Tout naturellement notre jeune garçon fait main basse sur les oranges, qui lui paraissent d'un goût plus exquis que les pommes ; mais son père l'arrête dans ce premier mouvement et met une condition à ce choix : c'est qu'il sera fait en rangeant tous les fruits autour de la table, en les comptant de 12 en 12, et en prenant toujours le douzième. Comment l'enfant doit-il s'y prendre pour avoir de cette manière toutes les oranges ?

Réponse. — Il faudra classer les oranges parmi les pommes de telle sorte qu'elles occupent les rangs indiqués par les numéros 7, 8, 11, 12, 21, 22, 24, 34, 36, 37.

O O P O P P P P P P P P P O P O O P P P P P P P P P O O P P O O P P P P P P P P

Dans la figure ci-dessus, par exemple, on commencera à compter à partir de l'intervalle de droite en descendant puis en tournant vers la gauche.

VII. — Pendant le siége de Sébastopol, nos soldats reçurent un jour en gratification une certaine quantité d'eau-de-vie qui fut distribuée dans le camp par brocs de 8 litres. Mais il n'y avait qu'un broc pour deux compagnies, en sorte que, pour que la distribution fût régulièrement faite aux soldats, il fallait d'abord diviser en deux parts égales ces 8 litres. Or les soldats n'avaient à leur disposition, pour opérer cette division, que deux sortes de vases contenant l'un 5 litres et l'autre 3 litres. Comment fut-il possible de tirer exactement 4 litres du broc avec deux de ces vases?

Réponse. — Un zouave proposa le procédé dont nous détaillons ici les opérations successives :

Il y a d'abord un broc de 8 lit. plein et 2 vides l'un de 5 et l autre de 3 litres, que nous plaçons à côté, soit :

Dans le vase	de 8 lit.	de 5 lit.	de 3 lit.
Au commencement	8 —	0 —	0 —
1. Remplissez le 2e vase avec le 1er	3 —	5 —	0 —
2. Remplissez le 3e vase avec le 2e	3 —	2 —	3 —

3. Videz le 3e dans le 1er	6 —	2 —	0 —
4. Transvasez le 2e dans le 3e	6 —	0 —	2 —
5. Remplissez le second avec le 1er	1 —	5 —	2 —
6. Remplissez le 3e avec le 2e	1 —	4 —	3 —
7. Versez le 3e dans le 1er	4 —	4 —	0 —

Le partage sera effectué.

La seule objection qu'on puisse faire à cette méthode est que les plus altérés trouveront l'opération trop longue et que la liqueur pourra bien un peu s'éventer ou se renverser. Le moyen le plus court serait d'aller chercher un litre vide à la cantine ; c'est probablement ce que l'on fit.

VIII. — On pourrait se proposer aussi de tirer 6 litres d'un vase contenant 12 litres au moyen de deux vases vides dont l'un contiendrait 7 litres et l'autre 5. Voici comment il faudrait s'y prendre.

Le contenu des vases est :

Dans le vase de	12 lit.	de 7 lit.	de 5 lit.
Avant de commencer	12 —	0 —	0 —
1. Remplissez le dernier avec le 1er	7 —	0 —	5 —
2. Versez le dernier dans le 2e	7 —	5 —	0 —
3. Remplissez le 3e avec le 1er	2 —	5 —	5 —
4. Remplissez le 2e avec le 3e	2 —	7 —	3 —
5. Versez le 2e dans le 1er	9 —	0 —	3 —
6. Videz le 3e dans le 2e	9 —	3 —	0 —
7. Remplissez le 3e avec le 1er	4 —	3 —	5 —
8. Remplissez le 2e avec le 3e	4 —	7 —	1 —
9. Videz le 2e dans le 1er	11 —	0 —	1 —
10. Versez le 3e dans le 2e	11 —	1 —	0 —
11. Remplissez le 3e avec le 1er	6 —	1 —	5 —
12. Videz le 3e dans le 2e	6 —	6 —	0 —

et le partage est fait.

IX. — Un maître d'hôtel était fort habile à donner à ses tables servies un aspect luxueux et *confortable* auquel ne répondait certainement pas le menu des repas. Il ne se contentait pas, comme ses confrères, de dispose avec art sur ses nappes d'énormes bouquets de fleurs artificielles qui auraient été remplacés avec avantage par des plats bien garnis ; de superbes pièces de pâtisserie en carton ou des assiettes de fruits en porcelaine peinte, disposées avec symétrie, déguisaient assez bien la pauvreté réelle du service et ne permettaient guère de remarquer la rareté des mets plus riches en sauce qu'en nourriture substantielle et que supportaient de brillants réchauds en plaqué. De nombreuses bouteilles couvraient aussi les tables et faisaient croire aux convives qu'ils pouvaient se livrer à de copieuses libations ; mais sur ce point encore notre aubergiste n'était guère prodigue, car il mélangeait avec artifice les flacons vides ou à demi-vides parmi les pleins de manière à tromper les consommateurs sur la quantité de vin qu'ils avaient à leur disposition. Le stratagème dont il usait est assez ingénieux pour que nous le rapportions ici.

Il avait, par exemple, 21 bouteilles dont 7 pleines, 7 vides et 7 demi-pleines à distribuer sur 3 tables, il les les rangeait de l'une des deux manières suivantes :

Nº des tables	pleines	demi-pleines	vides	pleines	demi-pleines	vides
1e	2	3	2	3	1	3
2e	2	3	2	3	1	3
3e	3	1	3	1	5	1

De cette façon, chaque table avait la même quantité de vin. Avait-il plus de convives et par conséquent plus de vin à mettre sur table ; il prenait alors 24 bouteilles, 8 pleines, 8 demi-pleines et 8 vides qu'il distribuait de l'une des deux manières suivantes :

N° des tables	pleines	demi-pleines	vides	pleines	demi-pleines	vides
1°	3	2	3	2	4	2
2°	3	2	3	2	4	2
3°	2	4	2	4	0	4

Enfin, s'il fallait 9 bouteilles pleines, 9 demi-pleines et 9 vides, il les rangeait ainsi :

N° des tables	pleines	demi-pleines	vides	pleines	demi-pleines	vides
1°	2	5	2	1	7	1
2°	3	3	3	4	1	4
3°	4	1	4	4	1	4

Et l'on voit que toujours il y avait la même quantité de vin sur chaque table.

X. — Un commis de magasin a dans ses rayons une pièce d'étoffe de 20 mètres de long. Chaque jour on lui en achète 1 mètre qu'il est obligé de couper. Au bout de combien de jours aura-t-il fini de couper la pièce?

Réponse. — Il semble tout d'abord que puisque le commis ne coupe qu'un mètre par jour, pour couper les 20 mètres, il mettra 20 jours. Mais si l'on remarque que le coup de ciseau du 19ᵉ jour sépare les deux derniers mètres, on verra que la réponse est 19 et non 20.

XI. — Un paysan arrive sur le bord d'une rivière avec un loup qu'il a pris au piége et qu'il veut montrer vivant à ses voisins, une chèvre et un chou ; le batelier ne voulant passer dans son petit bateau qu'un des animaux avec le paysan, celui-ci est fort embarassé, car s'il laisse ensemble chou et chèvre ou chèvre et loup, l'un mangera sûrement l'autre pendant son absence. Comment doit-il s'y prendre ?

Réponse. — Il emmènera d'abord la chèvre avec lui ;

puis il reviendra chercher le loup qu'il passera aussi de l'autre côté : mais, pour ne pas laisser la chèvre en si dangereuse compagnie, il la rapportera du premier côté pour l'y laisser seule pendant qu'il portera le chou du côté du loup. Enfin il ira reprendre sa bique et se retrouvera bientôt de l'autre côté avec les trois objets de sa sollicitude.

XII. — Trois ouvriers maçons, revenant d'une campagne fructueuse et possédant chacun le même nombre de pièces d'or, rencontrent neuf charpentiers en quête d'ouvrage et sans ressources. Dans un rare élan de générosité, chacun d'eux donne à chaque charoentier un nombre égal de pièces et il se trouve que tout le monde possède alors la même somme. Combien les maçons avaient-ils de pièces et combien en ont-ils donné ?

Réponse. — Chaque maçon avait 12 pièces et en a donné une à chaque charpentier. De cette manière, chaque personne a 3 pièces ; ou bien chacun en avait 24, en a distribué 3 par 3 ; ou encore 36 et en a distribué 4 par 4 ; ainsi de suite, en prenant les multiples de 12.

XIII. — Un disciple de Saint-Hubert, aussi riche que malheureux ou que maladroit dans ses expéditions, invite un grand nombre de ses amis à venir le lendemain de l'ouverture de la chasse dépecer les nombreuses victimes qui seront tombées sous ses coups. Il fait ses provisions de plomb et de poudre, se munit du costume traditionnel et d'un vaste carnier, puis, son Lefaucheux en bandoulière, le nez au vent et ses deux chiens à ses côtés, il abandonne sa famille et ses affaires pour courir les aventures et se couvrir de lauriers. Pourtant, en homme prudent et habitué aux mécomptes, pour se donner aussi le temps de préparer le pompeux récit de ses exploits, il a confié un billet de 100 francs à son chef de cuisine en lui recommandant de se procurer au marché voisin cent pièces de gibier de poil et de plume ; il est bien entendu que le secret le plus absolu doit être gardé sur cette importante négociation qui doit réparer les injustices du sort. Bien en prit à notre chasseur d'avoir usé de cette précaution ; le premier jour il attrape... un coup de soleil à tirer sur les perdrix, et décharge son fusil avec un égal succès sur des lièvres qui n'en courent que mieux. Le lendemain, pour ne pas revenir *bredouille*, il tue... un de ses chiens qui se mettait en arrêt et prend... la fuite devant un sanglier qui débouche tout à coup d'un bois. Mais bah ! ce sont là les petites misères du métier, et notre homme ne s'inquiète pas pour si peu ; il a escompté sa victoire ; il est content de lui.

Le plus embarrassé était notre cuisinier, dont la mission délicate exigeait à la fois discrétion et habileté. Or la seconde de ces qualités ne lui faisait pas plus défaut que la première, comme on va le voir. Il trouve au marché que les alouettes coûtent 0 fr. 05 c. la pièce, les perdrix 1 fr. et les lièvres 3 fr., et il se pose ce problème plus aisé pour un mathématicien que pour un cuisinier ordinaire : Comment acheter dans de telles conditions 100 pièces pour 100 francs ?

Il n'y avait qu'un moyen, et la réflexion le lui fit trouver ; c'était d'acheter 40 alouettes à 0,05, 41 perdrix à 1 fr. et 19 lièvres à 3 francs.

Le dîner fut splendide, l'amphitryon étincelant de verve, et les invités auraient peut-être mis en doute l'adresse du chasseur si celui-ci n'eût achevé de les convaincre et de les gagner à sa cause en leur faisant emporter à chacun quelques pièces pour qu'ils pussent raconter le lendemain dans leurs familles sa libéralité et ses succès.

XIV. — Trois femmes vont au marché pour vendre des oranges; la 1re en a 50, la 2e 30, la 3e 10. Comment pourront-elles faire pour vendre leurs oranges au même prix et pour rapporter cependant la même somme?

Réponse. — Elles vendront d'abord les moins belles à 7 pour 5 centimes autant qu'elles pourront le faire de fois; puis le reste à raison de 0,15 la pièce. De cette manière, la première aura reçu 7 fois 5 centimes ou 0,35 pour 49 oranges et 0,15 pour sa dernière, soit, en tout, 0 fr. 50 c.

La deuxième aura reçu 4 fois 5 cent. ou 0, fr. 20 c. pour 28 oranges et 2 fois 0,15 ou 0,30 pour ses 2 dernières soit, en tout 0 fr. 50.

Enfin, la 3e aura reçu 0,05 pour ses 7 premières et 3 fois 0,15 ou 0,45 pour ses 3 dernières, soit, en tout, comme les deux autres, 0,50.

On pourrait se poser la même question en supposant que les femmes aient, la première 30 poires, la deuxième 20 et la troisième 10.

Dans ce cas, elles devront vendre d'abord leurs poires à 6 pour 5 centimes et le reste à 5 centimes la pièce. Il est aisé de vérifier que, de cette manière, chacune se retirera avec 25 centimes.

XV. — Une personne ayant dans une main un nombre pair de jetons et dans l'autre un nombre impair, deviner en quelles mains est le nombre pair.

Réponse. — Faites multiplier le nombre de la main droite par un nombre pair, 2 par exemple, et le nombre de la main gauche par un nombre impair, 1 ou 3 par exemple; faites ajouter les deux sommes; si le total est impair, le nombre pair de pièces est dans la main droite et l'impair dans la gauche. Si ce total est pair, ce sera le contraire.

XVI. — On s'étonnait dans une réunion qu'un monsieur eût refusé un duel ; sa bravoure n'était pas mise en doute, car, ancien militaire, il avait assisté à trois batailles dans lesquelles il avait fait preuve d'un courage réel. Un des assistants prétendit que non-seulement trois, mais même neuf batailles ne valaient pas un bon duel, et, comme on se récriait, il offrit de le démontrer mathématiquement.

Le maréchal de Saxe a écrit dans ses *Réveries*, dit-il, que pour tuer un soldat en bataille rangée il fallait au moins avoir tiré son poids de plomb, ce qui suppose à peu près 500 coups de fusil. L'exactitude de ce calcul a été démontrée de nouveau à la bataille de Solferino ; car, en supposant que chacun des 350,000 soldats engagés dans l'action eût en moyenne seulement 24 cartouches, on aurait tiré dans cette bataille 8,400,000 coups de fusil. Or il n'y eut que 18,000 tués des deux côtés. Encore y eut-il beaucoup de ces derniers qui furent frappés par le sabre, la baïonnette ou les projectiles des canons. En évaluant même le nombre des hommes mis hors de combat à 50,000, nous trouvons un homme atteint pour 168 balles tirées. Dans un duel, au contraire, quand il est sérieux, l'un des deux adversaires doit être atteint en sorte qu'on n'a qu'une chance sur deux d'en sortir sain et sauf, c'est-à-dire 84 fois moins de chances que dans une bataille.

C'est pour la même raison que les batailles sont devenues moins meurtrières depuis l'invention de la poudre. Les armées se battent par masses, et les soldats n'engagent plus que dans des circonstances exceptionnelles de ces luttes corps à corps dans lesquelles l'un des adversaires doit rester sur le terrain, ce qui n'empêche pas son vainqueur de faire de nouvelles victimes.

CHAPITRE VI

LES CARRÉS MAGIQUES.

LEUR CONSTRUCTION ET LEUR HISTOIRE.

On donne le nom de *carrés magiques* à des tableaux divisés en cases dans lesquelles des nombres sont distribués de telle manière que la somme de ces nombres placés dans une même ligne horizontale, dans une même ligne verticale ou dans le sens des diagonales, est toujours la même. Exemple :

11	24	17	10	3
4	12	25	18	6
7	5	13	21	19
20	8	1	14	22
23	16	9	2	15

Dans ce carré, la somme dans tous les sens est 65. Il y a beaucoup de systèmes différents pour composer de semblables figures ; nous ferons connaître ici les principaux.

Proposons-nous d'abord de former avec la suite des nombres entiers, depuis l'unité, des carrés dont le nombre des cases soit impair.

S'il s'agit, par exemple, de former le carré de 25 cases, nous imaginerons d'abord une nouvelle ligne de cases placée au-dessus du tableau et une autre sur la droite, toutes deux représentées sur la figure ci-jointe en lignes pointées.

	18	25	2	9	
17	24	1	8	15	17
23	5	7	14	16	23
4	6	13	20	22	4
10	12	19	21	3	10
11	18	25	2	9	

Puis nous commencerons par placer 1 dans la case du milieu, en haut. Nous observerons ensuite les deux règles suivantes :

1° Tous les nombres dans l'ordre de numération seront écrits successivement dans la direction des diagonales, de gauche en bas, à droite en haut ; c'est ainsi que 6, 7, 8, par exemple, se trouvent sur une même oblique inclinée à droite. Si en suivant cette direction nous arrivons à une case extérieure pointée, nous reporterons le nombre qui devrait être dans cette case à l'extrémité opposée de la ligne ou de la colonne dont cette case occupe déjà une extrémité. Ainsi, en continuant la ligne 6, 7, 8, le nombre 9 devrait occuper la dernière case pointée à droite ; nous écrirons alors ce 9 en bas de la colonne dont cette case pointée occupe la tête. De même, en continuant la ligne oblique 2, 3, nous serions conduits à écrire 4 dans la case pointée du milieu, à droite. Nous l'écrirons donc à gauche de la tranche dont cette case pointée occupe la droite.

2° Si nous sommes arrêtés par une case qui contient déjà un nombre, nous placerons le nouveau sous celui qui vient d'être écrit. Ainsi, en suivant la ligne oblique 4, 5, nous arrivons à la case déjà occupée par 1. Il faudra donc écrire 6 dans la case immédiatement au-dessous de celle où nous venons d'écrire 5. On opérera de même quand on tteindra la case du coin en haut, à droite. C'est pour cette raison que 16 est écrit sous 15. En suivant ces indications, on arrivera toujours à remplir exactement toutes les cases, et à obtenir le résultat désiré. Dans l'exemple que nous venons de choisir, la somme, dans tous les sens, est 65; en général, on peut dire qu'elle est égale au nombre du milieu du tableau multiplié par le nombre des colonnes verticales.

Le nombre du milieu du tableau se trouve facilement, sans former le tableau, en cherchant celui qui occupe le milieu dans la série des nombres que l'on doit écrire. Si, par exemple, on veut faire le carré de 9 colonnes contenant par conséquent 81 nombres, on pourra dire d'avance que la case du milieu sera occupée par le nombre 41 qui est au milieu des 81 premiers, et que, par suite, la somme des lignes ou des colonnes ou des diagonales sera, dans tous les sens $9 \times 41 = 369$.

On peut modifier la construction que nous venons d'indiquer de bien des manières : d'abord en plaçant l'unité soit au milieu de la colonne de droite, ou au milieu de celle de gauche, ou au milieu de la ligne du bas. Cela revient à tourner le tableau dans des sens différents, et nous n'avons pas besoin d'indiquer comment il faudrait s'y prendre pour le former de cette manière.

On peut aussi placer ce premier nombre juste au-dessus de la case du milieu et opérer comme il vient d'être dit; on aura ainsi, pour le carré de 7 colonnes, la disposition suivante, qui peut être également modifiée en plaçant le tableau successivement sur chacun de ses côtés.

46	15	40	9	34	3	28
21	39	8	33	2	27	45
38	14	32	1	26	44	20
13	31	7	25	43	19	37
30	6	24	49	18	36	12
5	23	48	17	42	11	29
22	47	16	41	10	35	4

Il faut observer pourtant, dans la formation de ce carré, que lorsque l'on arrive sur une case déjà occupée, ce n'est plus au-dessous du nombre dernier écrit qu'il faut placer le nouveau, mais 2 cases au-dessus.

Il est évident aussi qu'au lieu d'inscrire les nombres en suivant l'oblique à droite, dans tous les carrés précédents, on pourrait suivre l'oblique à gauche et obtenir des résultats symétriques de ceux-ci, répondant également à la question. Le carré suivant en est un exemple.

6	1	8
7	5	3
2	9	4

Le carré de 7 colonnes, entre autres, peut être considéré comme la solution de la question suivante.

Un avare possède un trésor composé de 1,225 pièces d'or; il construit pour les renfermer un casier de 49 cases dans lesquelles il range ses pièces de telle sorte qu'en comptant toutes les pièces d'une seule rangée prise au hasard, il puisse vérifier qu'aucune main coupable ou indiscrète n'a touché son trésor. Combien de pièces doit-il mettre dans chaque case?

Les variantes que nous avons indiquées pour la construction des *carrés magiques impairs* ne sont pas les seules que l'on puisse imaginer; elles sont nombreuses, et nous n'avons pas la prétention de les faire connaître toutes, d'autant plus que nous ne voudrions pas insister plus qu'il ne convient sur ce sujet. Pourtant nous en ferons encore connaître sommairement quelques-unes.

On peut d'abord commencer la série des nombres entiers, non plus par 1, mais par un nombre quelconque, en écrivant ensuite les nombres suivants jusqu'à ce que les cases soient remplies. On aurait en commençant par 7, et plaçant ce chiffre sous la case du milieu, le carré magique suivant.

17	30	13	26	9
10	18	31	14	22
23	11	19	27	15
16	24	7	20	28
29	12	25	8	21

On peut aussi, au lieu de se servir de la suite naturelle des nombres, prendre des nombres quelconques, pourvu qu'ils forment une progression arithmétique. Le carré suivant, dont tous les côtés donnent pour somme

96	123	150	9	36	63	90
120	147	27	33	60	87	93
144	24	30	57	84	111	117
21	48	54	81	108	114	141
45	51	78	105	132	138	18
69	75	102	129	135	15	42
72	99	126	153	12	39	66

567, est formé par le premier procédé indiqué, avec la progression 9, 12, 15, 18, etc.

On peut aussi se servir plus simplement d'une série impaire de nombres quelconques que l'on récrira sous elle-même en commençant toujours par le nombre du milieu de la ligne précédente, ainsi :

2	7	4	9	3
4	9	3	2	7
3	2	7	4	9
7	4	9	3	2
9	3	2	7	4

La somme, dans tous les sens, est 25

Les carrés magiques suivants sont formés par des procédés qu'il serait trop long d'exposer ici.

3	10	25	16	11
20	8	19	12	6
5	9	13	17	21
22	14	7	18	4
15	24	1	2	23

12	25	6	19	3
5	11	24	8	17
16	4	13	22	10
9	18	2	15	21
23	7	20	1	14

1	20	23	16	5
4	18	9	12	22
15	7	13	19	11
24	14	17	8	2
21	6	3	10	25

11	22	9	20	3
2	14	25	8	16
19	5	13	21	7
10	18	1	12	24
23	6	17	4	15

Si nous voulons construire des carrés magiques dont le nombre des colonnes soit pair, la question devient moins aisée. Nous essaierons pourtant de donner quelques renseignements pour satisfaire à cette nouvelle condition.

Le carré de 4 cases ne peut être construit. Il faudrait en effet, que les chiffres placés dans chaque case fussent pareils pour que la somme put être la même dans tous les sens.

Le carré de 4 colonnes ou de 16 cases, est celui qui vient ensuite et qui est le plus aisé à construire; c'est même par lui qu'on doit commencer quand on veut obtenir un plus grand carré pair.

1			4
	6	7	
	10	11	
13			16

Pour l'obtenir, je compte la liste naturelle des nombres, 1, 2, 3, 4, etc. sur les cases de la première ligne horizontale en allant de gauche à droite; puis on continue de même sur les cases des autres lignes, mais on n'écrit que les nombres qui se trouvent placés sur les diagonales : 1, 4, 6, 7, 10, 11, 13 et 16.

On remplira ensuite les cases vides en recommençant à compter 1, 2, 3, 4, etc., mais cette fois sur les cases de la ligne d'en bas en allant de droite à gauche, puis en continuant dans le même sens sur la ligne supérieure, et ainsi de suite. Cette fois on écrira dans les cases vides tous les nombres qui s'y trouveront énoncés. On obtiendra

1	15	14	4
12	6	7	9
8	10	11	5
13	3	2	16

ainsi le carré complet ci-contre, dans lequel la somme de toutes les lignes, de toutes les colonnes ou des deux diagonales est 34. On aurait pu inversement placer d'abord les nombres des diagonales en comptant de droite à gauche, puis remplir les cases vides en allant de gauche à droite. On peut aussi commencer par telle case des diagonales qu'on voudra, mais à la condition de suivre l'une ou l'autre des règles précédentes. Ce ne sont pas là non plus les seules variétés qu'on puisse obtenir de ce carré puisqu'on compte, rien que pour les classements *magiques* des 16 premiers nombres dans ces cases, 880 combinaisons.

Il n'est pas nécessaire non plus de commencer à compter à partir de l'unité pour remplir les cases. Ici, comme dans les carrés impairs, on peut écrire d'abord un nombre quelconque, 11, par exemple, et continuer suivant la règle ordinaire.

Veut-on faire maintenant le carré de 36 cases ? On écrira d'abord celui de 16, commençant par 11 ; puis on l'entourera de bandes horizontales et verticales, divisées en cases dans lesquelles on distribuera les dix nombres qui précèdent 11 et les 10 qui suivent 26, de manière que les deux qui se correspondent dans le même rayon, dans la même diagonale fassent, 37.

1	35	34	30	5	6
33	11	25	24	14	4
8	22	16	17	19	29
28	18	20	21	15	9
10	23	13	12	26	27
31	2	3	7	32	36

Dans le carré ainsi obtenu, la somme de chaque bande et de chaque diagonale est 111.

Nous donnons enfin, comme nouvel exemple des *carrés magiques pairs*, le carré suivant de 64 cases obtenu à peu près de la même manière que le précédent. Il est bien entendu qu'on pourrait sans inconvénient remplacer dans les carrés la suite naturelle des nombres par une progression arithmétique commençant par un nombre quelconque et dont la raison serait à la volonté de l'opérateur.

Enfin, au lieu de la progression arithmétique, on peut se proposer de prendre une progression géométrique et de la ranger dans les cases du carré d'après les règles que nous avons posées. On obtiendra de cette façon des carrés tels que les *produits* des nombres écrits dans chaque ligne, dans chaque colonne ou dans chaque diagonale seront égaux. Nous nous contenterons

1	63	62	4	6	56	60	8
58	15	49	48	44	19	20	7
54	47	25	39	38	28	18	11
53	22	36	30	31	33	43	12
13	42	32	34	35	29	23	52
10	24	37	27	26	40	41	55
14	45	16	17	21	46	50	51
57	2	3	61	59	9	5	64

pour ceux-ci de donner un exemple de carré impair et un de carré pair. Dans le premier, on s'est servi de la progression géométrique 3, 9, 27, 81, 243, 729, 2187, 6561, 19683, et le produit d'un rang est 14348907; dans l'autre, on se sert de la progression 1, 2, 4, 8... etc., et le produit de chaque rang est 1,073,741,824, carré de 32,768.

81	19683	9
27	243	2187
6561	3	729

1	16384	8192	8
2048	32	64	256
128	512	1024	16
4096	4	2	32768

L'invention des carrés magiques remonte aux premiers âges de la science des nombres. Leur nom vient de ce qu'ils étaient en grande vénération parmi les Égyptiens et les Pythagoriciens, qui leur attribuaient des propriétés surnaturelles. Pour leur donner plus de pouvoir, on les dédiait aux sept planètes connues en les gravant sur des lames du métal qui sympathisait avec la planète à laquelle le carré était dédié. C'est ainsi qu'on attribuait à

Saturne, et qu'on gravait sur le plomb, le carré de 9 cases qui a 3 pour racine et 15 pour la somme des nombres de chaque bande. A Jupiter, le carré de 16 cases qui a pour côté 4 et 34 pour la somme des nombres de chaque bande ; l'étain était le métal consacré à cette divinité. A Mars, qui correspondait au fer, le carré de 25 cases qui a 5 pour côté et 65 pour la somme des nombres de chaque bande. A Vénus, représentée par le cuivre, le carré de 49 cases, qui a 7 pour côté et 175 pour somme de ses colonnes. A Mercure, auquel le vif-argent était consacré, on attribuait le carré de 64 cases qui a 8 pour côté et pour somme des nombres d'une bande 260. A la lune, enfin, le carré de 81 cases, qui a 369 pour somme des nombres de chaque bande : on inscrivait ce carré sur des plaques d'argent.

Le carré imparfait de 4 cases ayant un même chiffre dans chacune de ses cases était attribué à la matière imparfaite, et le carré d'une seule case, renfermant l'unité qui multipliée par elle-même ne change pas, était consacré au soleil et gravé sur l'or; il figurait Dieu immuable.

On enfermait ces figures dans un polygone régulier inscrit dans un cercle divisé en autant de parties égales que le côté du carré contient d'unité, avec les noms des anges de la planète et des signes du zodiaque, qu'on inscrivait dans les espaces vides entre le polygone et la circonférence. Les astrologues croyaient, par une superstition qui n'est plus de mode de nos jours, mais qui a été remplacée par bien d'autres, qu'une semblable médaille était un précieux talisman pour celui qui la portait toujours sur lui.

Ces vertus préservatives étaient de la force de celles que l'on attribuait au fameux mot cabalistique ABRACADABRA. Rappelons, à ce propos, en quoi consistait l'amulette que l'on formait avec cette expression bizarre qui n'a jamais eu aucun sens dans aucune langue. On disposait les lettres du mot magique en triangle de la manière suivante :

A B R A C A D A B R A
A B R A C A D A B R
A B R A C A D A B
A B R A C A D A
A B R A C A D
A B R A C A
A B R A C
A B R A
A B R
A B
A

On peut remarquer entre autres choses, en examinant ce petit tableau, que, en lisant horizontalement toutes les lignes et en les terminant par les dernières lettres des lignes supérieures, on formera le mot magique. Il en sera ainsi si on lit transversalement, dans le sens du côté de droite, en terminant toujours par les dernières lettres de la première ligne à partir du point où aboutit la transversale, ou enfin, en parcourant le triangle horizontalement, puis remontant sur la droite le long d'une transversale quelconque pour finir horizontalement, etc.

Ce triangle était écrit sur une feuille de papier carrée et pliée de telle sorte que l'écriture fût entièrement cachée; puis l'on suspendait ce talisman au cou, de manière à le faire reposer sur le creux de la poitrine. Au bout de neuf jours, on se rendait, avant le lever du soleil, sur le bord d'un fleuve coulant vers l'Orient ; là, le superstitieux opérateur détachait de son cou l'amulette précieuse et la jetait derrière lui dans les flots sans oser la relire. Il pouvait ensuite s'en retourner avec la conviction la plus entière qu'il était désormais à l'abri des atteintes de la fièvre tierce ou quarte.

Avons-nous besoin d'ajouter que ces singulières pratiques ne guérissaient rien du tout ? On croit encore de nos jours à tant de choses absurdes, qu'il est peut-être bon de se moquer de cette superstition pour que le ridicule s'attache aussi à celles qui sont encore répandues parmi nous. Les tableaux magiques ne préservent plus le corps aujourd'hui, mais ils sont capables de récréer l'esprit, et c'est à ce seul titre que nous les faisons connaître.

On s'est amusé de nos jours à composer avec des mots des carrés analogues à ceux que l'on peut former avec des chiffres. Nous épuiserons complétement notre sujet en donnant ici un modèle de ces espèces de carrés. On y retrouve dans le sens vertical les mots tracés dans le sens horizontal.

R E N É G A T
É T A L A G E
N A V I R E S
E L I S A N T
G A R A N C E
A G E N C E R
T E S T E R A

CHAPITRE VII

LES GRANDS NOMBRES.

SOMMAIRE. — Ce que c'est qu'un million. — Le budget de la France. — La goutte d'eau et l'Océan. — La multiplication des centimes. — Les huit inséparables. Petit voyage à Meudon. — Le maquignon rusé. — Le nombre des descendants de Jacob. — D'Adam à nos jours, etc.

Les anciens nous ont laissé d'admirables travaux mathématiques ; pourtant leur notation et leur numération imparfaites ne leur permettaient pas d'écrire des nombres supérieurs à cent millions. Notre système décimal, si simple, si commode pour le calcul, nous permet au contraire de suivre pour ainsi dire pas à pas une grandeur croissante et de la traduire en chiffres et en paroles, même lorsqu'elle dépasse les limites de notre imagination.

Un million, qui formait pour les Grecs le plus haut nombre que l'on eût besoin d'exprimer, est une quantité dont peu de personne sont une idée bien exacte. Quelques comparaisons en feront apprécier la valeur.

Il faudrait remonter au temps de Moïse et de Noé pour trouver des hommes qui aient vécu un million d'heures, puisque le nombre de jours contenus dans une existence de 100 ans est, en tenant compte des 25 années bissextiles, de 36,525, et que ce nombre multiplié par 24 ne donne que 876,600 heures.

Peu de personnes ont la douce satisfaction de compter dans leur coffre-fort la somme ronde de *un million* de francs, bien que le nombre des millionnaires se soit accru de nos jours par suite de l'augmentation de la fortune publique. Mais, pour compter cette somme amassée en pièces de 1 franc, en supposant que le propriétaire du trésor comptât une pièce par seconde en consacrant à sa jouissance d'avare 12 heures consécutives par jour, il ne lui faudrait pas moins de 23 jours. Encore ne devrait-il pas énoncer complétement tous les nombres jusqu'à un million; car il mettrait certainement plus d'une seconde à dire des nombres tels que 897,678, ou tout au moins il se lasserait avant 12 heures d'un travail aussi fatigant. Après cette remarque, nous aurions beau jeu pour faire le moraliste et vanter le mépris des richesses en rappelant le prix du temps. Mais on pourrait prendre notre discours pour la paraphrase de celui du renard sous la treille : *ils sont trop verts* ; il est vrai que nous ressemblerions beaucoup à son confrère à la queue coupée prêchant la croisade pour faire enlever à ses frères cet inutile appendice. Abstenons-nous, et revenons à notre million imaginaire.

Un million de francs, mis à la suite les uns des autres, formeraient une longueur de 23 kilomètres ; empilées, ces pièces pèseraient 5,000 kilogrammes. Nous laissons à nos lecteurs le soin de calculer les longueurs et les poids énormes que l'on obtiendrait si l'on employait, pour parfaire cette somme, de la monnaie de cuivre.

⁂ Que sera-ce si nous cherchons à nous rendre compte de ce que c'est *qu'un milliard ?* C'est, en nombre rond, le budget des recettes de la France ; mais messieurs les députés qui votent ce budget ne se sont jamais rendu compte de son poids, de son étendue, ni du temps qu'il faut pour le compter. Recherchons ces nombres.

Un milliard en argent pèse 5,000,000 de kilog. Croyez-vous que si vous le possédez en or ou en billets de banque il vous sera plus aisé de le porter ? Pas davantage. En or, il ferait un poids de 322,580 kilogrammes, sous lequel succomberaient encore bien des hommes, et le million des billets de mille francs de la Banque de France qui composeraient cette somme énorme, entassés les uns sur les autres, formeraient l'épaisseur de *deux mille* volumes de 500 pages chacun. Ce serait là, vous en conviendrez, une *riche* bibliothèque, pour le nombre et la valeur matérielle des ouvrages, sinon par leur valeur intellectuelle.

Nous avons dit tout à l'heure ce qu'il faudrait de temps pour compter depuis 1 jusqu'à 1 million ; nous n'entreprendrons pas un semblable calcul pour le nombre qui nous occupe. Nous avons eu occasion de constater qu'un garçon de banque a besoin de trois minutes pour compter un sac de mille francs en pièces de 5 francs ; s'il n'y avait qu'un employé pour compter le budget annuel d'un milliard, il lui faudrait donc, en supposant qu'il travaillât, sans craindre d'user ses doigts, 12 heures par jour, 14 ans et 10 mois au moins pour terminer sa tâche.

Paris est bien nommé le cœur de la France ; les milliers de routes qui partent de ce centre et qui rayonnent en se ramifiant vers les extrémités jouent le rôle des artères et des veines, en établissant une circulation continuelle de tous les points de la France au siége du gouvernement, puis de celui-ci jusqu'aux villages les plus ignorés ou les plus éloignés. Cette importance capitale, attribuée trop exclusivement à une seule ville, a inquiété bien des hommes politiques et bien des philosophes : et l'on a beaucoup parlé de *décentralisation*. Décentralisons aussi le budget, et supposons qu'on le fasse voyager de Paris à Fontainebleau. Il ne faudrait pas, pour mener à bonne fin ce travail d'Hercule, moins de 2,000 voitures traînées par 6,000 chevaux guidés par 2,000 charretiers transportant un million de sacs de toile liés par 350,000 mètres de ficelle. Et quand les deux mille charretiers auront chargé le million de sacs sur leurs deux mille voitures et donné deux mille coups de fouet en signal de départ, le convoi en marche occupera un bout de route de huit lieues !

La division du travail entre les nombreux employés de l'État, qui y sont constamment occupés, rend sa longueur insensible; de même chaque Français, en prélevant une faible part de contribution sur sa fortune personnelle, concourt à former cette somme colossale que n'égaleraient pas les fortunes réunies de bien des millionnaires.

⁂ Nous voyons souvent ainsi des éléments d'une dimension ou d'un poids très-faibles, réunis en nombre considérable, produire de merveilleux résultats. La goutte d'eau si vite évaporée, si facilement enlevée par le moindre frottement, contribue à former la source, point de départ du ruisseau qui forme les rivières, les fleuves et les océans. Ces simples gouttes, en tombant une à une sur la pierre, enlèvent chacune des parcelles de cette pierre que le microscope est impuissant à saisir; et pourtant, à la longue, cette pierre se creuse sous le choc répété de ces faibles masses et s'use à leur léger contact. Les sages de tous les temps ont tiré de ces faits des préceptes de conduite, les hommes laborieux et prudents des principes d'économie.

Entre autres problèmes curieux donnant lieu à des résultats analogues, nous citerons les suivants.

⁂ Un jeune homme demanda un jour à son père, en récompense de son application à l'étude et de ses succès de lui donner un centime le premier jour du mois, deux le second, quatre le troisième et ainsi de suite en doublant jusqu'à la fin du mois. Le père, heureux de pouvoir satisfaire et encourager son fils à si bon compte accueillit cette demande et commença à s'exécuter sans difficulté. Mais grande fut sa surprise quand, arrivé au 15e jour, il vit qu'il avait à tirer de sa caisse une somme de 163 fr. 84 c. et qu'il avait déjà donné en tout 327 fr. 67 c. En continuant ainsi jusqu'au 30 du mois, il serait arrivé à devoir, ce dernier jour, 5,368,709 fr. 12 c., et il aurait dû verser en tout la somme énorme de 10,737,418 fr. 24 c. Dans la prévision d'un tel résultat, le père reconnut son impuissance à accomplir sa promesse et dut avoir recours à une transaction avec son fils : celui-ci accepta par ce qu'il avait voulu donner à son père une preuve nouvelle de son aptitude pour les sciences exactes, et que son but était atteint; mais aussi parce qu'il ne pouvait pas faire autrement.

⁂ 8 personnes conviennent de dîner tous les jours ensemble jusqu'à ce qu'elles se soient rangées autour d'une table de toutes les manières possibles. Quand les convives se sépareront-ils? — La mort seule pourra les séparer si elle ne les réunit mieux encore, car on peut ranger ces 8 personnes de 40,320 manières différentes, et ce nombre de jours fait 110 ans.

⁂ Il y a un panier et cent cailloux rangés en ligne droite à partir de ce panier à des distances de 2 mètres les uns des autres. On propose de ramasser ces cailloux et de les rapporter dans le panier, un à un, en allant d'abord chercher le premier, puis le second, puis le troisième, et ainsi de suite. Combien de mètres parcourra celui qui entreprendra ce travail?

On comprend que, pour le premier caillou il faudra faire 4 mètres, 2 pour aller et 2 pour revenir. Il faudra en faire 8 pour le second, 12 pour le troisième et ainsi de suite en augmentant de 4 mètres à chaque caillou. On obtiendra ainsi pour les 100 cailloux 20,200 mètres ou un peu plus de 5 lieues, bien que ces 100 cailloux ne soient répandus que sur un espace de 200 mètres. On a vu au Luxembourg, à Paris, une personne parier ainsi qu'elle irait à pied de ce palais au château de Meudon toucher la grille d'entrée et reviendrait au Luxembourg avant qu'une autre eût ramassé cent pierres espacées comme ci-dessus et dans les mêmes conditions. La dernière qui n'avait aucune connaissance mathématique, ne pouvant se persuader qu'une pareille entreprise exigeât tant de chemin, gagea une forte somme et la perdit, car la première fut de retour lorsqu'elle était à peine à la 85^e pierre.

⁂ Un maquignon vend un très-beau cheval : je ne le vends pas, dit-il, je le donne; l'on ne me payera que le 24ᵉ clou qui a servi à le ferrer; seulement on supposera que le premier clou vaut 5 centimes, le second 10 et ainsi de suite en doublant jusqu'au 24ᵉ. De quel prix serait le cheval? — Si le cheval ne coûte rien, le clou vaut 419,430 fr. 40 c.

⁂ Si on suppose qu'un grain de blé produise 50 grains dans la première année; que l'on sème ces 50 grains et qu'ils en donnent encore chacun 50 et ainsi de suite pendant 12 ans, le nombre des grains produits par le premier sera comparable à celui qu'en demandait l'inventeur du jeu d'échecs. A la douzième année, seulement, on en récolterait 4,882,812,500,000,000,000.

⁂ On pourrait aussi se proposer de trouver quel devait être le nombre des hommes deux cents ans après Adam en supposant qu'ils eussent tous vécu et que cette famille fût augmentée seulement de 4 personnes pendant la 1ʳᵉ dizaine d'années, de huit la seconde dizaine, de seize la troisième dizaine et ainsi de suite. Cette somme serait 2,097,152. Si l'espèce humaine avait cru dans ces proportions depuis Noé, la terre ne serait pas assez vaste pour la supporter. Mais la mort fait des éclaircies fréquentes dans les rangs pressés des populations, soit qu'elle prenne ses victimes après qu'elles ont parcouru une longue carrière, soit que celles-ci la préviennent en s'exposant aux dangers que leur présentent leurs luttes fratricides ou aux maladies que leur cause la satisfaction de leurs mauvaises passions.

⁂ En supposant que la famille de Jacob après son installation en Égypte ait triplé en 20 ans, ce qui est très-possible, et qu'elle se soit toujours augmentée dans la même proportion, on trouvera que le nombre des Juifs qui durent suivre Moïse pour aller dans la Terre promise était non plus 70 comme à l'origine, mais 1,177,810. Ce fait rend très-vraisemblable le nombre des hommes en état de porter les armes mentionné par la Bible.

*** On ajoute peu de foi dans l'histoire à la tradition ; et pourtant, si les hommes étaient sincères, ce serait bien le plus sûr moyen de connaître la vérité. Supposons qu'Adam qui vécut, comme on sait, 930 ans, eût confié à un de ses descendants, alors âgé de 20 ans, la mission de perpétuer dans les siècles futurs l'histoire des premiers âges du monde en transmettant cette histoire à ses enfants et ceux-ci aux leurs. Il suffirait que 80 personnes se soient acquittées de ce devoir les unes après les autres, que si elles ont vécu 85 ans, par exemple, elles aient transmis fidèlement à l'âge de 80 ans à leurs fils le récit qui leur avait été fait par leur père 60 ans plus tôt, pour que nous puissions entendre ce même récit de la bouche du 81[e] descendant d'Adam. C'est ainsi que 80 générations complètes de 60 ans chacune nous séparent seulement du premier homme; mais une histoire qui passe par la bouche de 80 personnes ressemble bientôt à une fable et la vérité n'y laisse que des traces incertaines, que le mensonge tend sans cesse à faire disparaître. Les écrits sont les monuments les plus durables et les plus immuables; mais combien d'erreurs ne propagent-ils pas encore parmi nous !

*** Qui croirait que le revenu du Grand-Turc ne suffirait pas à nourrir pendant douze ans la race d'une truie qui aurait eu d'une portée 6 petits cochons, dont deux mâles et quatre femelles, en supposant que ces femelles aient chacune la première année un pareil nombre de petits Ce n'est pas comme le diront les mauvaises langues parce que le Grand-Turc n'a plus ou n'a que peu de revenus, mais à cause du nombre des cochons; car, s'il n'en meurt pas, on en aura au bout de 12 ans 33,554,230. Si chaque animal coûte par an 5 francs de nourriture, ce qui ne serait pas suffisant pour l'engraisser, il faudra dépenser pour eux dans cette dernière année 167,763,150 fr. Mais le Grand-Turc, en qualité de musulman, ne mange pas de porc ; il ne se donne donc pas la fantaisie d'en élever, et nous voyons que c'est fort heureux pour ses sujets, pour ses élèves, et pour lui-même.

⁂ On s'est souvent demandé si le principe de l'intérêt proportionnel au prêt et au temps était bien juste, et s'il était logique, par exemple, de créer des rentes à fonds perdus. Qu'on me prête 1,000 francs et qu'au bout d'un certain temps je rende cette somme avec une prime qui récompense le prêteur, cela peut paraître équitable ; mais conçoit-on que si je verse une fois pour toutes une somme de 1,000 francs par exemple, je doive recevoir tous les ans, moi ou à mon défaut mes héritiers et mes descendants, une rente perpétuelle ne serait-elle que de 2 0/0, soit, dans le cas présent, 20 francs? Dans 100 ans, la caisse qui aura reçu mon dépôt aura versé pour ce seul fait, 2,000 fr. ou le double de ce que j'aurai remis et non-seulement elle ne sera pas libérée, mais elle devra encore verser *éternellement* une égale somme à mes descendants. Si l'on me prêtait 5,000 fr., et que, au lieu de verser annuellement la rente à 5 0/0 de cette somme, soit 250 francs, je ne pusse remettre que 125 francs de rente au prêteur, non-seulement je n'éteindrais pas ma dette, mais elle s'accroîtrait de telle sorte que quand j'aurais versé 10,000 francs ou le double de ce que j'aurais reçu, je devrais non plus 5,000 fr. mais ce double lui-même, et ainsi de suite, plus je verserais, plus je devrais.

Sans doute, la caisse d'épargne est une magnifique institution, elle encourage le travail et l'économie, et rend des services incontestables aux classes laborieuses ; mais voyons, si dans tous les cas, elle pourrait tenir ses engagements.

Thomas Parr, cet anglais qui, après avoir vécu 152 ans mourut en 1634 d'une indigestion qui suivit un repas à la table royale, n'était ni riche, ni économe ; mais s'il avait placé tous les ans à partir de sa 25e année au taux de 6 0/0, une somme de 10 livres sterling (250 francs), ses héritiers auraient reçu à sa mort 28,900 liv. st. (722,500 fr.). Une compagnie d'assurances sur la vie leur aurait certainement dû la plus grande partie de son capital social.

C'est ainsi qu'un denier, placé à intérêt composé à la naissance de Jésus-Christ, aurait produit, à la fin du XVIIIe siècle, une somme suffisante pour acheter toutes les richesses de la terre.

Si Charlemagne, averti par un astrologue de son temps, que la lecture de cet ouvrage pourrait être de quelque agrément pour les arrière-petits-fils des arrière-petits-neveux de ses sujets, avait voulu encourager les sciences et les lettres longtemps après sa mort, comme il le fit de son vivant et m'avait légué la modique somme de 1 fr., il m'aurait certes fait un joli cadeau. 1 fr. placé à 5 0/0 en 814, vaudrait maintenant, à intérêts composés, 20, 574, 000, 000, 000, 000, 000, 000 francs. Les coffres-forts de tous les Etats civilisés, et nous ne croyons pas qu'on en ait dans les autres, pourraient se vider de leurs trésors, les princes de la finance, les Rotschild et les Pereire, la Banque de France verseraient sur ce monceau de richesses les trésors qu'ils possèdent, vous tous qui me lisez, vous y ajouteriez vos bijoux et vos écus que j'aurais à peine la billionième partie de la somme qui me reviendrait. Tout le monde serait pauvre, moi seul je serais riche. Serait-ce juste? Si je disais oui, vous diriez non. Mais laissons ces rêves d'or pour revenir à nos simples chiffres.

⁂ Les sept notes de la gamme peuvent s'écrire à la suite les unes des autres de 5,040 manières différentes. En les combinant 1 à 1, 2 à 2, 3 à 3, 7 à 7, on peut former 960799 groupes différents. Si ces groupes représentent des mesures et qu'on les combine encore ensemble pour former des airs, on en trouvera un nombre tellement grand que nous devons refuser à le calculer et à l'écrire. Le résultat contiendrait des chiffres par centaines et il démontre que l'on pourra toujours inventer de nouveaux morceaux de musique sans que jamais on soit forcé de répéter des airs déjà composés ; *toujours* et *jamais* étant pris ici dans un sens tout humain. Que serait-ce si nous devions encore tenir compte des différences que nous pourrions établir entre les divers groupes de notes déjà formés au moyen des diverses mesures, des clés, des croches, des double-croches des octaves, et des autres modes ou figures du langage musical !

Avec les vingt-quatre lettres de l'alphabet, combinées une à une, deux à deux, etc., en laissant de côté les groupes formés par répétition de la même lettre qui ne formeraient pas de mots, mais en ne prenant pas non plus deux fois la même lettre, ce qui se présente pourtant très-souvent sous notre plume et ce qui diminue considérablement le nombre des combinaisons utiles, on pourrait former : 620, 448, 401, 733, 239, 439, 360, 000 combinaisons.

Tous les hommes de la terre réunis ne parviendraient pas en *dix millions de siècles*, à écrire toutes ces combinaisons, en évaluant le travail par homme à 40 pages par jour contenant chacune 40 mots. Que serait-ce si nous avions introduit plusieurs fois la même lettre dans la même combinaison et si nous cherchions à donner à tous ces mots des positions respectives pour former des phrases, puis des discours ?

Les lettres et les arts ne doivent pas périr, comme on le voit, par l'absence des matériaux, mais plutôt par l'insuffisance des hommes ; et dans le cercle étroit de notre existence, dans la sphère de notre monde si grand pour nous, mais si petit en présence de l'infini, nous pouvons dire : *tout ne sera jamais dit, tout ne sera jamais écrit.*

CHAPITRES VIII et IX

L'ART DE DEVINER EN CALCULANT.

SOMMAIRE. — **Le nombre pensé. — Qui a la bague? — La carte pensée. — — Quelques tours de cartes et de dominos. — Arrangement magique de seize cartes. — Le piquet sans cartes. — Le cavalier aux échecs, etc.**

Le talent des sorciers a toujours paru d'autant plus grand que l'ignorance était plus profonde autour d'eux ; il comporte, en effet, plus de dextérité que de science et plus de fourberie encore que de dextérité. Quant à leur pouvoir surnaturel, nous ne ferons pas à nos lecteurs l'injure de penser qu'ils y ont jamais cru. Leurs ruses revêtent tant de formes que dans nos courts entretiens, il ne nous sera pas possible de les dévoiler complétement ; nous nous attacherons de préférence à expliquer ceux de leurs tours dont le mécanisme repose sur des principes de calcul, de physique, de chimie ou de mécanique. On peut, en effet, trouver dans ces exercices d'agréables récréations et l'on pourra bien des fois se convaincre que les résultats les plus singuliers, les plus extraordinaires en apparence, sont obtenus la plupart du temps par des procédés d'une simplicité parfois naïve que l'on s'étonne ensuite de ne pas avoir découverts tout d'abord.

Ce chapitre sera uniquement consacré aux jeux de calculs ; les tours de physique, de mécanique, etc., devant trouver leur place dans une autre partie de cet ouvrage.

I. — Deviner le nombre pensé.

Première méthode. — Dites successivement :

1° Pensez un nombre,	*Exemple* :	7
2° Multipliez-le par 3,	—	21

3° Ajoutez-y 1, *Exemple :* 22
4° Multipliez le résultat par 3, — 66
5° Ajoutez le nombre pensé, — 73

Demandez le résultat ; vous pouvez dire d'avance qu'il se termine par 3. L'autre nombre à gauche sera le nombre pensé.

Si nous passons en revue la série des opérations exécutées, nous verrons que l'opérateur a obtenu successivement, 1° le nombre pensé ; 2° 3 fois ce nombre, 3° 3 fois ce nombre plus 1 ; 4° 9 fois ce nombre plus 2 ; 5° 10 fois ce nombre, plus 3. Ce résultat final se compose donc d'un nombre de dizaines égal au nombre pensé suivi de 3 unités. Il suffit d'ôter celles-ci pour avoir la réponse.

Deuxième méthode. — Dites successivement :

1° Pensez un nombre, *Exemple :* 6
2° Doublez-le, — 12
3° Ajoutez 4, — 16
4° Multipliez par 5, — 80
5° Ajoutez 12, — 92
6° Multipliez par 20, — 920

Demandez le résultat ; ôtez-en mentalement 320 ; le reste, dont vous supprimerez les 2 zéros à droite, représentera le nombre pensé. Dans l'exemple choisi, 920 — 320 = 600 ; le nombre pensé est donc 6.

En effet, l'opérateur a successivement obtenu : 1° le nombre pensé ; 2° deux fois ce nombre ; 3° deux fois ce nombre plus 4 ; 4° 10 fois ce nombre plus 20 ; 5° 10 fois ce nombre, plus 32 ; 6° 100 fois ce nombre plus 320. En ôtant 320, il reste donc le nombre pensé suivi de deux zéros.

Nous laisserons au lecteur le soin de trouver l'explication non moins simple des méthodes suivantes que l'on peut également suivre.

Troisième méthode.

1° Pensez un nombre	*Exemple :*	10
2° Faites son carré (10 × 10),	—	100
3° Diminuez de 1 le nombre pensé,	—	9
4° Faites le carré de ce dernier,	—	81
5° Prenez la différence des 2 carrés	— (100 — 81)	19

Demandez le résultat ; ajoutez-y 1 et prenez la moitié, vous aurez le nombre pensé. Dans ce cas, en effet, la moitié de 19 + 1 est bien 10, nombre pensé.

Quatrième méthode.

1° Pensez un nombre,	*Exemple :*	8
2° Ajoutez-y 1,	—	9
3° Multipliez par 3,	—	27
4° Ajoutez encore 1,	—	28
5° Ajoutez le nombre pensé,	—	36

Demandez le résultat ; ôtez-en 4 et prenez le quart du reste, vous aurez le nombre pensé. Le quart de 36 — 4 est bien 8.

Cinquième méthode.

1° Pensez un nombre,	*Exemple :*	7
2° Doublez-le,	—	14
3° Ajoutez-y 6 (ou tout autre nombre pair)	—	20
4° Prenez la moitié du résultat,	—	10

Demandez le résultat ; ôtez la moitié du nombre pair que vous avez fait ajouter, le reste sera le nombre pensé. Ici, de 10 on ôtera 3, moitié de 6 et le reste, 7, sera bien le résultat cherché.

Nous pourrions multiplier ces exemples ; mais les précédents suffisent pour faire comprendre le mécanisme de ce jeu. Par de semblables combinaisons, on parvient même à deviner plusieurs nombres pensés à la fois par la même personne ; mais comme les explications dans lesquelles nous serions obligé d'entrer pour résoudre ces nouveaux problèmes pourraient paraître fastidieuses, nous nous contenterons d'en présenter une application curieuse dans le paragraphe qui suit.

Qui a la bague ?

Vous pourrez répondre à cette question s'il n'y a pas plus de 9 personnes dans la société qui vous l'adresse. De plus, vous devez désigner, avec les indications que nous allons donner, non-seulement le porteur de la bague, mais la main, le doigt et même la phalange de ce doigt auxquels la bague est passée. Vous disposez pour cela les personnes autour d'une table en les désignant à haute voix par les nombres 1 2 3 4 etc., suivant le rang qu'elles occupent. Puis vous convenez d'appeler le pouce, le 1er doigt, l'index étant le 2^{e}, etc. La phalange de l'extrémité des doigts sera la 1re ; enfin, la main droite sera désignée par le numéro 1 et la gauche par le nombre 2.

Ces préliminaires établis, vous laissez une personne du cercle placer la bague comme elle voudra, à la vue de ses voisins, mais sans que vous assistiez à cette opération, ni que vous ayez besoin d'y rien voir. Supposons que ce soit la 4^{e} personne qui la place à sa main droite (n° 1) au 3^{e} doigt et à la 2^{e} phalange. Si vous arrivez à former le nombre 4,132 dont les chiffres représentent successivement le rang de la personne, de la main, du doigt, de la phalange, le problème sera résolu.

Voici comment vous y parviendrez. De la place où vous vous trouvez à l'écart, dictez à une personne du cercle les indications suivantes :

1° Doublez le nombre correspondant à la personne qui a la bague. — Dans l'exemple que nous avons choisi, on aura,	8
2° Ajoutez 5,	13
3° Multipliez par 5,	65
4° Ajoutez 10,	75

5° Ajoutez le nombre désignant la main (ici, 1) 76
6° Multipliez par 10, 760
7° Ajoutez le nombre qui désigne le doigt (dans ce cas, 3), 763
8° Multipliez par 10, 7,630
9° Ajoutez le nombre qui désigne la phalange (dans ce cas, 2), 7,632
1° Ajoutez 35, 7,667

Le devin n'a plus qu'à demander le résultat (7,667) et à retrancher, dans tous les cas, 3,535 ; le reste lui donnera les chiffres cherchés. Dans le cas présent, il reste 7,667 — 3,535 = 4,132 ; ce nombre indique que la 4e personne a mis la bague à sa main 1 (la droite), au 3e doigt (du milieu) et à la 2e phalange.

On trouverait sans peine beaucoup d'autres manières d'arriver au même résultat.

II. — Deviner la carte pensée.

Nous admettons, pour la solution des questions de cette espèce que l'opérateur n'a à sa disposition ni *cartes larges* ni cartes *biseautées*, qu'il n'emploie pas de *compères* et qu'il n'a recours ni aux *faux mélanges*, ni aux ruses dont se servent ordinairement les prestidigitateurs, telles que faire *sauter la coupe, glisser* ou *filer* la carte, donner la *carte forcée*, etc. Outre que l'espace nous manquerait pour exposer tous les *tours* que l'on peut exécuter par ces moyens, nous n'oublierons pas que notre but est surtout de donner à nos lecteurs des *récréations scientifiques*.

*

Sur 20 cartes rangées sur une table, et groupées 2 par 2, deviner le groupe qu'une personne aura pensé.

Disposez à découvert et, comme le dit cet énoncé, par

10 groupes de deux, vingt cartes quelconques ; puis invitez une personne à retenir sans les nommer deux de ces cartes qui sont ensemble. Vous relevez ensuite les 10 paquets dans un ordre quelconque en ayant bien soin de ne pas séparer les cartes d'un même groupe.

Rappelez-vous alors et figurez-vous comme écrits sur la able les mots suivants :

M U T U S
D E D I T
N O M E N
C O C I S

Leur signification ne fait rien à l'affaire ; pour ceux qui seraient pourtant curieux de la connaître nous traduirons la phrase latine qu'ils forment par : *le muet donna un nom aux Coces* (nom d'un peuple à découvrir).

Prenant alors sur votre paquet les cartes une à une, vous placez la première sur la lettre imaginaire M du premier mot, puis la seconde sur la même lettre M du troisième mot ; la 3e et la 4e sur les 2 U du premier mot ; la 5e et la 6e sur les 2 T qui se trouvent l'un au 1er mot, l'autre au 2e et ainsi de suite en ayant soin de toujours mettre deux cartes successives à la place de deux lettres pareilles.

Vous vous faites ensuite désigner les lignes dans lesquelles se trouvent les deux cartes pensées et il ne vous sera pas difficile de les reconnaître en vous rappelant que toutes deux correspondent à une même lettre. Si l'on dit par exemple que l'une des cartes est dans la première ligne et l'autre dans la seconde, elles ne pourront être autre part qu'à la place des deux T.

*

Sur 30 cartes rangées sur une table, deviner les 2 qu'une personne aura pensées.

On opère, pour cela, comme il vient d'être dit dans le problème précédent ; seulement comme il y a 10 cartes de plus, il faut créer dix places nouvelles sur lesquelles on distribuera les cartes supplémentaires suivant la même méthode. Dans le tableau suivant, que l'on doit savoir par cœur, ces dix places sont marquées par 10 chiffres égaux deux à deux.

5	M	U	T	U	S
4	D	E	D	I	T
3	N	O	M	E	N
2	C	O	C	I	S
1	1	2	3	4	5

Il n'est pas plus difficile de deviner avec ce procédé les groupes pensés par plusieurs personnes ; l'emploi des trente cartes, en augmentant le nombre des combinaisons rend le jeu plus intéressant.

*

Deviner les cinq cartes dont cinq personnes ont retenu la valeur parmi cinq paquets différents.

Prenez vingt-cinq cartes d'un jeu ordinaire ; montrez d'abord cinq de ces cartes à une personne en la priant d'en retenir une, puis remettez-les en paquet sur la table ; montrez-en cinq autres à une seconde personne en la priant aussi d'en retenir une ; puis mettez les cinq cartes sur les cinq premières, agissez ainsi pour les cinq personnes. Prenant ensuite le paquet entier, vous retournez successivement chaque carte et vous la placez à découvert sur la table : les cinq premières à côté l'une de l'autre, puis la sixième sur la première, la septième sur la seconde et ainsi de suite de manière à reformer cinq paquets de cinq cartes chacun. Vous demandez alors aux cinq personnes, l'une après l'autre, dans quel paquet se trouve la carte qu'elle a pensée ; comme les cinq premières cartes sont devenues les premières de chaque paquet, il est certain que la carte pensée par la première personne sera la première du paquet qu'elle désignera. De même, la carte pensée par la deuxième personne sera la deuxième du paquet qu'elle montrera et ainsi de suite. L'opérateur peut même se dispenser de voir les cartes et les placer sur la face après les avoir montrées aux personnes présentes qui pourront encore lui désigner les paquets où elles ont vu placer celles qu'elles avaient pensées. Son adresse n'en paraîtra que plus grande si, en suivant les indications que nous avons données, il tire sans regarder la carte qui convient à chacun.

*

Deviner sur **27** *cartes celle qu'une personne aura pensée.*

Rangez ces 27 cartes par 3 tas de 9 en plaçant successivement une carte sur chaque tas. Pendant que vous aurez fait cette opération, la personne qui vous regardera aura dû penser l'une des 27 cartes ; elle vous désignera dans quel paquet elle se trouve. Vous réunissez alors les trois paquets en un seul en ayant soin de mettre au milieu celui qui vous aura été désigné ; puis vous recommencez à faire trois tas de vos cartes de la même manière que précédemment et vous vous faites encore désigner celui qui contient la carte pensée. Vous le mettez au milieu des deux autres et vous replacez une troisième fois les cartes sur la table par 3 paquets de 9. Vous serez sûr que la carte que vous cherchez sera, cette fois, la cinquième du paquet que l'on vous désignera comme la contenant. Vous pourrez donc la tirer immédiatement, ou, si vous refaites le paquet entier, vous la trouverez la quatorzième du jeu.

Ce tour peut-être fait avec 15 cartes que l'on divise en 3 paquets de 5 ; après la troisième opération, la carte pensée se trouvera la troisième du paquet désigné ou la huitième du jeu entier. Avec 21 cartes que l'on partagerait en 3 paquets de 7 cartes chacun, la carte pensée serait la 4e du paquet désigné en troisième lieu ou la 11e dans les trois paquets réunis.

III. — Quelques jeux de cartes et de dominos.

Trois personnes ayant pris chacune une carte parmi trois posées sur une table, deviner celle que chacune des personnes possède.

Les trois cartes mises sur le tapis seront, je suppose, un roi, un valet, un sept. Vous donnez à une des personnes 12 jetons, à la seconde 24 et à la troisième 36. Puis vous vous éloignez et vous laissez les trois personnes se distribuer les trois cartes à leur guise. Lorsque vous êtes averti que chacune à fait son choix, vous dites : que la personne qui a pris le sept mette sur la table le quart des jetons que je lui ai donnés. Que celle qui a pris le valet mette aussi sur la table le tiers des jetons qu'elle possède ; que la personne qui a le roi mette également sur la table comme les autres la moitié de ses jetons.

Cela fait, vous revenez près de la table et vous comptez les jetons qui s'y trouvent. Le total de ces jetons ne peut être autre que 23, 24, 25, 27, 28 ou 29, jamais 26.

S'il est 23, la première personne, (celle qui n'avait que 12 jetons) a pris le roi, la seconde le valet, la troisième le sept. — S'il est 24, la première personne à le roi, la seconde le sept et la troisième le valet. — S'il est 25, la première personne a le valet, la seconde le roi, la troisième le sept. — Si c'est 27, la première a le sept, la seconde le roi, la troisième le valet. — Si c'est 28, la première a le valet, la seconde le sept, la troisième le roi. — Si le total est enfin 29, la première personne a le sept, la seconde le valet, la troisième le roi.

On peut remplacer, sans accroître les difficultés du problème, les cartes par des objets tels que : une bague, une clé, un gant que l'on classe dans son esprit par ordre alphabétique, de même que nous classions tout à l'heure les cartes suivant leur valeur. Ce procédé n'est pas indispensable pour le succès, mais il le facilite. De plus, si l'on trouve que la relation entre le nombre des jetons et le classement des objets est trop difficile à retenir, on pourra écrire à l'avance le tableau suivant, dans lequel les voyelles A, E, I, correspondent aux trois cartes ou aux trois objets.

Si le nombre est	La 1re pers. a	la 2e pers. a	la 3e pers. a
23	A	E	I
24	A	I	E
25	E	A	I
27	I	A	E
28	E	I	A
29	I	E	A

On peut d'ailleurs se passer de ce tableau en remarquant que si l'on trouve les deux premières lettres de chaque combinaison et dans l'ordre ou elles sont écrites, on trouvera sans peine la troisième lettre et par suite la combinaison se rapportant à l'un des 6 nombres. Or, ces deux premières voyelles se trouvent dans l'ordre voulu dans la phrase suivante :

L'us*a*g*e*	*a* d*i*t :	l'*e*nf*a*nt	qui	br*i*ll*a*	p*é*r*i*t	v*i*t*e*.
a e	a i	e a	—	i a	e i	i e
23	24	25	26	27	28	29.

Avez-vous trouvé 25 jetons sur la table? Si vous vous rappelez la phrase précédente, vous saurez que 25 correspond à *enfant* ou aux voyelles *e a* : la première personne aura donc l'objet représenté par *e*, la seconde celui que vous désignez par *a* et la troisième celui qui correspond à *i*.

Autre solution.

Désignez encore les personnes, dans votre pensée, par les rangs de 1re, 2e, 3e, et les trois objets par les voyelles A E I. Mettez 24 jetons sur la table et donnez-en 1 à la première personne, 2 à la seconde et 3 à la troisième, en laissant les 18 restants sur la table.

Retirez-vous et laissez les personnes se distribuer les trois objets; puis dites à celle qui a l'objet que vous avez représenté par A de doubler le nombre de ses jetons; à celle qui a pris E de tripler le nombre des siens et à celle qui a de le quintupler. Revenez ensuite et voyez ce qui reste: Il ne peut y avoir que 1, 2, 3, 5, 6 ou 7 jetons; jamais 4 rarement 7. Maintenant vous connaîtrez les combinaisons qui correspondent à chacun de ces nombres par la phrase:

G*a*rd*e*	c*e*l*a*,	*a*m*i*;	ton	d*e*v*i*n	d*i*r*a*	b*ie*n.
a e	e a	a i	—	e i	i a	i e
1	2	3	4	5	6	7

S'il reste, par exemple 5 jetons, le cinquième mot étant *devin*, vous aurez les voyelles *e i* qui signifient que la première personne a l'objet E, la seconde I et la troisième A.

Arrangement magique de seize cartes

Ranger les quatre rois, les quatre dames, les quatre valets et les quatre dix d'un jeu de carte, en un carré tel que chaque ligne, chaque colonne et chaque diagonale contienne roi, dame, valet et dix, d'espèces différentes.

Solution. — Il faudra les ranger comme dans ce tableau :

Dix de pique.	Valet de trèfle.	Dame de carreau.	Roi de cœur.
Roi de carreau.	Dame de cœur.	Valet de pique.	Dix de trèfle.
Valet de cœur.	Dix de carreau.	Roi de trèfle.	Dame de pique.
Dame de trèfle.	Roi de pique.	Dix de cœur.	Valet de carreau.

*

Connaître le nombre des points de trois cartes tirées d'un jeu sans les regarder.

Nous supposerons que l'as vaut onze, chaque figure dix et les autres cartes le nombre de leurs points.

Qu'on tire trois cartes d'un jeu, qu'on les place à côté l'une de l'autre et qu'on remette par-dessus chacune autant de cartes tirées du jeu entier qu'il manque de points à cette carte pour faire 15. Le nombre des cartes restantes plus 16 donnera toujours le nombre total des points des trois premières cartes tirées du jeu.

Supposons que les trois cartes tirées soient par exemple, un as, un roi, un huit ; l'as valant onze on ajoutera quatre cartes au-dessus, le roi valant dix on lui ajoutera cinq cartes nouvelles, enfin sur le huit on mettra sept cartes. La personne qui voudra trouver la somme des points des trois cartes tirées n'aura pas eu besoin d'assister à ce classement ; mais quand elle aura examiné le paquet resté au *talon*, elle verra qu'il y aura encore 13 cartes et, en ajoutant 16 à ce nombre on aura 29 pour le nombre des points de l'as, du roi et du huit, ce qui est exact.

*

Faire trouver ensemble les cartes semblables d'un jeu.

Pour cela, on range les cartes dans l'ordre naturel : as, roi, dame, valet, dix, neuf, huit sept ; as, roi... etc. On peut ensuite faire couper le jeu autant de fois que l'on voudra ; en faisant huit paquets de 4 cartes chacun en posant une de celles-ci successivement à chaque paquet, toutes les cartes semblables se trouveront ensemble.

*

Un jeu de dominos étant rangé en ligne, deviner combien on en a déplacés d'une extrémité pour les reporter à l'autre.

Avant d'exécuter ce jeu, l'opérateur rangera treize dominos, les uns à côté des autres, de telle sorte que leurs points soient successivement :

12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0,

On comprend que, de cette manière le double-six doit être le premier à gauche et le double-blanc à droite ; mais les nombres intermédiaires peuvent être formés de plusieurs manières ; ainsi 7 sera fourni par, 6 + 1 5 + 2, 4 + 3 ; on prendra indifféremment l'un de ces dés, mais un seul. On retournera ensuite sur la face les 13 dominos choisis et l'on placera à la suite, face en-dessous, mais dans un ordre quelconque, les 15 dominos qui restent. Une personne peut alors faire passer un certain nombre de dominos de la droite à la gauche, et ce nombre sera indiqué toujours par le 13e domino à partir de gauche. Qu'on ait transporté par exemple, 4 dominos à gauche de la série que nous avons écrite plus haut : en comptant jusqu'à 13 à partir du 1er des dominos transposés, on tombera certainement sur celui de la série qui porte 4 points.

Il y a plus ; on peut continuer le déplacement des dés qui sont à droite pour les reporter à gauche et l'on retrouvera aisément le nombre de ces dés. Il suffira de compter, à partir de la droite, 13 augmenté du nombre des dés précédemment déplacés. Ainsi si l'on avait trouvé que quatre dominos avaient été primitivement transposés, le 17e donnera le nombre de ceux qui, cette fois, ont été déplacés. On pourra continuer ainsi jusqu'à ce que le nombre à compter dépasse 28, auquel cas on ôterait ce nombre 28 et on compterait avec le reste.

*

Dire le nombre de cartes, de jetons ou de dominos qu'une personne a devant elle sans regarder le jeu.

L'opérateur se tenant éloigné dit à une personne de prendre et de placer devant elle un certain nombre de dominos; puis elle lui dit d'en placer en-dessous un second rang en contenant 3 de plus. Il dit ensuite de retirer du premier rang un certain nombre de dominos qu'il fixe; puis d'ôter du second rang autant de dominos qu'il en reste au premier.

L'opérateur peut dire à coup sur qu'il reste devant la personne autant de dés plus 3 qu'il a dit d'en ôter au premier rang.

Exemple : La personne met 8 dés devant elle; et par suite, d'après votre indication, onze en-dessous. Dites d'en enlever 6 en haut (ou tout autre nombre); il en restera 2. Dites alors d'en ôter en bas autant qu'il en reste en haut; puis faites enlever ce qui reste en haut. Il y aura devant la personne 6 + 3 ou 9 dés.

Ce jeu est des plus simples; on peut aussi le faire avec des chiffres de la façon suivante.

Dites successivement :

1° Écrivez un certain nombre de 5 *Exemple :* 5555555
2° Placez dessous *quatre* 7 de plus — 77777777777
3° Rayez en haut *deux* 5
4° Effacez en bas autant de 7 qu'il reste de 5 en haut. On aura : ~~55~~55555 / ~~77777~~777777
5° Effacez en haut les 5 qui restent; il y a en bas 777777 (c'est-à-dire autant de 7 qu'on a dit d'effacer de 5 en haut plus *quatre*.)

*

Moyen de deviner rapidement la carte qui manque dans un jeu mêlé.

On fait valoir les rois 4, les dames 3, les valets 2 et les as 1, et l'on additionne les valeurs des cartes en rejetant les dizaines toutes les fois qu'il s'en présente, ou qu'on en obtient une. A la somme des deux dernières, on ajoute 4 et l'on retranche le résultat de la dizaine qui lui est supérieure; le reste donne la valeur de la carte qui manque. Une seconde inspection du jeu indique qu'elle est cette carte.

IV. — De quelques autres jeux de calcul.

Dire les points de deux dés sans les voir.

Quelqu'un ayant jeté deux dés sur une table, vous trouverez la valeur de chacun de ces dés de la manière suivante. Faites doubler l'un des points; dites d'ajouter 5, puis de multiplier le résultat par 5; enfin, faites ajouter au résultat le nombre du second dé et demandez le nombre obtenu. En en retranchant 25, vous aurez un reste de deux chiffres; chacun de ces chiffres sera le point d'un dé.

Soient 3 et 5 les points des deux dés. En ajoutant 5 au double de 3, on a onze qui, multiplié par 5, produit 55. 55 plus 5 donne 60 qui, diminué de 25, devient 35 composé des deux chiffres cherchés 3 et 5.

Cette méthode peut servir à trouver deux chiffres pensés.

*

Le piquet sans cartes.

Deux personnes peuvent se proposer de former le nombre 100 en ajoutant au nombre que l'une d'elle aura énoncé un autre nombre que la seconde choisira, plus un 3e choisi par la 1re et ainsi de suite. Seulement on conviendra que tous ces nombres successifs devront être plus petits que 11.

Or, il y a un moyen infaillible de gagner à ce jeu; en supposant, bien entendu, que l'une des personnes connaisse seule le moyen : c'est de choisir les nombres à ajouter de telle sorte qu'ils forment avec la somme déjà obtenue les nombres successifs 12, 23, 34, 45, 56, 67, 78, 89.

Si c'est à la personne qui connaît ce jeu de parler la première, elle dira 1. Quelque nombre que dise ensuite la seconde personne, comme elle ne peut pas ajouter 11, et que d'ailleurs elle n'est pas au courant du procédé que nous indiquons, elle ne dira pas assez pour faire 12. La première personne pourra alors ajouter à la première somme ce qui manque pour atteindre 12, et ainsi successivement tous les nombres que nous avons indiqués.

Si c'est à l'autre personne à parler la première, elle ne choisira pas probablement 1; alors il ne sera pas difficile à l'autre de faire 12 et de continuer comme nous l'avons dit. Mais si elle choisit 1, parce qu'elle l'a vu faire avec succès, il faudra faire en sorte, dans le courant du jeu, de rattraper la série indiquée.

*

Un singulier coup aux dominos.

Il peut arriver que, si quatre personnes jouent ensemble, l'une d'elle fasse domino, tandis que son partenaire et l'un de ses adversaire ne placeront pas un seul dé. Ainsi, Pierre a en mains le double cinq, as et blanc, six et cinq, deux et cinq, blanc et cinq, as et blanc, trois et blanc, quatre et blanc, Jacques, quatrième joueur, placé à la gauche de Pierre, a six et blanc, deux et blanc, double blanc, cinq et quatre, cinq et trois, cinq et as, trois et deux. Paul et Jean, assis entre Pierre et Jacques, ont les autres dés.

Pierre pose le double cinq ; Jacques seul peut jouer. La partie continue, et Pierre fait domino alors que Jacques reste avec le deux et trois et que Paul et Jean n'ont pas pu poser un seul dé.

*

Faire parcourir au cavalier toutes les cases d'un jeu d'échec.

Le célèbre mathématicien anglais Moivre et M. de Mairan, Directeur de l'académie des sciences en 1728, n'ont pas dédaigné de s'occuper de cette question. Nous donnons ici leurs solutions :

De Moivre.

34	49	22	11	36	39	24	1
21	10	35	50	23	12	37	40
48	33	62	57	38	25	2	13
9	20	51	54	63	60	41	26
32	47	58	61	56	53	14	3
19	8	55	52	59	64	27	42
46	31	6	17	44	29	4	15
7	18	45	30	5	16	43	28

De Mairan.

40	9	26	53	42	7	64	29
25	52	41	8	27	30	43	6
10	39	24	57	54	63	28	31
23	56	51	60	1	44	5	62
50	11	38	55	58	61	32	45
37	22	59	48	19	2	15	4
12	49	20	35	14	17	46	33
21	36	13	18	47	34	3	16

Il est facile de voir que, en faisant sauter le cavalier successivement dans les cases suivant l'ordre des nombres qui y sont inscrits, on les parcourra toutes sans passer deux fois sur la même.

*

Trouver le prénom d'une personne.

Vous avez à l'avance dix cartons sur chacun desquels se trouvent écrits dix prénoms des plus usités; cela fait en tout cent noms; et comme on ne s'appelle jamais Ignace, ni Ildefonse, ni Pantaléon, ni etc., tous les noms de baptême qui pourront convenir à la personne interrogée ou tous les noms usités de l'almanach se trouveront sur les dix cartons.

Geneviève.	Julien.	César.	Simon.	Stanislas.
Pierre.	Charles.	Henri.	Jules.	Ferdinand.
Paul.	François.	Casimir.	Gontran.	Pascal.
Théodore.	Marcel.	Blanche.	Barthélemy.	Bernard.
Maurice.	Georges.	Rose.	Richard.	Didier.
Antoine.	Agathe.	Euphrasie.	Isidore.	Félix.
Sébastien.	Jean.	Alexandre.	Ambroise.	Boniface.
Agnès.	Valentin.	Joachim.	Léon.	Claude.
Vincent.	Isabelle.	Victor.	Anselme.	Olympe.
Germain.	Robert.	Amélie.	Narcisse.	Désiré.

Marie.	Eustache.	Justin.	Grégoire.	René.
André.	Alexis.	Laurent.	Raphaël.	Bertrand.
Prosper.	Marguerite.	Suzanne.	Mathieu.	Élisabeth.
Baptiste.	Madeleine.	Claire,	Michel.	Cécile.
Éleonore.	Jacques.	Hippolyte.	Jérôme.	Clémenl.
Thierry.	Anne.	Hélène.	Thérèse.	Catherine
Zoé.	Marthe.	Louis.	Ursule.	Nicolas.
Félicité.	Sophie.	Auguste.	Léonard.	Lucienne
Eugène.	Étienne.	Ovide.	Martin.	Edmond.
Honoré.	Omer.	Thomas.	Émile.	Lambert

Vous remarquerez que les premières lettres des derniers noms de chaque carton forment le mot *Grand-Hôtel* et que chacune de ces lettres peut correspondre à l'un des 10 premiers nombres, ainsi qu'il suit :

G	R	A	N	D	H	O	T	E	L
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Vous pourrez ainsi savoir l'ordre des cartons et le rang de chacun d'eux pris isolément.

Vous avez, en outre, une seconde série de dix cartons sur lesquels sont inscrits les mêmes noms, mais dans un ordre tel que le premier de ces cartons contienne les dix premiers noms des dix autres cartons, le 2e les dix seconds noms des dix premiers cartons et ainsi de suite. Nous donnons ici comme exemple le 1er et le 4e carton de cette nouvelle série.

Geneviève.	Théodore.
Julien.	Marcel.
César.	Blanche.
Simon.	Barthélemy
Stanislas.	Bernard.
Marie.	Baptiste.
Eustache.	Madeleine.
Justin.	Claire.
Grégoire.	Michel.
René.	Cécile.

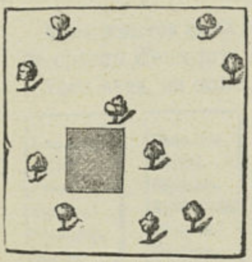
Présentez d'abord à la personne dont vous voulez connaître le nom la série des dix premiers cartons et dites-lui de vous rendre celui sur lequel son nom est inscrit, puis retenez, par l'inspection de la première lettre du dernier nom de ce carton, le numéro auquel il correspond. Donnez ensuite à examiner la seconde série des noms et quand on vous aura rendu le carton qui contient le nom cherché, vous n'aurez qu'à prendre celui de ces noms qui occupe le rang indiqué par le numéro que vous aurez retenu.

Supposons que la personne interrogée s'appelle *Michel*. Elle vous aura remis d'abord le carton finissant par *Émile* et répondant par conséquent au numéro 9. La seconde fois elle vous remet un carton sur lequel vous n'avez qu'à regarder le 9e nom qui est bien celui qu'il faut trouver (c'est celui qui contient les quatrièmes noms et que nous avons figuré en second lieu).

CHAPITRE X.

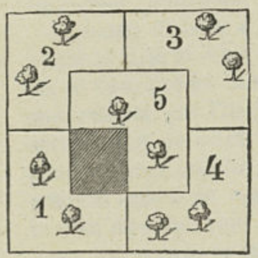
ENIGMES ET COMBINAISONS AMUSANTES.

Une personne loue une maison qu'elle possède à quatre locataires qui en occupent les différents étages. Elle veut en outre, partager le jardin qui entoure la maison et qui est planté irrégulièrement de dix arbres de manière que chaque locataire ait la jouissance d'une semblable portion de terrain et qu'il puisse se rendre à son jardin sans passer sur celui du voisin. Comment doit-elle s'y prendre?



Plan de propriété.

Nous donnons ici le plan du terrain avec la solution.



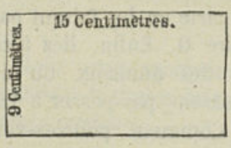
Le locataire du rez-de-chaussée aura le lot marqué 1, celui du 1er le lot 2 ; celui du 2e le lot 3 ; et celui du 3e le lot 4. Dans chacun de ces lots il y a deux arbres. De plus le terrain marqué 5 sera commun à tous et pourra leur servir de passage. Le locataire du rez-de-chaussée seul n'en aura pas besoin, puisqu'il peut entrer directement dans sa portion ; mais il aura le droit d'en ouir comme les autres.

?

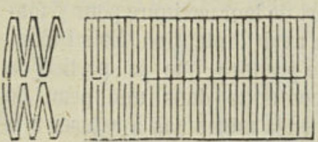
L'histoire rapporte que lorsque Didon, fuyant la fureur de Pygmalion roi de Tyr, cut abordé sur le rivage de l'Afrique, elle trouva le sol occupé par des populations peu disposées à lui céder une part de leur territoire pour y fonder une ville comme elle en avait l'intention. Mais Didon, usant de ruse, promit de ne prendre que la portion de terrain qui pourrait être contenue dans une peau de bœuf. Le chef Africain ne pensa même pas à refuser à la belle princesse une concession d'une aussi faible importance ; il était curieux de voir comment elle pourrait se loger avee sa nombreuse suite dans un espace aussi restreint que celui qu'elle demandait ; aussi Didon fut-elle autorisée à s'établir là où les hasards de la navigation l'avaient conduite aux conditions qu'elle s'imposait elle-même.

Que fit alors notre habile princesse ? Elle prit une peau de bœuf et la découpa de telle sorte que, bien qu'elle restât d'un seul morceau, elle pût former une enceinte considérable. C'est dans cette enceinte quelle bâtit la ville de Carthage et qu'elle reçut plus tard la visite d'Énée.

Nous proposons aujourd'hui de renouveler le stratagème de Didon pour résoudre la question suivante : étant donné un morceau de papier ayant les dimensions indiquées dans la figure ci-contre, une feuille de papier à lettre par exemple, comment faut-il s'y prendre pour passer à travers en le laissant d'une seule pièce.

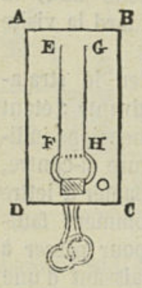


Solution. — Pliez en deux, dans sa plus grande dimension, la feuille de papier. Faites ensuite avec les ciseaux une première coupure transversale en haut de cette bande, en commençant près du bord droit et traversant le bord gauche où le pli est formé ; au-dessous de celle-ci sur la droite, vous ferez une seconde coupure très-rapprochée de la première, commençant près du bord gauche et traversant le droit ; et ainsi de suite tout le long de la bande de papier plié. Ouvrez ensuite la bande ainsi coupée et faites une fente longitudinale, suivant le pli, réunissant les deux coupures transversales extrêmes. Le papier pourra alors se développer comme nous l'avons figuré ci-dessus et embrasser un espace considérable.



?

Dans une feuille de carte ou une plaque de cuir A B C D, faites deux fentes parallèles E F GH ; puis au-dessous, pratiquez une ouverture O exactement de la largeur de la bande que l'on vient de détacher, mais tenant encore par les deux bouts. Passez ensuite un cordon sous cette bande en F et H et faites aboutir les deux extrémités en dessous de la carte en les faisant passer par l'ouverture O. Enfin, liez à ces deux extrémités des anneaux ou des boules qui ne puissent pas passer à travers O à cause de leur grosseur. Comment pourrez-vous

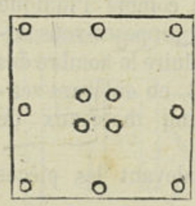


retirer le cordon sans dénouer les anneaux ni rien déchirer?

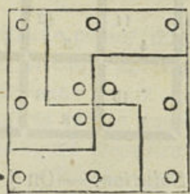
Solution. — Ployez la carte en avant de sorte que le milieu de la bande E F H G puisse passer par l'ouverture O. Cette bande formera bientôt en arrière une boucle suffisamment large pour laisser passer les anneaux.

?

Étant donnée une feuille de carton de forme carrée et percée de trous comme l'indique la figure, couper cette feuille en quatre parties égales contenant chacune trois ouvertures, sans que les lignes de division passent sur les trous.



L'inspection de la figure ci-contre, à droite, indique comment s'obtient la solution. On

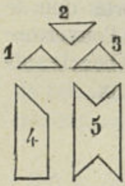


pourrait d'ailleurs tracer d'autres lignes de division que des droites à angle droit, pourvu que les quatre qui partiraient du centre fussent exactement égales et aboutissant à des points symétriques du contour.

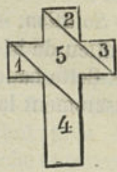
?

Avec cinq morceaux de carton coupés comme le représente la figure suivante à gauche, construire une croix croix parfaite.

La solution se trouve dans la figure de droite. — Les

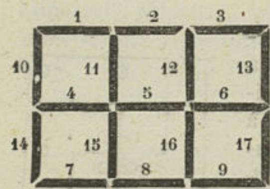


pièces 1, 2 et 3 peuvent se remplacer l'une l'autre. D'ailleurs pour que la solution soit parfaite, il faut que toutes les pièces aient été taillées après coup sur une croix d'un seul morceau.



?

Coupez dix-sept bandes de carton d'égale longueur que

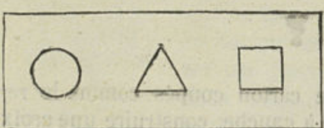


vous remplacez au besoin par 17 allumettes, formez-en six carrés comme l'indique la figure et proposez-vous ensuite de réduire le nombre des carrés à 3 en enlevant seulement cinq morceaux de carton.

Solution. — On y parviendra en enlevant les pièces marquées 8, 10, 1, 3, 13.

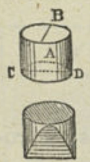
?

Étant donnée une planche de bois percée d'ouvertu-



res semblables à celles qu'indique notre figure, tailler un morceau de bois qui puisse passer par les ouvertures en les remplissant toutes exactement. Le côté du carré et celui du triangle sont égaux au diamètre du cercle.

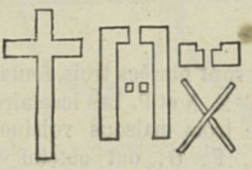
Solution. — Prenez d'abord un cylindre de bois dont le diamètre soit exactement celui du cercle, et coupez-le à une hauteur égale à ce diamètre. Tracez ensuite sur les deux bases deux diamètres dont les directions AB et CD soient à angle droit. Enfin coupez suivant les plans CAD de A vers CD et BCD de B vers CD.



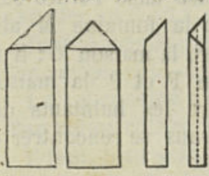
Le solide en forme de fer de hache ou de bonnet de police renversé qui restera répondra à la question.

?

Comment peut-on couper une feuille de papier d'un seul coup de ciseaux de manière à faire une croix et toutes les autres pièces représentées par la figure ci-contre?



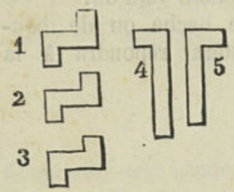
Solution. — Prenez pour cela une feuille de papier deux fois plus longue que large. Rabattez la corne de haut-gauche, comme dans la figure 1 ; puis celle de droite sur la première comme figure 2. Pliez le papier par la moitié dans le sens de la longueur, il se trouvera de la forme n° 3. Pliez-le encore une fois en long, comme au n° 4, et coupez dans le même sens au milieu, suivant la raie pointée, vous obtiendrez les formes indiquées plus haut.



1 2 3 4

?

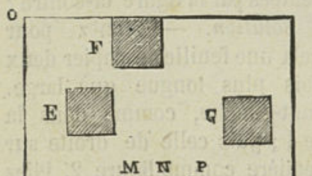
Avec les cinq morceaux de carte découpés dans les proportions de la figure de gauche, former une croix parfaite.



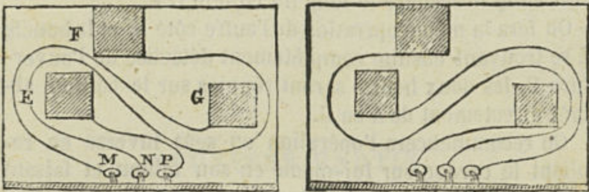
La solution se trouve facilement par la seule inspection de la figure de droite.

?

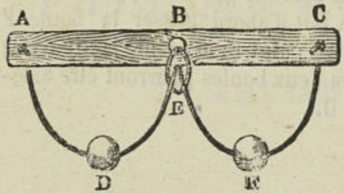
AB est un mur contre lequel sont placées trois fontaines M, N et P. Les locataires de trois maisons voisines, E, F, G, ont obtenu la concession de l'eau de ces fontaines dans l'ordre suivant : la fontaine M alimentera la maison G ; N la maison F et P la maison E Quelles chemins doivent prendre les habitants des maisons pour aller chercher l'eau sans se rencontrer et sans passer derrière le mur ?



Nous indiquons deux solutions dans les figures suivantes ; les chemins à suivre sont indiqués par des traits.



?



La règle de bois ABC est percée de trois trous A, B et C. Un cordon, retenu en A par un nœud, passe à travers la boule D, puis dans l'ouverture B où il forme une boucle en y pénétrant d'abord par derrière, puis, la seconde fois, par devant en formant les entrelacements indiqués sur la figure ; ce cordon traverse enfin la boule F et vient s'arrêter en C où il est retenu par un nœud.

Tout le monde peut construire un pareil instrument et l'on remplacera, si l'on veut, les boules par des anneaux,

Le jeu consiste à faire passer les deux boules D et F d'un même côté sans défaire les nœuds A et C.

Il faut, pour cela, prendre la boucle E, la tirer vers F en soulevant les boules D et F, faire passer la boule F dans cette boucle allongée sans croiser les cordons, amener l'extrémité de la boucle derrière l'ouverture C, l'introduire dans ce trou et la rabattre par-dessus le nœud en la faisant enfin descendre le long du cordon C F.

On fera la même opération de l'autre côté A, et la boucle E se trouvant ensuite complètement détachée de l'ouverture B, les deux boules seront réunies sur le cordon allant directement de A en C.

On recommencera l'opération en sens inverse en repliant le cordon sur lui-même en son milieu et faisant repasser cette boucle derrière l'ouverture C, en dessous et en avant du nœud par-dessus lequel on la rabat. On aura soin seulement de laisser les boules d'un même côté.

Il y a encore une manière de résoudre la question précédente. Elle se réduit à tirer la boucle E en arrière du trou B jusqu'à ce que les cordons qu'elle supporte soient aussi entraînés. On aura fait d'abord glisser la boule F sur son cordon au delà du point E, et, dans la nouvelle position de la boucle, les deux boules pourront être aisément réunies du côté de D.

DEUXIÈME PARTIE.

PHYSIQUE ET CHIMIE

AMUSANTES

CHAPITRE I

LA SCIENCE ET LES PRÉJUGÉS.

SOMMAIRE. — Ce que c'est que la physique. — Tours et phénomènes. — La pierre philosophale et les alchimistes. — Les sorciers, les magnétiseurs et les spirites. — Les prestidigitateurs et les physiciens.

La physique n'est pas, comme on le croit trop généralement, *l'art de faire des tours :* c'est une science qui a pour but de faire connaître les lois de la nature; les manifestations de ces lois sont des *phénomènes*. Mais l'habitude a sur nos pensées comme sur nos actions une telle influence que toutes les expériences que l'on peut faire pour vérifier les lois découvertes, si elles contrarient les idées préconçues ou si elles produisent quelque illusion sur nos sens, sont appelées des *tours*, comme si elles étaient le résultat de manœuvres adroites ou de combinaisons ingénieuses, et que le nom de *phénomène* n'est appliqué vulgairement qu'aux faits extraordinaires et aux êtres difformes.

Il est bien étonnant, de prime abord, qu'un ballon gonflé d'hydrogène s'élève dans l'air au lieu de tomber à la surface comme la pierre ou même la plume légère ; la pesanteur semble ne pas avoir prise sur cette masse énorme, et les lois de la nature paraissent interverties : voilà un véritable *tour* pour ceux qui ne connaissent pas le *principe d'Archimède*. Ne voit-on pas pourtant tous les jours des pièces de bois ou de liége enfoncées dans l'eau revenir à la surface sans exciter l'étonnement ? C'est que ce dernier fait se passe très fréquemment sous nos yeux, tandis que le premier a été déduit par les physiciens de l'observation attentive des causes qui présidaient à l'accomplissement du second, et sert de démonstration aux principes qu'ils ont posés.

Qu'un audacieux acrobate, les pieds armés de larges sandales de cuir, marche, la tête en bas, sous une plaque de marbre, ainsi que nous l'avons vu faire dans des cirques ; le public verra un beau tour là où le physicien moins surpris admirera seulement la hardiesse de l'acteur. Le savant sait en effet que la pression atmosphérique qui est d'environ 100 kilogrammes par décimètre carré s'exerce aussi bien de bas en haut que de haut en bas, et peut parfaitement maintenir contre la plaque de marbre les patins de notre homme avec le poids qu'ils supportent ; il a souvent observé d'ailleurs que les mouches ne marchent le long des glaces ou aux plafonds des appartement qu'à l'aide des ventouses dont la nature a muni leurs pattes.

Il n'y a rien de plus extraordinaire dans les fantasmagories ou les spectres de nos théâtres que dans les arcs-en-ciel formés par la dispersion de la lumière blanche à travers les gouttes de pluie, ou le jeu des glaces d'un salon. Cependant les personnes qui ne connaissent pas les causes des seconds *phénomènes* et qui pourtant n'en sont pas étonnées parce qu'elles les voient se produire fréquemment, s'extasieront devant le spectacle des premiers et seront disposées à leur trouver une cause surnaturelle ou du moins extra-naturelle.

Notre siècle est témoin d'un immense progrès intellectuel; les découvertes les plus étonnantes s'enregistrent nombreuses dans ses glorieuses annales, et les inventions qui surgissent de toutes parts témoignent de notre goût pour les études positives qui sont du domaine de la physique, de la chimie ou de la mécanique ; mais trop de personnes encore restent étrangères à ce mouvement. Aussi les erreurs les plus grossières et les préjugés les plus ridicules sont encore répandus parmi nous. Quand on reproche à notre époque sa tendance à nier d'une manière absolue ce qui ne se démontre pas mathématiquement, son incrédulité en présence des révélations faites à nos pères, son peu de respect pour la tradition et pour l'autorité du maître, songe-t-on qu'il n'y a pas de village qui ne possède, à la grande terreur de sa population, un sorcier au moins prêt à lancer les maladies et les malheurs sur les gens, les épidémies sur les bestiaux? On ne nous dit pas combien de fervents adeptes d'une prétendue science nouvelle, le *spiritisme*, se rangent chaque soir autour des tables pour les faire tourner, parler et prophétiser. De divers côtés apparaissent d'audacieux industriels d'une nouvelle espèce qui, à la faveur de l'obscurité, devant un auditoire préparé par de mystérieuses manœuvres et de mystiques paroles, évoquent les esprits de Thémistocle, de Colbert, de Raphaël, d'Homère ou de Montezuma et les font discourir sur les choses de notre temps.

On n'oserait dire, en présence de notre prétention au progrès, le nombre des charlatans de tous les degrés qui, vivant uniquement de l'impôt qu'ils prélèvent sur la crédulité publique, ont pour profession avouée de prédire l'avenir par l'inspection des cartes, des lignes de la main, de la position des astres ou par l'intermédiaire de somnambules dites lucides qu'ils ont bien soin de ne pas endormir. Paris, ce grand foyer des lumières, ce grand centre de la civilisation, comme on a coutume de dire, compte par centaines ces prophètes de bas étage s'y livrant avec profit à leur coupable industrie ; mieux encore : les plus audacieux, les plus éhontés, y trouvent plus aisément qu'ailleurs la fortune, la gloire, les honneurs même.

Il faut bien admettre en présence d'un tel état de choses que l'amour du surnaturel et du merveilleux est inné dans le cœur de l'homme. Mais pourquoi, lorsque notre curiosité naturelle est surexcitée par un spectacle inattendu, ne cherchons-nous pas d'abord une explication simple des faits dont nous sommes témoins ? Serait-ce qu'il est plus flatteur pour notre amour-propre de croire à l'intervention d'une puissance surhumaine que d'admettre que nos sens ont pu être trompés et que nous avons été dupés par des imposteurs ?

Si j'avance que le soleil est un million quatre cent mille fois plus gros que la terre et qu'il est à une distance de trente huit millions de lieues, on contestera mon assertion ; je trouverai non-seulement des incrédules, mais aussi des railleurs : « Comment peut-on le savoir ? » diront les uns ; et il faudrait pour les convaincre leur exposer clairement en quelques minutes des théories que les savants ont mis des siècles à découvrir et que de plus persévérants mettent des années à étudier. « On ne saura jamais la vérité là-dessus, répondront d'autres ; on n'y a jamais été voir » opposant ainsi une incrédulité de partis pris aux vérités les mieux démontrées par le calcul et par l'observation.

Mais si j'apprends aux mêmes personnes que si l'on est *treize* à table un des convives doit mourir dans l'année, que le poivre renversé, des couteaux mis en croix, le pain retourné, une araignée vue le matin ou le voisinage d'un corbeau sont des présages certains de malheur, que le vendredi est un jour néfaste ; si je montre dans une main ouverte la ligne de la vie et celle de la fortune, on se gardera bien de contredire mes assertions ; et, plus ce que j'avancerai sera bizarre, illogique, contraire au bon sens et aux affirmations de la science, plus j'aurai de partisans zélés, fanatiques, prêts à me sacrifier leurs biens et leurs personnes.

Les vrais savants, en étudiant les lois si admirables dans leur simplicité, si complexes dans leurs applications qui régissent l'univers, ont beau faire les plus belles découvertes, pénétrer chaque jour plus avant dans les secrets de la création, certains esprits inquiets, incapables d'une attention un peu soutenue dans les études scientifiques, trouvent ces lois trop immuables au gré de leur imagination. Il faut bien un peu changer tout cela; créer un Dieu fantasque et capricieux qui, à un moment donné et sur l'ordre d'une de ses créatures, d'un *magnétiseur* ou d'un *medium*, fasse que telle table reposant ordinairement sur ses pieds de bois se soulève d'elle-même, contrairement à la pesanteur ; que telle personne nerveuse, endormie sous l'influence d'une immobilité forcée, d'un silence persistant, et malgré les gesticulations irritantes de l'opérateur inspiré, lise des lettres cachetées, raconte ce qui se passe à des distances considérables et voie dans l'avenir les événements et les destinées. Puis les voilà partis à travers le monde, trompeurs ou trompés, prêchant la nouvelle doctrine ; ou, le plus souvent, exerçant moyennant finance leur influence sur les ignorants, les faibles, les crédules et faisant parler à leur gré, après bonne recette, les esprits des morts qui ne sauraient protester, hélas ! contre l'étrange abus qu'on fait de leur nom.

Cette foi entière, aveugle, absurde en certains individus et à certaines pratiques est de moins en moins excusable. Il fut un temps où les hommes de génie, adversaires nés de la routine et de l'ignorance, n'ayant aucune donnée précise pour leurs recherches dans l'étude de la nature, en présence des mystères sans nombre qu'ils rencontraient, laissaient errer leur imagination sans guide dans les ténèbres qui les entouraient. Ils touchaient au hasard à toutes les parties de ce merveilleux mécanisme qui constitue l'univers, cherchant les relations des corps entre eux, espérant pénétrer surtout le secret de l'union de l'esprit à la matière. Leurs travaux composaient, sous les noms d'*art sacré*, d'*alchimie*, de *science occulte* ou *hermétique*, un corps de doctrines dont l'objet, comme celui de la chimie moderne, était de rechercher les transformations qu'il est possible de faire subir aux corps et d'en tirer des produits utiles à l'homme. Cette science s'égara pendant longtemps à la poursuite de deux chimères : la *pierre philosophale* ou substance propre à convertir les métaux vils en métaux précieux, or ou argent, et la *panacée universelle*, remède capable de guérir tous les maux, de rajeunir la vieillesse et de prolonger indéfiniment l'existence. Les alchimistes étaient incontestablement dans une fausse voie dans laquelle ils perdirent des trésors de persévérance et de génie ; mais pour les juger avec équité, il faut se reporter au temps où ils vivaient. Aujourd'hui même que la science est arrivée à un si haut degré de perfection, il ne nous est pas permis de repousser leurs hypothèses comme des absurdités. N'a-t-on pas découvert dans la houille une véritable *pierre philosophale;* et les chimistes les plus distingués ne sont-ils pas portés à croire à l'unité de la matière ? L'or et le plomb, par exemple, sont-ils essentiellement distincts par leur nature et ne pourraient-ils pas dériver tous les deux d'une autre substance qui leur soit commune, dont la nature, au moyen de forces qui nous sont inconnues, a pu opérer la *transmutation* de l'un à l'autre. D'ailleurs, en traitant des substances naturelles que nous travaillons encore aujourd'hui, comme minerais d'or, mais dont ils ignoraient la composition. les alchimistes ont pu trouver réellement de l'or ; de plus, leur opiniâtre persévérance a souvent servi la science en l'enrichissant de découvertes véritablement utiles.

C'est ainsi que Albert-le-Grand. Nicolas Flamel, Raymond Lulle, Roger Bacon, et tant d'autres, furent autant des chimistes que des alchimistes ; Tycho-Brahé, Galilée, Ruggieri, Nostradamus étaient autant des astronomes que des astrologues ; mais l'art de prédire l'avenir, de deviner le présent et de connaître le passé n'était pas le but principal de leurs efforts. Avides de connaître, bien plus que de s'enrichir, ils fouillaient nuit et jour dans les productions variées de la nature, les combinant et les décomposant par tous les moyens en leur pouvoir. Le feu jouait un grand rôle dans leurs opérations ; aussi les accusait-on sans cesse d'avoir de fréquents rapports avec le diable, et le vulgaire était-il frappé d'une terreur superstitieuse à l'aspect de leurs appareils aux formes étranges, en regardant les caractères inconnus qu'ils traçaient ou en examinant le résultat de leurs expériences.

La science est désormais établie sur des bases qui dispensent ses disciples des appareils bizarres et des pratiques singulières dont ils se servaient autrefois. Les instruments nécessaires aux recherches ne nous effrayent plus ; les éléments de la physique et de la chimie sont dans le domaine public ; les cornues, les tubes recourbés, les bouteilles de Leyde, ont passé par toutes les mains, et les savants n'ont plus de secrets pour personne.

De Saint-Germain, Cagliostro, Mesmer, Hume et tous leurs disciples qui ont prétendu posséder l'art précieux de régénérer les corps, de faire parler les voix célestes ou d'évoquer les âmes des morts, ne furent que d'habiles jongleurs dont les fourberies furent la plupart du temps facilement découvertes. Il ne faut pas que leur école se relève de nos jours et soit une honte et un scandale pour notre génération si éclairée ou si à même de l'être.

Non, il ne sera jamais donné à l'homme de connaître sa destinée ; cela ne peut et ne doit pas être. A ceux qui prétendraient la découvrir et nous l'apprendre, en communiquant avec des esprits imaginaires venus d'outre-tombe ou d'ailleurs, nous dirons sans crainte et sans détour que la ruse est leur seul moyen et la fraude leur but.

Ah ! vous faites agir des esprits à votre guise, vous faites parler les gens endormis sur les sujets qui vous intéressent ; vous leur arrachez ainsi leurs secrets et vous leur faites deviner ce qu'ils ignorent, vous pouvez découvrir les trésors et voir à travers les murailles, vous soulevez sans effort des poids énormes, vous connaissez notre existence passée, présente et future à nous tous qui vous écoutons, et vous n'êtes pas les plus puissants, les plus riches et les plus heureux de la terre, et vous avez besoin de recourir à des subterfuges pour nous extorquer notre argent !

Nous ne voulons pas croire à vos apparitions dans les ténèbres ; vos compères et quelques substances phosphorées en font tous les frais ; plus de divination par des somnambules que vous faites semblant d'endormir; votre questionnaire et les réponses qui s'y adaptent nous sont trop connus. Plus de visions dans les miroirs ; la mise en scène de quelques théâtres nous a familiarisés avec les spectres. Nous voyons le mécanisme en fer de vos suspensions éthérées ; les cordes dont on vous lie dans vos mystérieuses expériences sont trop lâches ; vos bâtons magiques sont préparés avec art, il est vrai, mais nous en reconnaissons les joints et nous savons qu'ils contiennent suivant vos besoins des barreaux aimantés ; les voix mystérieuses que vous nous faites entendre sont des effets de ventriloquie, et des ressorts habilement déguisés complètent votre matériel d'exploitation. Quant à vos prédictions, si elles ne sont ni fausses, ni banales, ni ridicules, ce qui arrive la plupart du temps, c'est que le hasard ou votre adresse, sinon quelque complaisant associé vous auront habilement servis.

Nous nous efforcerons de ramener à leur simple valeur quelques-unes des manœuvres des magiciens modernes en les réduisant au simple rôle de récréations scientifiques. Mais malheureusement ces manœuvres sont plus souvent empruntées à l'art des jongleurs et des charlatans qu'à la science des physiciens ; aussi ne nous hasarderonsnous pas sur ce terrain et ne les dévoilerons-nous pas toutes. Mais, ne pourrions-nous toutes les expliquer que l'on ne devrait leur trouver pour cela rien de *surnaturel*. Que le spectateur, avant d'appliquer cette épithète à certain fait dont il sera témoin, l'apprécie bien d'abord en appelant à son aide toute sa perspicasité et... l'esprit de Saint-Thomas. Qu'il se méfie surtout de l'obscurité et de sa propre confiance en autrui et en lui-même : ce sont là les plus puissants auxiliaires des magnétiseurs, des spirites et des diseurs de bonne aventure.

Mais si le mal est grand dans les villes, si les erreurs scientifiques y sont accréditées, si les superstitions y sont en honneur, et les esprits frappeurs à la mode, que n'aurions-nous pas à dire sur la situation des campagnes où la croyance aux sorciers et aux revenants est plus enracinée dans les esprits que la croyance de Dieu ?

Nos paysans, dans les circonstances critiques, courent chercher les conseils de quelque bonne femme qui n'a que le mérite d'être âgée ou appellent à leur aide quelque aventurier qui les éblouit de mots sonores. D'autres fois ils feront un mauvais parti à quelque berger qui, prétendront-ils, leur aura jeté un sort ou bien ils écouteront avec confiance la bonne aventure des bohémiens et se soumettront aux exigences des sorciers. De nombreuses condamnations pour escroquerie atteignent souvent ces derniers et les dénoncent eux et leurs pareils au public et pourtant ils continuent à trouver dans l'ignorance et la superstition de ceux qui les entourent des ressources que leur science seule est impuissante à leur procurer. De braves gens, simples de mœurs, et, il faut le dire d'esprit, continuent à leur confier leur argent, leur santé leur honneur. On l'a dit depuis bien longtemps :

> L'homme est de glace aux vérités,
> Il est de feu pour le mensonge.

Pour les uns, ces condamnations pour des délits flagrants sont des persécutions injustes ; pour d'autres, l'impuissance des prétendus devins à découvrir pour eux-mêmes des trésors qu'ils veulent montrer à autrui, à se servir des connaissances sur la vie future qui leur sont inspirées, est une loi de la Providence, car on parle beaucoup de la Providence au milieu de ces pratiques ineptes et impies. Puis, affectant un beau dédain pour les biens de ce monde, nos habiles se disent engagés dans la poursuite d'un but beaucoup plus relevé et ne prétendent à rien moins qu'à la possession de la sagesse divine.

Est-ce à dire pour cela que nous voudrions proscrire les jeux d'adresse, d'escamotage, de double vue, les combinaisons de dés ou de cartes et les illusions produites par les expériences de physique ou de chimie ? Le but même de notre livre proteste contre une pareille pensée. Ce sont là, en effet, d'agréables divertissements qui éveillent notre curiosité et nous préviennent contre les fraudes dont nous pourrions être victimes en nous enseignant d'une manière saisissante, à notre insu quelquefois, les lois de la physique et de la mécanique. Nous voudrions que l'adresse et l'habileté servissent à démasquer l'imposture et non à la commettre ; que la science surtout ne devînt pas un moyen de fraude ; MM. de Caston, Robert-Houdin, Bosco, Robin et plusieurs autres prestidigitateurs bien connus n'ont aucune prétention à une puissance surnaturelle et, bien qu'ils ne fassent pas intervenir d'esprits infernaux ni de génies supérieurs dans leurs expériences, ils n'en causent pas moins de surprise aux spectateurs qui s'empressent autour d'eux. Mais il n'y a rien de commun entre des récréations innocentes dont la dextérité et la science même sont la base, et les spectacles le plus souvent ridicules que nous présentent les charlatans de tous les degrés. Tout leur mérite consiste à tromper plus ou moins habilement ceux qui les écoutent, à leur troubler parfois la raison pour mieux les dominer, et finalement, à vivre à leurs dépens. Aussi avons-nous pensé qu'il était de notre devoir, au début de ce livre, de les dénoncer au tribunal du bon sens public qui, nous l'espérons, en fera bonne et prompte justice.

CHAPITRE II

LES ÉLÉMENTS DES ANCIENS. — L'EAU.

Sommaire. — L'eau n'est pas un élément. — Ce liquide est formé de deux gaz. — Elle n'éteint pas toujours le feu. — Éclairage par l'eau. — Lampe philosophale. — Les trois états de l'eau. — La pluie, la rosée — L'eau dans le vin. — L'eau dans les principales villes.

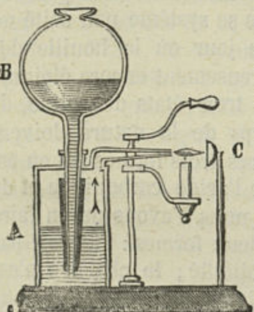
Un élément, dans le sens véritable du mot, est la partie qui sert à constituer un tout, le principe d'un art ou d'une science; l'eau n'est donc pas un élément comme le croyaient les anciens, car ce n'est pas une substance simple. On la décompose aisément, à l'aide de la pile électrique, par exemple, et l'on obtient alors un résultat bien digne d'attention. On trouve, en effet, que ce sont deux gaz que l'on est parvenu à liquéfier et même à solidifier. l'oxygène et l'hydrogène, qui constituent le liquide si généralement répandu, sur lequel on opère.

Qu'un incendie se déclare dans un édifice; vite, on court aux pompes, une chaîne humaine relie bientôt le cours d'eau le plus voisin ou la source la plus proche au lieu du sinistre et des seaux passés de main en main viennent alimenter les pompes qui lancent la pluie par torrent sur le foyer embrasé. L'eau semble ainsi l'antidote du feu et son adversaire le plus énergique; et pourtant, des deux corps qui la composent, l'un l'oxygène, est indispensable à la combustion aussi bien qu'à la vie des animaux; l'autre, l'hydrogène, est combustible au plus haut degré et communique cette propriété au gaz d'éclairage qu'il constitue en grande partie.

Non-seulement l'eau n'éteint pas toujous le feu, mais elle l'active quelquefois; les forgerons utilisent cette propriété sans la comprendre en projetant avec un petit balai sur le feu de forge des gouttes de ce liquide. A la haute température où elle est brusquement portée, l'eau se décompose et fournit au foyer qu'elle semblerait devoir éteindre l'oxygène qui fait brûler et l'hydrogène qui brûle par lui-même.

En versant dans une certaine quantité d'eau froide un poids égal de zinc et de cet acide sulfurique que l'on appelle communément *huile de vitriol*, il se produit une vive effervescence, la température s'élève rapidement au point que la main ne peut plus la supporter; et un bouillonnement continu annonce que l'hydrogène se dégage

On peut, avec cette préparation, construire une lampe constamment alimentée par l'eau, s'entretenant seule et s'allumant d'elle-même. On prendra, à cet effet, un flacon de verre, ou de porcelaine à deux tubulures, tel que A, dont l'un des goulots se recourbera, sera muni d'un robinet et se terminera en pointe. Dans l'autre ouverture, on introduira le col d'un ballon B, également en verre, qui pourra pénétrer jusqu'au fond du premier flacon et dont l'extrémité sera entourée d'un manchon de zinc. La partie supérieure de ce ballon ainsi renversé pourra communiquer librement avec l'air extérieur. Enfin vis-à-vis du bec effilé, en C, on mettra une petite capsule contenant de l'*éponge* ou *mousse de platine*.



Si, au début, le flacon A, a été rempli d'eau mélangée avec un cinquième d'acide sulfurique, au contact du zinc il se formera de l'hydrogène qui, ne trouvant pas d'issue, exercera une pression de plus en plus grande sur le niveau du liquide. Celui-ci montera alors dans le ballon B et s'y maintiendra suspendu tant que A sera rempli d'hydrogène, le zinc étant d'ailleurs à sec et ne décomposant plus l'eau. Mais si l'on ouvre le robinet d'écoulement du gaz, l'eau du ballon B reviendra en A en chassant l'hydrogène qui ira s'emflammer spontanément en C au contact de l'éponge de platine. On conçoit que, par le même mécanisme qui ouvre le robinet on peut interposer une bougie dans le jet du gaz et obtenir ainsi une lumière plus intense et plus durable.

Quand la totalité du gaz sera écoulée, le récipient A se trouvant de nouveau plein d'eau acidulée en contact avec du zinc, la production d'hydrogène recommencera et l'expérience pourra être répétée un grand nombre de fois.

Telle est la *lampe philosophale.*

Ce mode d'éclairage peut être installé en grand, en faisant arriver un courant d'hydrogène extrait de l'eau sur une spirale de platine qui s'échauffe bientôt au rouge blanc et donne à la flamme ordinairement très-pâle de l'hydrogène un grand éclat. Mais se système peu usité ne sera véritablement utile que le jour où la houille deviendra rare et ce jour est heureusement encore éloigné.

L'eau nous apparaît sous les trois états de solide, de liquide et de gaz. Tous les corps de la nature doivent aussi se présenter à nous sous ces trois formes ; il en est ainsi du soufre, du mercure, de l'acide carbonique et de bien d'autres substances ; mais nous n'avons pu en faire passer quelques-uns que sous deux formes : l'alcool, par exemple, n'a pas été encore solidifié ; le charbon n'est connu qu'à l'état solide, mais il n'y a plus de gaz *permanents* ; l'air atmosphérique lui-même a été liquéfié sous l'action combinée de compressions et de refroidissements intenses.

des cours d'eau est à une température constante d'au moins 4 degrés au-dessus de zéro. Les diverses couches de l'eau dans les lacs se rangent ainsi par ordre de densités, les plus lourdes étant en dessous et les plus légères en dessus. S'il en était autrement, les nombreux habitants de ces masses liquides verraient tous les hivers leur existence menacée par la solidification du fluide dans lequel ils sont obligés de se mouvoir pour chercher leur nourriture et pour respirer.

A l'état gazeux, l'eau répand dans l'air l'humidité nécessaire à l'entretien de notre existence et à la végétation. Elle compose les nuages qui en se condensant forment les gouttes de pluie, les rivières, les fleuves et les océans, ou bien elle constitue dans des machines spéciales la force la plus considérable dont l'homme ait encore pu disposer.

Mais la quantité de vapeur émise par l'eau n'est pas la même à toutes les températures. Ainsi tandis que, à 5 degrés au-dessous de 0, un mètre cube d'air peut contenir 3 gr. 375 c. de vapeur d'eau, à zéro il en contiendra 4 gr. 87; à 5 dégrés 6 gr., 80; à 10 degrés, 9 gr., 70 ; à 20 degrés 17 gram. ; à 25 degrés, 22 gram. ; à 30 degrés 30 gram. ; à 35 degrés 39 gram. 224, etc.

Cela posé, concevons que par une circonstance quelconque, le mélange suivant s'opère dans l'espace :

	100 mèt.	cube	d'air	à 35°	contenant	3922 gr, 4
Avec	100	—	—	à 5	—	680
On aura	200	m.	c. d'air	à 20	—	4602 gr, 4

Or, d'après les indications précédentes, 100 mètres cubes d'air à 20° ne peuvent contenir que 1700 grammes de vapeur d'eau et 200 mètres cubes 3400, il y a donc 4602, — 3400 ou 1202 grammes d'eau qui ne pourront rester à l'état de vapeur et qui formeront un brouillard, puis de la pluie.

Le phénomène que nous expliquons avec des chiffres peut être facilement observé sur les montagnes; d'un point élevé, en effet, on voit que les nuages, au lieu de rester en repos, sont constamment agités par des résolutions de la vapeur en pluie; seulement celle-ci n'atteint pas toujours le sol; elle arrive dans des couches inférieures plus chaudes qui la ramènent à l'état de vapeur et elle retourne au nuage qu'elle avait quitté.

M. Boussingault qui, dans ses voyages en Amérique, a eu occasion de faire de nombreuses ascensions sur les montagnes les plus élevées, eut un jour l'imprudence de vouloir passer à travers un nuage qui venait de se former sous ses pieds. Après avoir traversé d'abord plusieurs couches de vapeur chargées de simples gouttelettes, il se trouva peu à peu enveloppé dans un véritable torrent aérien d'où il se tira non sans peine et les vêtements tout imprégnés d'eau. Il avait littéralement failli être noyé en l'air.

Si une masse d'air chaud et humide se trouve en contact avec un corps froid, elle dépose sur ce corps et par petites gouttelettes l'eau qu'elle dissout en excès lorsque, par ce contact, sa température s'est abaissée. Si ce phénomène se produit en grand dans la nature il prend le nom de *rosée.* Dans certaines régions intertropicales, il ne pleut jamais; mais d'abondantes rosées apportent chaque jour aux plantes la fraîcheur et l'humidité nécessaires à leur existence et à leur accroissement. Le dépôt qui se forme alors sur cette végétation luxuriante produit un bruit semblable à celui de la pluie sur le feuillage d'une forêt; les larges feuilles des bananiers deviennent des sources véritables et produisent des cours d'eau qui, matin et soir, sont abondamment alimentés.

L'eau qui sert si fréquemment à nos usages domestiques entre dans tous nos aliments comme dans tous nos organes.

La viande renferme 80 p. 100 d'eau, le pain de 30 à

40 p. 100. Les buveurs seraient bien surpris si on leur disait que dans le vin le plus pur qu'ils puissent consommer, il entre au moins les 4/5 d'eau. C'est pourtant ce qui résulte du tableau suivant établi par M. Thénard :

Quantités d'eau contenues dans diverses boissons.

Rhum et eau-de-vie.	46 p. 100
Vin de Madère.	77 —
— de Constance blanc.	80 —
— Xérès, Constance rouge.	81 —
— Malaga, Roussillon et Ermitage blanc.	82 —
— Lunel.	84 —
— Bordeaux.	85 —
— Bourgogne.	85,5 —
— Champagne mousseux, Frontignan et Ermitage rouge.	87 —
— Vin du Rhin.	88 —
Cidre le plus spiritueux.	90 —
Ale (bière anglaise).	91 —
Bière forte.	93 —
Porter de Londres.	95 —
Petite bière.	98,70 —

Puisque l'eau entre en si grande proportion dans notre constitution, dans nos aliments et dans les substances qui sont constamment en contact avec nos organes, on comprend qu'elle doit satisfaire à d'importantes conditions pour pouvoir servir aux usages domestiques. Ainsi, elle doit être limpide, inodore, apte à la cuisson des légumes et à la dissolution du savon, contenir de l'air et être exempte de substances organiques. Sous ces rapports, l'eau des puits de Paris est très-mauvaise : le sulfate et le carbonate de chaux qu'elle tient en dissolution la rendent impropre aux usages culinaires et au blanchissage ; de plus, les substances organiques et l'ammoniaque provenant des égouts et des fosses, qu'elle renferme en très forte proportion, la rendent insalubre et impropre à tout autre emploi.

Dans les grandes villes, il faut en général pour suffire convenablement à tous les services publics et particuliers, fontaines, irrigations de jardins et de squares, lavage des rues et des égouts, service des industries, consommation des particuliers etc., un volume d'au moins 150 litres par tête et par jour. Pour les seuls usages domestiques, 20 litres sont nécessaires. Or, voici les proportions que la nature, jointe à l'art des hommes, a dispensées dans les principaux centres de population.

Il y a quelques années, Paris ne pouvait fournir, chaque jour, à chacun de ses habitants, que 67 litres d'eau. C'était trop peu ; une répartition plus large d'un liquide indispensable était le complément obligé des travaux d'embellissement et d'assainissement de la grande cité. Aussi les eaux de la Marne, celles de la Dhuys, et les sources jaillissantes des nouveaux puits artésiens sont-elles venues récemment apporter leur tribut à la consommation ordinaire en doublant la part attribuée à chacun. Bientôt encore de nouveaux travaux fourniront leur contingent et amèneront le superflu là où il n'y a encore que le nécessaire; Paris recevra alors 267 litres d'eau par habitant et par jour. Londres ne peut dônner que 95 litres; Glascow 100 ; Liverpool 28; New-York donne par tête 560 lit. mais Philadelphie n'en a que 65; Montpellier, 55 ; Toulouse, 140. La ville la mieux dotée de France est Dijon dont les fontaines et les réservoirs publics déversent chaque jour 408 litres d'eau par chaque habitant; viennent ensuite Carcassonne pour 400 lit. et Besançon pour 250; mais la plus mal partagée est Béziers où chaque habitant n'a que 13 litres à sa disposition.

Partout où le peuple Romain a fait planer ses aigles victorieuses, il a laissé des traces de sa grandeur et de son génie. A côté des champs couverts de moissons qui devaient alimenter les nations soumises, naguère occupés par des forêts vierges ou des marais insalubres, passaient les voies et se dressaient les ponts qui établissaient les relations commerciales. Puis, dans les cités, un système de bassins, d'aqueducs, de canaux et de fontaines monumentales, répandait à flots une eau bien rare auparavant et complétait les moyens de soumission et de civilisation employés par ce grand peuple à l'égard des nations vaincues, en leur donnant les premières choses nécessaires à leur existence; l'eau, le pain et les relations sociales. — De nos jours encore, plusieurs villes se servent utilement des travaux d'art qui leur ont été légués de cette façon; c'est en restaurant simplement un aqueduc romain abandonné depuis longtemps, que la ville de Rodez, par exemple, placée au sommet d'une montagne, a pu s'alimenter abondamment d'eau sans recourir à de dispendieuses machines élévatoires qui auraient puisé à 70 mètres au-dessous dans le lit capricieux de l'Aveyron.

C'est ainsi que Rome, malgré la destruction des splendides salles de bains qui semblaient indispensables aux fastueux patriciens, malgré la disparition des thermes publics et des étangs destinés aux naumachies que les empereurs firent établir à grands frais, peut encore donner à ses habitants l'énorme quantité de 944 litres d'eau par jour. On a évalué que, sous les empereurs, ce nombre devait être de 1500 litres.

Enfin, par ses mouvements à la surface de la terre dont elle occupe plus des trois quarts, l'eau fait subir à la configuration de nos continents des transformations lentes mais incessantes et que rien ne saurait arrêter. La goutte d'eau, qui est à elle seule un monde peuplé d'êtres microscopiques, accomplit ainsi une œuvre gigantesque en rongeant sans cesse la surface des régions que nous habitons ou en battant par les vagues de la mer les rochers qui les bordent, pendant que les coraux et les madrépores qui la peuplent mais que notre œil ne peut percevoir s'il n'est armé de puissants instruments d'optique, élèvent des profondeurs de l'océan des constructions énormes qui seront les assises des continents futurs.

CHAPITRE III

LES ÉLÉMENTS DES ANCIENS. — L'AIR.

SOMMAIRE. — L'air est un mélange. — Pourquoi le ciel est bleu. — L'air est lourd. — Le baromètre et l'horreur du vide. — Le poids d'air qu'un homme supporte. — Poids total de l'atmosphère. — Les corpuscules de l'air. — Ce qu'un homme en consomme. — La terre sans air.

L'air, ce *pain des poumons*, comme on l'a appelé avec raison, n'est pas moins nécessaire que l'eau à notre existence et à l'entretien de la vie sur la terre. On comprend donc que les anciens l'aient aussi rangé tout d'abord au nombre des éléments. Pourtant les corps qui entrent dans sa composition sont d'autant plus faciles à séparer les uns des autres que cette fois ils ne sont que *mélangés* et non *combinés* chimiquement.

L'air est un *mélange* de 21 pour 100 d'oxygène contre 79 pour 100 d'azote. Dans cet état, l'oxygène ne perd pas, comme dans l'eau, sa propriété caractéristique d'entretenir la vie animale et végétale ainsi que la combustion. Les 79 parties d'azote qui s'y ajoutent auraient, si elles étaient isolées, des propriétés tout opposées, toute négatives, pour ainsi dire ; c'est-à-dire que cet autre gaz asphyxie les animaux et éteint les corps enflammés. Il joue ici un rôle analogue à celui de l'eau dans le vin en affaiblissant la trop grande énergie de l'oxygène.

On attache généralement au mot *corps* les idées de consistance et de perceptibilité qui semblent ne pouvoir s'appliquer à l'air. Et pourtant ce gaz tombe aussi bien sous nos sens que tous les autres corps répandus dans la nature. Il est vrai que l'œil ne reçoit aucune impression d'une faible masse d'air occupant un petit espace, pas plus qu'il ne trouve de couleur dans un verre d'eau ; mais ainsi que les flots accumulés des fleuves et des océans ont une teinte verte particulière, ainsi l'atmosphère, si notre vue n'est pas limitée par des nuages, prend une belle couleur azurée que nous attribuons à une voûte idéale, le *ciel*, à laquelle les étoiles semblent fixées.

Par les vibrations pressées de ses molécules, l'air apporte à notre oreille des sons qui sans sa présence ne se produiraient pas.

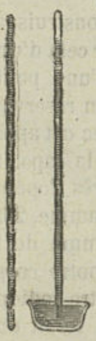
Il ne semble pas avoir par lui-même de saveur ni d'odeur, peut-être parce que nos organes se sont habitués à son contact perpétuel et ont ainsi perdu la notion de ces sensations ; mais il se charge des émanations des plantes et des corps volatils et manifeste encore sa présence par l'excitation qu'il produit ainsi sur le nerf olfactif.

Mais le toucher surtout dénote l'existence de ce corps qui semble insaisissable. Tantôt, sous forme de brise légère, de zéphyr, il nous caresse le visage, tantôt vent impétueux, il nous arrête dans notre marche, ébranle en sifflant les clôtures de nos demeures et fait ployer les arbres ; tantôt, ouragan terrible, il soulève les vagues de la mer, écrase les vaisseaux sur les rochers et réduit en un monceau de ruines les édifices et les villes.

Puisque l'air est un corps, il doit être pesant. On s'est bien longtemps refusé à reconnaître cette vérité, puisque ce ne fut qu'en 1643 que Toricelli, disciple de Galilée, imagina le *baromètre*, sur lequel nous allons donner quelques explications.

Boire avec un chalumeau paraît un enfantillage ; une pompe n'est pourtant aussi qu'un tuyau dont une extré mité plonge dans l'eau et dont l'autre extrémité est munie d'un appareil destiné à faire le vide par le même mécanisme que le font les poumons en aspirant dans le chalumeau.

Autrefois on disait, en voyant l'eau monter dans les tubes d'aspiration, que *la nature avait horreur du vide*. Cela ne signifiait rien ; cependant on se contenta pendant bien des siècles de cette mauvaise raison. Ne rions pas trop de cette explication dont nous reconnaissons le peu de clarté ; nous n'en donnons pas de bien meilleures de nos jours pour nous rendre compte de bien des phénomènes. Mais comment se fait-*il* alors que l'eau ne monte pas à plus de 10m, 33 dans les tubes qui tiennent le mieux le vide ? Telle fut la question que des fontainiers de Florence firent à Galilée et qu'un disciple de ce grand astronome, Toricelli, peu disposé à admettre comme ses contemporains que l'*horreur de la nature pour le vide* s'arrêtait à cette limite, expliqua parfaitement en démontrant que le poids seul de l'air faisait ainsi monter les liquides dans les tubes qui ne contenaient plus aucune parcelle de ce gaz. Il pensa que si l'on remplaçait l'eau



par un liquide plus lourd la colonne soulevée serait moins haute tandis qu'elle serait plus longue au contraire si l'on employait un liquide plus léger. Puis, joignant la pratique à la théorie, il remplit un tube long de 80 centimètres avec du mercure dont la densité est 13,6, c'est-à-dire qui est un peu plus de 13 fois et demie plus lourd que l'eau ; et, fermant avec le doigt l'extrémité ouverte, il la plongea dans une petite cuvette contenant aussi du mercure. Ce métal liquide ne retomba pas complètement du tube il se forma un vide à la partie supérieure et une colonne de 76 centimètres environ resta en suspension. Cette hauteur était précisément celle à laquelle s'arrêtait l'eau, divisée par 13,6 ; c'était donc bien la même pression qui soutenait le même poids et le baromètre était inventé.

Si l'on voulait faire un baromètre avec de l'acool pur dont la densité par rapport à l'eau n'est que de 0,80, il faudrait prendre un tube de plus de 13 m. (10,33:0,80) et, en général les hauteurs des baromètres construits avec des liquides différents sont en raison inverse des densités de ces liquides.

Pascal, à la fois physicien, mathématicien et philosophe, vérifia encore la théorie de Toricelli en transportant son tube barométrique sur les montagnes et en observant qu'à mesure qu'on s'élève et que, par conséquent, la masse d'air qui est au-dessus de nous est moindre, la longueur de la colonne de mercure diminue. A la limite de l'atmosphère, cette longueur serait nulle ; mais la présence de l'air, étant nécessaire à notre existence et ce gaz devenant de plus en plus rare à mesure que l'on monte, on peut difficilement approcher de cette limite; on ne l'atteindra probablement jamais.

Le vide peut être produit autrement qu'en construisant des baromètres. Les physiciens se servent pour cela d'une machine dite *pneumatique* qui n'est autre qu'une petite pompe dont le tube d'aspiration plonge dans un réservoir d'air et non plus dans une masse d'eau. Si, avec cet appareil, on enlève l'air d'un ballon de verre dont la capacité est connue, et qu'on pèse ce ballon avant et après l'opération, on trouvera que 1 litre d'air sec pèse 1 gramme, 293.

La pression que supporte le corps d'un homme de la part de l'air est considérable ; supposons que notre corps n'ait qu'un mètre carré de surface. Le baromètre indique que l'air presse sur cette surface comme le ferait une masse de mercure ayant 76 centimètres de hauteur. Or, le poids de cette masse serait, en se rappelant que le litre de mercure pèse 13 kilog., $6{,}100 \times 7, 6 \times 13, 6 = 10336$ kilogr.

Peu de personnes se doutent qu'elles peuvent marcher librement sous une pression si considérable; il est vrai que cette pression s'exerce dans tous le sens et qu'elle est contrebalancée de l'intérieur à l'extérieur par la force élastique de l'air qui s'est introduit dans nos organes. Ne voyons-nous pas d'ailleurs les plongeurs se mouvoir aisément sous une couche d'eau de plusieurs mètres d'épaisseur ?

Le poids de toute la masse d'air qui enveloppe notre globe est véritablement effrayant. Il est égal à celui d'une couche de mercure qui aurait pour base la surface de la Terre et pour hauteur 76 centimètres. Calculez et vous trouverez :

5236 279 225 196 350 000 kilogrammes!

Et pourtant, les anciens ne soupçonnaient même pas que l'air fût pesant.

En présence d'un tel résultat, on comprend que le moindre déplacement brusque dans une partie de la masse atmosphérique produise à la surface de la terre et des mers des désordres que l'homme est impuissant à réprimer.

Mais l'air ne contient pas que l'oxygène et l'azote ; il y a en outre quelques millièmes d'acide carbonique, de la vapeur d'eau et une grande quantité de petits corps de natures diverses dont on constate la présence en laissant pénétrer un rayon de soleil dans une chambre obscure par une ouverture très-étroite. Le rayon lumineux qu'on laisse ainsi passer, éclaire vivement tous les corpuscules de l'air et les fait apparaître en nombre infini ; c'est ainsi que le pollen fécondant se transporte d'une plante à une autre plante entre deux champs voisins ou entre deux continents éloignés. Les graines légères, les œufs des insectes ou les germes des plantes et des animaux microscopiques voyagent sur le même véhicule et vont, loin du lieu qui les a vus se former, créer de nouvelles existences, propager les espèces qu'ils représentent et même semer parfois les épidémies et la mort.

La principale cause d'altération de l'air non renouvelé est incontestablement la respiration des animaux et celle des plantes. Nos poumons dans cette opération se gonflent pour absorber l'air; l'oxygène de celui-ci transforme le sang noir des veines amené au cœur et qui serait désormais impropre à la vie en sang artériel d'un rouge vif chargé de principes nutritifs provenant des aliments. Celui-ci retourne sous l'impulsion du cœur dans toutes les parties du corps dont il répare les pertes, puis il revient au cœur par les veines chercher de nouveaux sucs nourriciers et de nouvel oxygène pour recommencer jusqu'à la mort cette circulation.

Cependant l'air aspiré est bientôt chassé par une contraction rapide des poumons, mais il ne contient plus que peu d'oxygène; l'acide carbonique a remplacé ce qui lui manque de ce côté, tandis que l'azote n'a joué qu'une action de présence.

Les plantes respirent aussi, mais d'une manière toute différente : pendant le jour, la partie verte des feuilles décompose l'acide carbonique qui vient à leur contact, s'assimile le carbone et met en liberté l'oxigène qui se répand dans l'air en l'assainissant. La nuit, au contraire, les plantes prennent à l'air son oxygène pour rejeter de l'acide carbonique. Or, ce dernier gaz est délétère; sa présence dans l'air en trop grande quantité est un danger pour l'homme; aussi doit-on éviter de mettre des fleurs, la nuit, dans une chambre à coucher, et doit-on ménager une ventilation suffisante dans les appartements habités. La nature y pourvoit le plus souvent et supplée ainsi à notre imprévoyance. Quoi que nous fassions, en effet, l'air tend toujours à se recomposer dans ses proportions ordinaires : les courants excités par la chaleur, par les vents, par les phénomènes électriques, mêlent et confondent sans cesse les diverses couches de l'atmosphère; dans nos chambres closes, une ventilation s'établit à notre insu et pour notre bien-être à travers les joints des portes et des croisées et par les tuyaux des poêles et des cheminées, en sorte qu'il est difficile au chimiste de découvrir dans nos salles de réunions longtemps closes des traces des gaz délétères ou une déperdition appréciable de l'oxygène utile.

Mais, se dira-t-on, un homme consomme par sa respiration 330 litres d'air par heure, soit 8 mètres cubes en 24 heures ; et si, par suite d'une ventilation naturelle ou artificielle, l'acide carbonique qu'il produit ainsi se disperse dans la masse totale de l'atmosphère, celle-ci pourra au bout d'un temps plus ou moins long devenir impropre à la vie. On peut ajouter que toutes les combustions qui se produisent à la surface du sol donnent naissance à de l'acide carbonique et contribuent ainsi à vicier l'atmosphère. Cela est vrai ; mais la nature prévoyante porte le remède à côté du mal ; les gaz délétères forment des combinaisons chimiques et disparaissent de l'air ; l'acide carbonique s'élimine par cette voie et sert surtout, comme nous l'avons expliqué avec le mécanisme de la respiration des plantes, à fournir à celles-ci le charbon nécessaire à leur accroissement. Aussi les chimistes n'ont-ils pas non plus trouvé de différence sensible dans la composition de l'air aux plus grandes hauteurs ou dans les profondes vallées, dans les villes populeuses ou au milieu des campagnes. Les causes qui tendent à maintenir constamment dans la nature cet équilibre admirable n'existeraient-elles même pas, que nos contemporains pourraient encore se rassurer sur la qualité de la nourriture nécessaire à leurs poumons. Toute la population animée du globe et les putréfactions qui se produisent à la surface du sol ne seraient pas capables en un siècle d'absorber la dix-millième partie de l'oxygène contenu dans notre atmosphère.

Sans cette couche d'air qui enveloppe notre planète, la chaleur comme la lumière du soleil seraient renvoyées vers les espaces célestes et la terre serait tout entière réduite au sort des hautes altitudes des Andes, de l'Himalaya et des sommets alpestres où l'atmosphère trop raréfiée ne règne déjà plus que sur un désert de glaces et de mort éternelle. Les rayons solaires qui ne seraient plus ni *réfractés* ni *diffusés* produiraient autour de nous des jours éclatants à côté des ténèbres les plus épaisses ; nous serions privés des spectacles grandioses que nous présentent l'aurore et le crépuscule ; les liquides instantanément vaporisés dans le vide immense qui les entourerait ne fourniraient plus ces vapeurs qui nous font voir l'arc-en-ciel aux nuances variées et qui formant tour-à-tour les nuages, les pluies ou les neiges des hautes montagnes, les sources, les fleuves et les océans, entretiennent par leur perpétuel mouvement l'harmonie et la vie autour de nous. La nature sans voix, verrait instantanément disparaître les animaux et les végétaux de la surface de la terre qui ne serait bientôt plus que le cadavre d'un monde.

CHAPITRE IV

LES ÉLÉMENTS DES ANCIENS. — LA TERRE.

SOMMAIRE. — Tout sort de la terre. — La terre en miniature. — Ses montagnes, son atmosphère, son écorce, son feu central. — Cohésion et attraction. — Le plomb de chasse et les boules de Cavendish. — Histoire de la terre.

Tout sort de la terre et tout y revient : nos aliments, nos vêtements les plus modestes ou les plus luxueux, nos habitations et nos meubles, les métaux précieux comme les métaux utiles, nos objets d'art et nos instruments de travail. Nous mêmes ne sommes-nous pas poussière et ne devons-nous pas retourner en poussière ?

Au lieu de dire comme les anciens que la terre est un élément et sert à tout constituer, nous dirons plus exactement que tout sert à constituer la terre. C'est de son sein que les chimistes modernes ont tiré leurs 70 éléments indécomposables, et il est probable que ce nombre diminuera au lieu d'augmenter, parce qu'on trouvera à quelques-uns de ces éléments un principe commun.

En examinant cet *élément des anciens*, nous sommes conduits à entrer dans des détails qui sont plutôt du domaine de l'astronomie et de la géologie que de la physique ; mais quel sujet est digne de nous intéresser à un plus haut degré que celui qui a pour objet l'étude du domicile que la Providence a si admirablement approprié à notre habitation ? Apprenons donc à connaître un peu notre demeure pour nous mieux connaître nous-mêmes et pour arriver plus aisément aussi à la connaissance de Celui qui nous a créés.

La fourmi qui escalade une montagne n'embrasse pas plus aisément du regard, et ne se représente pas plus facilement son domaine que l'homme n'a pu le faire de la terre pendant bien des siècles. Si nous jetons en effet les regards autour de nous, quelque obstacle arrêtera bientôt notre vue ou bien celle-ci ne s'étendra pas au-delà d'un horizon très-proche qui semblera la limite très-éloignée du sol plat que nous foulons au pied. Bien des habitants de la terre n'ont pas encore d'autres notions sur la constitution de leur monde; mais il en est aussi qui plus désireux d'utiliser leur raison sont arrivés à déterminer exactement sa forme, à mesurer ses dimensions et même son poids.

Disons immédiatement les résultats trouvés.

La Terre est une sphère isolée dans l'espace, légèrement aplatie, dont le rayon de l'équateur est de 6376986 mètres.

Le rayon du pôle de	6356324 —
Le rayon moyen de	6366745 —
La surface de	5094321 myr. q.
Le volume de	1079235800 myr. c.
La densité moyenne	5, 50
Et le poids total.	6259534000000000000000000 kilog.

Ce dernier nombre est immense; tous les chevaux qui ont vécu sur la terre, tout ceux qui y vivent maintenant et tous ceux qui vivront encore pendant des millions de siècles, en réunissant leurs efforts, ne transporteraient pas un poids égal. Celui que nous avons trouvé pour l'atmosphère dépassait aussi les limites de nos moyens d'appréciation; qu'on se rappelle pourtant que la terre est 5 fois et demie plus lourde que l'eau tandis que l'air est 770 fois plus léger. Si cette faible densité de l'air excite notre surprise en présence du poids considérable de sa masse totale, nous ne serons pas moins étonnés si nous comparons les dimensions de cette atmosphère à celles de notre planète.

La terre a 40 millions de mètres de circonférence ou, comme nous l'avons déjà trouvé, 12733490 mètres de diamètre : or, la couche atmosphérique n'a que 60 kilométres d'épaisseur, c'est à dire la 212e partie du diamètre de la terre. Si nous figurons donc la terre par un globe de 2 mètres d'épaisseur, il suffira d'imaginer une seconde enveloppe placée à 1 centimètre de la première surface pour avoir la limite de l'atmosphère de cette terre en miniature. C'est à peu près, comme on le voit, l'épaisseur de la peau sur une pomme ordinaire ou comme le duvet qui recouvre une pêche de belle dimension. Que deviendraient les hautes montagnes si nous les ramenions aussi à ces proportions mieux appréciables pour notre vue ? Sur notre globe de 2 mètres, le pic du Davalagiri, dont le sommet inabordable pour l'homme et toujours couvert de neige s'élève à 7800 mètres au-dessus du niveau des mers, ne serait qu'une légère saillie de moins d'un millimètre ; les mers les plus profondes entailleraient encore moins la superficie de la sphère et l'aplatissement des pôles, qui n'est que d'un trois-centième du diamètre, serait complétement insensible. L'habileté du tourneur chargé de confectionner notre boule ne serait probablement pas suffisante pour qu'une si minime erreur ne put être commise à son insu.

Sur une boule de la dimension d'une pomme, ces aspérités et ces défauts de sphéricité seraient insensibles ; aussi est-ce à tort qu'on a comparé souvent les grands bouleversements de la surface du sol aux rugosités de la peau d'une orange et qu'on a prétendu figurer avec exactitude les chaînes de montagnes qui forment les bassins géographiques par des cartes en relief ; ces images de notre monde sont toujours exagérées et ne donnent qu'une idée bien imparfaite de ce qui est réellement.

Une des lois principales qui régissent la matière est l'attraction. Elle est dite *moléculaire* quand elle s'exerce entre les atômes ou les *molécules* qui composent les corps ;

et elle s'appelle *gravitation* si elle s'exerce à distance.

C'est en vertu de la gravitation que la Terre, attirée par le Soleil, tourne autour de lui et ne s'en écarte pas malgré la force centrifuge produite par son rapide mouvement de translation. Cette même force d'attraction fait décrire aux planètes leurs orbites autour du même foyer, à la Lune sa révolution autour de la Terre et attire sur celle-ci tous les corps qui se trouvent dans son cercle d'activité. Voilà pourquoi tous les corps tendent à se diriger vers le centre de la Terre, en sorte que deux hommes situés aux *antipodes* se trouvent, sans éprouver de gêne et sans s'en apercevoir, dans des positions inverses, les pieds aux pieds, l'un désignant le *haut* dans la direction où l'autre indique le *bas*. Le physicien anglais Cavendish fit voir qu'une semblable attraction se produisait entre une grosse boule de plomb et une petite bille de cuivre placée dans le voisinage ; c'est même de cette expérience qu'il déduisit le premier une mesure exacte de la densité moyenne de la Terre.

L'attraction moléculaire, que l'on nomme aussi *cohésion*, ne joue pas un rôle moins important dans l'ordre de la création. Énergique dans les corps solides dont les molécules se déplacent difficilement les unes autour des autres, elle est plus faible dans les liquides dont la forme est très variable, et nulle dans les gaz qui tendent toujours à occuper un volume plus grand que celui dans lequel ils sont contenus et qui acquièrent ainsi une certaine *tension*.

Cette force d'attraction fait que toutes les masses fluides, livrées à elles-mêmes, affectent la forme sphérique qui permet à toutes les petites actions moléculaires de s'équilibrer. Ainsi tout le monde a pu voir que les parcelles de mercure répandues sur une table étaient presque insaisissables parce que le moindre contact les faisait rouler ; de là le nom de vif-argent donné vulgairement à ce métal. Les gouttes d'eau projetées sur la poussière roulent comme des billes ; les gouttelettes de rosée, déposées sur les feuilles et non encore adhérentes, sont globuleuses ; une goutte d'huile, maintenue en suspension dans un mélange d'eau et d'alcool de même densité qu'elle, forme d'elle-même une sphère régulière. Dans les arts enfin, on utilise cette tendance des masses fluides à affecter la forme sphéroïdale de plusieurs manières, notamment en projetant d'une grande hauteur du plomb fondu et divisé qu'on reçoit à la surface du sol dans une nappe d'eau pour obtenir les grains ronds qui constituent le plomb de chasse.

C'est incontestablement à la même cause qu'il faut attribuer la forme généralement sphérique que possèdent tous les corps célestes et en particulier la Terre. Les études géologiques démontrent en effet que la Terre était à une époque bien éloignée de nous, et que nous pouvons sans crainte évaluer à plusieurs millions de siècles, une masse liquide ou même gazeuse qui s'est lentement refroidie et solidifiée en conservant, comme les grains de plomb de chasse, sa forme globulaire ; son mouvement de rotation sur elle-même, en donnant naissance à une force centrifuge considérable, produisit le renflement à l'équateur et l'aplatissement des pôles que nous observons aussi sur les planètes douées comme la nôtre d'un mouvement semblable.

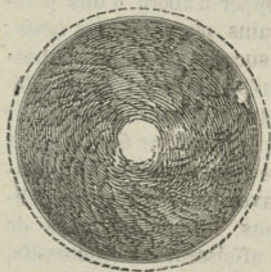
Si primitivement la Terre était fluide, un autre phénomène a dû se produire : les molécules qui la constituent ont dû se ranger dans l'ordre de leurs densités respectives, les moins denses à la surface et les plus pesantes au centre. Or, l'observation confirme pleinement cette hypothèse. Nous avons dit, en effet, que d'après les calculs de Cavendish et de plusieurs autres physiciens, la densité moyenne de la Terre était 5,50 ; mais les corps qui composent sa surface tels que le calcaire, le quartz le feldspath ne sont guère que 2 fois et demie plus pesants que l'eau ; il faut donc que le centre soit occupé par des matières fort lourdes pour arriver à la moyenne que nous venons d'indiquer. L'observation du pendule à de grandes profondeurs a fait porter cette densité jusqu'à 12 et montré ainsi qu'elle s'accroît rapidement à mesure qu'on descend au-dessous de la surface terrestre.

Pénétrons maintenant dans l'intérieur de la Terre. Nous verrons d'abord qu'à une faible profondeur la température moyenne du sol est stationnaire et égale à la température moyenne de la localité. Mais ensuite la température s'accroît à mesure que l'on descend, et le résultat des observations faites jusqu'ici donne un accroissement de 1 degré par chaque 30 mètres de profondeur. Il résulterait de cette loi que vers 3 kilomètres au-dessous du point stationnaire qui, en France est à 10 mètres environ de la surface du sol, on doit trouver déjà 100 degrés, c'est-à-dire la chaleur de l'eau bouillante ; à 20 kilomètres ou 5 lieues, il règne une température de 666 degrés capable de fondre les cailloux. Vers le centre, à 6366 kilomètres, en admettant que la loi se continue régulièrement, on aurait une température de 200,000 degrés dont nous ne pouvons pas nous faire une idée, et qui serait capable, non-seulement de fondre, mais même de volatiliser tous les corps connus.

Cependant, dit un célèbre géologue, M. Beudant, il n'est guère probable qu'il en soit ainsi ; il est à croire que bientôt il se fait un équilibre général et qu'à une profondeur de 150 ou 200 kilomètres il s'établit une température uniforme de 3000 ou 4000 degrés, la plus forte que nous puissions produire et à laquelle rien ne résiste. La température élevée des sources thermales et de l'eau des puits artésiens confirme cette théorie de la chaleur centrale.

Ainsi, non-seulement la Terre a été fluide à une certaine époque, mais elle l'est encore ; sa surfacee seule, sur une épaisseur moindre que 20 kilomètres, s'est solidifiée en perdant dans l'espace sa chaleur primitive et a formé une sorte d'écorce sur laquelle nous vivons.

Cette couche solide de 20 kilomètres nous paraît bien épaisse, eu égard à nos faibles dimensions; mais relativement au rayon de la terre elle est bien peu de chose, puisque celui-ci a plus de 6000 mètres. Sur le globe de 2 mètres diamètre qui nous a servi a représenter la hauteur des montagnes fixée à 1 millimètre au plus et la couche atmosphérique épaisse de 1 centimètre, l'écorce terrestre n'aurait pas plus de 3 millimètres d'épaisseur. La figure ci-contre, bien qu'en les exagérant encore, peut aussi donner une idée de ces proportions. La première ligne pointée extérieure indique la limite de l'atmosphère; la seconde ligne pleine, contiendrait le zône des plus hautes montagnes et des mers les plus profondes; la troisième enfin limiterait intérieurement l'écorce terrestre. Tout le reste du globe serait rempli de substances en fusion ou en vapeur dont la densité pourrait dépasser celle du plomb.



Dans les globes en relief qui meublent les salons ou les écoles, l'épaisseur du carton employé est toujours plus grande relativement que ne le serait l'écorce terrestre par rapport à la Terre. Une feuille de papier la figurerait assez bien dans cette proportion. Si une telle enveloppe était remplie d'un liquide cinq fois plus lourd que l'eau et était soumise à des variations de forme ou à des mouvements rapides, nous craindrions avec raison pour sa consistance et sa durée. Tel est pourtant le cas de notre Terre; les substances qui forment sa croûte n'offrent guère de tenacité; nous apercevons ses crevasses et les nombreuses fissures qui la déchirent ; comment peut-elle alors supporter les changements de forme et de volume dont une si grande masse incandescente doit être susceptible, surtout quand la température centrale est capable de tout réduire en vapeur au moindre jour qui établit une communication avec une atmosphère d'une si faible pression relative ?

Si l'on peut être étonné de quelque chose, c'est que cette disproportion entre l'épaisseur de la croûte et le diamètre de la matière en fusion ne donne pas lieu à plus de catastrophes qu'on n'en éprouve aujourd'hui à la surface de notre planète.

Dirons-nous maintenant comment la Terre, d'abord masse gazeuse puis liquide, s'est par la suite des siècles refroidie de manière à s'envelopper d'abord d'une pellicule solide qui forma les terrains *plutoniens* ou *ignés ;* comment, par les combinaisons successives de son atmosphère d'abord très-épaisse et très-chaude et les combinaisons lentes des éléments qui la constituaient, de nouvelles couches ont recouvert la première écorce et les liquides ont coulé sur sa surface ; comment la vie apparut d'abord au sein des eaux avec les organismes rudimentaires ; comment les volcans, les tremblements de terre, les soulèvements et les affaissements successifs, l'action lente, mais continue des liquides ont disloqué, superposé, ou relevé les premières couches ou en ont formé d'autres constituant les terrains : *neptuniens* ou *sédimentairee* ; comment des générations d'êtres d'une organisation de plus en plus complexe ont peuplé la Terre aux diverses époques géologiques et ont disparu avec les convulsions de ce monde en formation ; comment enfin l'homme doué de raison a été placé au milieu de la dernière série d'animaux doués d'instinct et même d'intelligence comme pour couronner l'œuvre divin et être témoin de la puissance de son auteur ?

Ce sont là sans doute de beaux sujets d'étude et de méditation aussi capables d'élever l'âme que de récréer l'esprit; mais notre tâche est aujourd'hui plus modeste et nous nous arrêterons sur cette voie si attrayante en nous promettant d'y revenir encore dans une autre partie de cet ouvrage.

CHAPITRE V

LES ÉLÉMENTS DES ANCIENS — LE FEU,

SOMMAIRE. — L'art de faire du feu. — Le tirage des cheminées. — Le feu du Ciel. — La crainte de la foudre. — Son utilité. — Les aurores boréales et les feux Saint-Elme. — Les feux-follets et le feu grisou. — Le feu des sauvages, le briquet de nos père et les allumettes chimiques.

Parmi tous les *phénomènes* que nous présente la nature, il n'en est pas qui servent plus à notre utilité ou à notre amusement que celui auquel on a donné le nom de *feu*. Ce mot comprend en effet les idées de chaleur et de lumière et l'on sait combien ces deux agents jouent un rôle important dans les opérations qui ont pour but la satisfaction de nos besoins ou celle de nos plaisirs.

L'art de faire du feu exige un certain apprentissage si l'on ne connaît pas les lois de la physique. Il y a combustion en effet toutes les fois qu'un corps se combine rapidement avec l'oxygène, ou même lorsque deux corps se combinent énergiquement. Plongeons un morceau de phosphore enflammé, de charbon ou d'amadou dans un flacon rempli d'oxygène ; aussitôt nous verrons se pro-produire une lueur éblouissante et les matières combustibles disparaîtront rapidement. Une spirale de fil de fer dont l'extrémité serait chauffée au rouge brûlerait aussi avec un très-vif éclat dans ce même gaz en formant un oxyde de fer qui n'est autre que de la rouille. De l'antimoine en poudre projeté dans un flacon de chlore produit une véritable pluie de feu par l'éffet de la combinaison rapide de ce dernier gaz avec les parcelles du métal.

Pour faire du feu, il faut donc mettre en contact les corps qui doivent se combiner : c'est ainsi que dans nos cheminées d'appartement nous soulevons le bois sur des chenets pour que l'air puisse circuler autour du combustible et lui fournir en peu d'instants, une grande quantité d'oxygène : nous augmentons même la dose de ce gaz indispensable en faisant manœuvrer le soufflet ; puis le tuyau de la cheminée s'échauffe, l'air qu'il contient étant à une température plus élevée et par suite plus léger que l'air extérieur s'élève dans l'atmosphère tandis que d'autre air froid se précipite à travers le foyer pour combler le vide. Plus les tuyaux des cheminées sont élevés et plus le tirage est actif ; dans les usines et les forges importantes on réunit l'action du haut-fourneau à celle de puissantes machines soufflantes pour obtenir de très-hautes températures.

Le feu du ciel ou le tonnerre est un de ces phénomènes naturels qui ont à juste titre occupé à toutes les époques l'esprit des hommes éclairés comme des plus ignorants. Annoncée par une éblouissante lumière, accompagnée d'un bruit tantôt sec, violent et instantané, tantôt prolongé en longs grondements, la foudre brise le bois, le verre, les pierres qui s'opposent à son passage, fond les métaux, frappe de mort ou renverse l'homme et les animaux et met en fusion dans le sol le sable et les silicates pour produire des tubes de verre d'une longueur de plusieurs mètres. Pour la plupart, elle fut et elle est encore un sujet de crainte superstitieuse, une manifestation éclatante de la colère divine. Pour les anciens, qui n'avaient pas dévoilé ce mystère de la nature, c'était Jupiter, le maître de l'Olympe, qui tenant dans ses mains l'arme redoutable forgée pas les Cyclopes contenait ou lançait à son gré des traits rapides et irrésistibles. Il n'est pas permis d'ignorer aujourd'hui que le tonnerre n'est pas un corps de forme définie; mais qu'il est produit par la réunion brusque des deux électricités de nom contraire, à travers l'espace. Cette recomposition rapide du fluide électrique neutre qui est répandu sur tous les corps dans la nature est accompagnée d'une lumière qui est l'éclair et d'un bruit que les échos des nuages et des montagnes répètent et transmettent au loin en le transformant en longs grondements. Si quelque intervalle de temps sépare la perception de la lumière de celle du son, cela tient, non pas à ce que ces deux phénomènes ne sont pas instantanés, mais seulement à la différence de vitesse de leur mouvement à travers l'espace.

Le tonnerre ne *tombe* donc réellement jamais; lorsque l'on dit qu'il en est ainsi, c'est que la recomposition du fluide électrique neutre s'est produite non plus entre deux nuages, mais d'un nuage à la terre à travers l'air et les êtres, les habitations ou les objets qui recouvrent le sol.

La frayeur qu'inspire la foudre est exagérée, et provient en grande partie de ce qu'on ignore les causes de sa production et les circonstances qui l'accompagnent. Ainsi le danger est passé quand on a vu l'éclair; les éclats qui suivent après un temps plus ou moins long, ne sauraient plus produire aucun mal, car l'orage s'est produit à une distance que l'on peut évaluer en comptant 340 mètres d'éloignement pour chaque seconde écoulée entre l'apparition de l'éclair et l'audition du son.

Dans l'intérieur des grandes villes, il est très-rare que la foudre cause des accidents. Les nuages électrisés rencontrent en effet sur leur passage un grand nombre de conducteurs élevés, tels que les paratonnerres, qui laissent écouler vers eux sans bruit et sans éclat l'électricité attirée du sol. Aussi la proportion des gens qui y sont frappés de la foudre est-elle insignifiante et, comme l'a dit Arago, malgré tous les exemples qu'on peut citer, le danger d'être foudroyé à Paris est moins grand pour chacun de ses habitants que celui de périr dans la rue par la chute d'un ouvrier couvreur, d'un vase à fleur ou d'une cheminée.

Dans les campagnes, les accidents bien que plus fréquents que dans les villes sont encore relativement très-rares. Encore les animaux sont-ils plus souvent atteints que les hommes et en plus grand nombre; il arrive par exemple que des moutons réunis en troupe compacte seront tous foudroyés tandis que le berger isolé sera épargné. Un cavalier ne sera quelquefois pas atteint, tandis que son cheval, d'un volume plus considérable et qui touche le sol, sera frappé mortellement.

La Belgique fournit par an en moyenne 3 tués par la foudre; l'Angleterre 22; la France qui, située plus au sud, voit fondre sur elle des orages plus nombreux et plus violents, peut compter annuellement une centaine de personnes frappées de la foudre; ce sont toujours les régions du centre qui fournissent le plus grand nombre de victimes : ainsi le Puy-de-Dôme comptera 56 accidents causés par la foudre, tandis que l'Eure n'en aura que 2.

Les effets de la foudre sont les mêmes que ceux que produisent les étincelles de nos machines électriques, puisqu'ils ont une cause identique, seulement ils sont beaucoup plus intenses. Elle suit naturellement la route qui lui est tracée par les meilleurs conducteurs; aussi sillonne-t-elle l'air en zigzag en passant par les régions les plus humides. A la surface du sol, elle se porte de préférence sur les métaux qu'elle fond ou qu'elle arrache des murs où ils sont scellés; puis, à défaut de ceux-ci, sur les animaux; rarement elle s'attaquera à la soie, au verre, à la résine ou aux corps mauvais conducteurs, sinon pour les diviser et jeter au loin leurs débris. C'est ainsi qu'on explique la marche parfois très bizarre du fluide électrique.

Les points élevés tels que les arbres qui se rapprochent davantage des nuages électrisés sont très-souvent frappés de la foudre ; il est donc dangereux de chercher sous leurs branches un abri contre la pluie, serait-ce même sous celles du laurier dont les anciens vantaient sans raison les propriétés antiélectriques. Il faut aussi éviter en temps d'orage d'ébranler l'air par des mouvements violents qui, en brisant les couches, ouvrent un passage aux fluides qui tendent à se combiner. Qu'on évite donc de courir, d'établir des courants d'air dans les appartements, de sonner les cloches dans les églises comme on a la funeste habitude de le faire dans les campagnes. On ne saurait croire combien de malheurs a causés cette coutume superstitieuse qui produit un effet tout opposé à celui qu'on en attend.

Que les personnes qui redouteront encore le feu du ciel voient aussi le bien qu'il produit à côté du mal qu'il peut faire. La tension électrique continuelle qui est entretenue à la surface du sol par les nuages électrisés active la végétation; les énormes étincelles qui se produisent pendant les orages contribuent à former des nitrates et par conséquent fertilisent le sol. Et puis l'homme est parvenu à arracher *la foudre au ciel* avec les paratonnerres et, en la produisant ensuite à son gré à l'aide des machines électrique ou mieux de la pile, il a appris à la diriger à sa guise, à la faire servir à ses besoins ; il en a construit des phares dont la lumière est comparable à celle du soleil, des sources de chaleur d'une intensité telle que l'on a pu croire un instant que le charbon fondu à ce nouveau foyer se transformerait en diamant, des machines motrices moins dangereuses que celles mues par la vapeur, des télégraphes d'une merveilleuse rapidité, des appareils de toute sorte, aussi utiles dans leurs usages qu'admirables dans leur construction.

Les aurores boréales sont aussi des phénomènes lumineux dont on doit rechercher la cause dans l'électricité de la Terre. On sait qu'on nomme ainsi des lueurs immenses qui se produisent surtout au pôle boréal et qui viennent de temps en temps porter une bienfaisante et splendide lumière au milieu des longues nuits polaires. Ce sont d'abord deux vastes colonnes lumineuses qui se dressent à l'Occident et à l'Orient, s'élèvent lentement à une grande hauteur au-dessus de l'horizon en variant sans cesse d'aspect et de couleur, qui s'inclinent ensuite en rapprochant leurs sommets, se réunissent pour former une immense coupole lumineuse de laquelle partent des rayons nombreux et diversement colorés. En ce moment l'aurore atteint son plus haut période; semblable à une immense toile lumineuse agitée par le vent, elle augmente ou diminue d'éclat, ondule, s'allonge, se raccourcit, se replie et s'étend; ses rayons, dont les pieds offrent toujours la lumière la plus vive, *dardent* constamment du sommet à la base et convergent vers le point du ciel indiqué par l'aiguille aimantée, puis l'arc monte semblable à un ruban flottant; sa lumière éprouve des ondulations de l'Ouest à l'Est, ses plis se prononcent davantage, sa base devient rouge, son milieu vert et son sommet jaune; enfin, ses couleurs diminuent d'éclat et l'arc disparaît au zénith. Ordinairement des arcs de moins en moins brillants se forment successivement après le premier et disparaissent de même. Ce phénomène dure plusieurs heures, après lesquelles la nuit reprend possession des contrées froides et désolées qui l'ont vu se produire.

Les feux saint Edme sont aussi des lueurs électriques dont la formation s'explique facilement. Lorsque des nuages sont très-chargés d'électricité et s'approchent beaucoup du sol, cette électricité peut s'écouler par toutes les aspérités des nuages sous forme de flammes légères. S'il y a entre la terre et le nuage électrisé un corps de petite dimension, ce corps peut par la décomposition de son électricité neutre laisser dégager des flammes semblables.

C'est ainsi qu'à l'approche des orages, dont ces phénomènes sont les signes précurseurs, des flammes apparaissent à l'extrémité des màts et des vergues des navires, que les girouettes des clochers et les pointes des paratonnerres portent une aigrette brillante, que l'on voit même de la neige lumineuse tomber sur le sol de certaines vallées. Cette lumière n'est pas d'ailleurs plus brûlante que celle des corps électrisés par nos machines ou que celle des vers luisants et des autres animaux dits phosphorescents. Au moyen du puissant appareil de Ruhmkorff, nommé *bobine d'induction*, l'on est parvenu à imiter ces aurores boréales, ces feux Saint-Edme et même les trombes marines; l'on a ainsi confirmé par l'expérience les théories posées d'abord par les physiciens.

Il est d'autres feux naturels, tels que les *feux follets* et le *feu grisou*, qui doivent leur origine à une autre cause que l'électricité. Au sein des eaux, le carbone des matières végétales en décomposition s'unit à l'hydrogène pour former un gaz très-inflammable, le protocarbure d'hydrogène que l'on nomme aussi gaz des marais. Remuez la vase du fond d'une mare et vous verrez s'élever à la surface des bulles que vous pourrez recueillir dans un flacon : c'est du protocarbure d'hydrogène presque pur. Que par une circonstantance quelconque, ce gaz se dégage seul et s'enflamme spontanément à l'air, on verra ces lueurs fugitives et passagères dites *feux follets* qui ont servi de prétextes à bien des légendes, à de fantastiques récits et dont on a exagéré la durée aussi bien que la fâcheuse influence. Dans les cimetières, la décomposition des matières organiques peut produire un semblable dégagement de gaz spontanément inflammables; pour le vulgaire ce sont les âmes des morts qui reviennent sous cette forme indécise errer auprès des corps qui leur ont servi d'enveloppe pendant leur séjour sur la terre ou bien des farfadets qui se rendent à un satanique rendez-vous.

Cependant les *feux follets* n'ont jamais agi que sur l'imagination des ignorants et si nous engageons à éviter le voisinage des lieux où ils peuvent apparaître, c'est parce que les lois les plus ordinaires de l'hygiène recommandent de ne pas établir d'habitations auprès des cimetières ni des endroits humides et marécageux.

Mais si l'on craint à tort les feux-follets, on ne saurait prendre assez de précautions contre les atteintes du *feu grisou*. C'est encore du gaz hydrogène protocarboné qui s'est formé à des époques bien antérieures à l'apparition de l'homme sur la terre au sein des amas de végétaux qui constituent aujourd'hui les mines de houille. Ce gaz, comprimé pendant une longue série de siècles sous les couches du sol qui se sont superposées, s'échappe tout à coup par une fissure dans les galeries profondément creusées par les mineurs ; il se mélange à l'air, s'enflamme aux lampes fumeuses et produit des explosions terribles qui écrasent les ouvriers contre les parois des galeries, les ensevelissent sous les matériaux violemment arrachés ou leur enlèvent tout espoir de salut en obstruant par des éboulements les puits d'extraction.

Depuis que le physicien anglais Davy a imaginé sa lampe enveloppée de toiles métalliques, les catastrophes de ce genre sont devenues plus rares. Il ne se passe pourtant pas d'années sans que les journaux nous apportent le récit d'un désastre causé par l'explosion du *feu grisou*. L'imprudence des victimes est souvent dans ces cas la seule cause de leur perte ; mais l'homme s'habitue au danger quand il le voit constamment en face. L'on ne peut pas plus forcer les ouvriers mineurs à tenir leurs lampes Davy parfaitement closes qu'on ne contraindra un couvreur à se passer une corde autour du corps pour se préserver des chûtes quand il se hasarde à marcher sur le toit d'une maison. La témérité sans but n'est pourtant pas le courage; mais la vanité a perdu et perdra encore bien des hommes.

Les sauvages, nous a-t-on dit souvent, font du feu en frottant rapidement deux morceaux de bois l'un contre l'autre, ou plutôt en faisant tourner rapidement entre leurs mains une pièce de bois dont l'extrémité inférieure pénètre dans une autre pièce. Il faut admettre en ce cas que les naturels sont bien habiles, et qu'ils emploient un bois bien léger et bien sec. Il est vrai que le frottement produit de la chaleur; que, pour ranimer nos mains engourdies par le froid nous les frottons l'une contre l'autre; que les essieux des voitures qui ne sont pas bien graissés s'échauffent au point de devenir rouges et de communiquer le feu aux véhicules qu'ils supportent; mais notre mouvement ne sera jamais assez rapide pour porter une pièce de bois frottée contre une autre à une température assez élevée pour qu'il y ait inflammation.

Nos pères trouvaient sans doute plus commode de se servir du briquet, et l'usage de frapper un silex avec un morceau de fer pour faire jaillir l'étincelle qui doit enflammer un morceau d'amadou n'a pas tout à fait disparu de nos campagnes. Lorsque nous disons que l'on frappe un caillou pour en faire jaillir une étincelle, nous sacrifions au préjugé populaire qui admet que les pierres peuvent contenir du feu dans leurs veines. Nous savons bien, au contraire, que l'étincelle produite par le briquet vient des petits copeaux de fer qui, détachés par le tranchant très-dur de la pierre et échauffés par le frottement, s'enflamment à l'air ou s'échauffent au point d'enflammer les substances combustibles.

Les allumettes ont presque entièrement fait disparaître de notre temps les procédés plus ou moins ingénieux antérieurement employés pour se procurer du feu. Elles sont devenues si communes et elles sont d'un usage si commode que nous n'imaginons pas la difficulté qu'éprouvaient nos ancêtres à obtenir un foyer de chaleur que nous nous procurons en quelques instants. Nous les prodiguons, nous les laissons souvent à tort à la portée des enfants et nous consumons ainsi annuellement des forêts entières de la jeune Amérique qui, Dieu merci, est à même de nous fournir encore longtemps du bois pour leur fabrication.

Pour préparer les allumettes chimiques, un ouvrier sépare d'abord à l'aide d'un rabot particulier des blocs de tremble en petites bûchettes des 3 millimètres d'équarrissage environ sans toutefois que l'une des extrémités soit complétement séparée du bloc. Ce bois ainsi divisé est porté dans une étuve où il se sèche en même temps que les parties libres des bûchettes s'écartent en éventail. Les extrémités libres peuvent alors, sans qu'il se produise d'empâtement, être d'abord plongées dans un bain de soufre fondu puis dans la préparation suivante :

Phosphore blanc,	2,5
Colle-forte ou gomme arabique,	2
Eau,	3
Sable fin,	2
Ocre rouge ou bleu de Prusse,	1

La pâte bien battue est étendue sur une table de fonte que l'on maintient à une température de 30° au moyen d'un bain-marie. Il y aurait danger à élever la température puisque le phosphore blanc s'enflamme spontanément à 32°.

Il ne reste plus qu'à sécher en chauffant modérément dans une étuve. — On introduit quelquefois dans cette pâte du chlorate de potasse qui rend l'inflammation plus sûre ; mais elle devient alors explosible par le frottement et les allumettes qui en sont garnies sont d'un emploi désagréable sinon dangereux. Il vaut bien mieux, comme cela se fait quelquefois, remplacer le chlorate par l'azotate de potasse ou salpêtre qui jouit des mêmes propriétés sans présenter le même inconvénient ; mais la présence de ce corps n'est pas indispensable.

On a essayé avec succès de supprimer le soufre des allumettes à cause de l'odeur désagréable qu'il répand en brûlant. Il faut pourtant qu'un corps facilement inflammable serve d'intermédiaire entre la pâte phosphorée et le bois; ce corps peut être l'acide stéarique fondu; mais on ne doit l'appliquer au lieu du soufre que sur des brins de bois dont les extrémités auront été desséchées au point d'être roussies. Cette condition rend la fabrication plus dangereuse, le prix de revient plus élevé et le débit peu considérable.

On pourra se faire une idée de la quantité prodigieuse d'allumettes livrées au commerce en sachant que les procédés de fabrication actuellement en usage permettent à chaque ouvrier d'en préparer environ 60,000 par heure. Aussi devons-nous rappeler que ces générateurs de feu que l'on trouve dans toutes les mains, sur tous nos meubles et même dans nos poches doivent être l'objet d'une très-grande attention dans les familles. Outre que pendant les chaleurs de l'été elles prennent feu au moindre contact et peuvent alors occasionner de graves accidents, il suffit qu'une ou deux allumettes perdent leur phosphore dans nos aliments pour qu'il en résulte des empoisonnements que les efforts de l'art ne parviennent pas toujours à conjurer. On a fait dans ces dernières années d'heureuses tentatives pour remplacer dans les allumettes chimiques le phosphore blanc par le phosphore rouge ou amorphe qui ne bout qu'à 180° et est dépourvu de propriétés vénéneuses. Les petits bâtons soufrés ne sont alors plongés que dans une pâte composée de chlorate de potasse, de gomme, de sable et de matière colorante, tandis que le phosphore *seul* est étendu sur une lame de carton qui sert de *frottoir*. Nous n'insisterons pas sur les avantages de ces nouvelles allumettes et nous terminerons notre examen du feu par quelques mots sur la *pyrotechnie*

CHAPITRE VI

LA POUDRE ET LES FEUX D'ARTIFICE.

SOMMAIRE. — Le feu chez les Anciens et chez les Modernes. — Les Chinois et les barbares. — Les bienfaits de la poudre. — Sa composition. — Lances, pétards, fusées, soleils, chandelles romaines, baguettes et bouquets.

Tous les peuples comme tous les enfants ont un penchant irrésistible à jouer avec le feu. Est-ce l'amour du merveilleux et de l'éclat qui les attire? Chez ces derniers c'est incontestable; mais chez les premiers il semble qu'il y ait eu quelque chose de plus. Souvent en effet, le phénomène physique ainsi nommé a semblé une manifestation de la Divinité sur la terre. Les Chaldéens, les Mèdes, les Perses adoraient le feu du soleil et des astres, et les feux que ces peuples allumaient dans les fêtes religieuses ou publiques n'étaient qu'un symbole du pouvoir divin. En Grèce, le feu sacré brûlait sans cesse dans les temples d'Athènes et de Delphes comme il avait brûlé en l'honneur du vrai Dieu sur les autels d'Aaron; plus tard à Rome les prêtresses de Vesta entretinrent devant la statue de cette déesse un feu perpétuel, et l'on retrouva chez les naturels de l'Amérique un culte tout semblable.

Mais en même temps que le feu passait pour un symbole de la Divinité, il représentait aussi le pouvoir et la force, et il servait dans les réjouissances publiques pour célébrer de grandes victoires ou des fêtes religieuses.

Lorsque le christianisme eut étendu sur le vieux monde son influence salutaire et que les peuples eurent conçu de Dieu une idée plus élevée que celle que le paganisme leur en avait donnée jusque-là, les feux ne furent plus employés que pour les réjouissances publiques. Telle est l'origine des feux de la Saint-Jean et des illuminations aux vigiles des saints martyrs.

L'invention de la poudre devait complétement changer la nature mais non le but de ces divertissements. Les illuminations fixes restèrent à peu près ce qu'elles étaient; mais les feux de joie artificiels ou feux d'artifice remplacèrent les torches fumeuses que des coureurs à gages promenaient auparavant devant le peuple.

Avant d'entrer dans les détails qui concernent la fabrication des diverses pièces d'artifice usitées de nos jours, disons quelques mots de la substance qui fait la base de cette fabrication. Les Chinois, que l'on n'estime généralement pas à leur juste valeur parce que leurs mœurs et leur civilisation nous sont peu connues, nous ont devancés dans l'importante invention de la poudre comme dans celle de la boussole, non pas de quelques années, mais de milliers d'années. Ce peuple que l'on traite vulgairement de barbare, et qui nous le rend bien, employait avant que la France fut constituée en nation un système décimal de poids et mesures; il creusait des puits artésiens et se livrait avec une perfection que nous n'avons pas atteinte à l'agriculture, à la fabrication de la porcelaine, au travail de la soie et à des industries variées dont les produits sont toujours recherchés des occidentaux, mais dont ils ont gardé le secret. Seulement, immobilisés pour ainsi dire par un respect exagéré pour leurs ancêtres, assez orgueilleux pour croire qu'ils ont atteint le plus haut degré de perfection en toutes choses, trop égoïstes pour admettre les autres peuples dans leur société et les faire participer aux richesses dont une nature féconde a doté leur sol, les Chinois ignorent la divine loi du progrès qui nous guide. Actifs, laborieux, patiens, mais toujours marchant dans la voie tracée, sans initative, sans aspirations, après avoir formé la nation la plus civilisée de l'univers, à une époque où la religion chrétienne était ignorée, ils se sont laissé dépasser par les nations modernes qui s'étaient formées et avaient grandi à l'ombre de la Croix, et ils ne doivent plus leur importance qu'à leur nombre, aux biens acquis et à la fertilité de leur sol.

Les Chinois sont peut-être les plus habiles artificiers du monde ; il semble même qu'ils n'aient connu la poudre que pour la faire servir à la fabrication des fusées et des pétards. A en croire les récits qui nous sont parvenus sur leur fameuse *fête des lanternes* nous n'avons jamais vu et nous ne verrons jamais sous notre ciel prodiguer la lumière avec tant d'enthousiasme ni l'odeur de la poudre exciter chez un peuple une telle frénésie joyeuse. Ce n'est que quand ils y ont été contraints par la nécessité que les Chinois ont employé la poudre à la destruction de leurs semblables ; encore sont-ils si maladroits à l'employer à cet usage que malgré leur supériorité numérique ils succombent toujours dans leurs combats contre les Européens. N'est-ce pas avec raison qu'ils nous appellent barbares nous, qui au contraire d'eux, n'avons connu la poudre que vers le quatorzième siècle et qui l'avons immédiatement employée à nous entre-détruire.

Bien que la poudre à canon semble une invention funeste, il est pourtant juste d'ajouter que sa découverte a réellement servi l'humanité. Par elle, en effet, le sort des batailles est plus tôt décidé et les combats sont devenus moins acharnés et moins fréquents. Quelque terribles que soient ces armes qui dans la guerre sèment au loin la mort et le carnage, un centième au plus des coups qu'elles portent atteignent le but ou frappent un ennemi ; les batailles livrées à distance entre deux camps sont moins sanglantes, l'habileté l'emporte sur la force et le nombre des victimes et tellement inférieur à ce qu'il était dans l'antiquité, que nous en sommes venus à douter de la véracité des récits des auteurs anciens. De nos jours enfin, on voit bien rarement les hommes se battre corps à corps avec cette fureur sanguinaire dont les relations des combats de l'antiquité et du moyen-âge nous présentent l'affreux tableau.

Toutes les poudres à tirer n'ont pas la même composition. Celle-ci dépend en effet de la nature de l'arme employée ou du résultat qu'on veut obtenir : lorsqu'elle est trop explosible, la réaction sur les parois de l'arme est violente et brusque, et celle-ci éclate; on dit alors que la poudre est *brisante*. C'est le défaut de la *poudre-coton* et de la poudre dans laquelle le salpêtre est remplacé par le chlorate de potasse. Si la poudre n'est pas suffisamment explosible, le projectile est lancé hors de l'arme avant que la charge soit brûlée en entier, la force de projection est diminuée d'autant. La poudre de mine peut être brisante sans inconvénient; mais il est plus utile encore qu'elle produise un volume de gaz considérable eu égard à la masse de substance enflammée. La poudre d'artifice enfin doit être tantôt très-explosible, tantôt colorée des nuances les plus variées pendant sa combustion, tantôt seulement éclairante. Ici encore il faut tenir compte non-seulement de la quantité et de la qualité des composants, mais aussi de certaines conditions physiques; ainsi, suivant que les grains sont anguleux ou arrondis, l'inflammation sera plus ou moins rapide; la poudre pulvérisée ou pulvérin brûlera plus lentement parce que la flamme aura plus de peine à se frayer un passage dans la masse. Des grains trop gros produiraient un éclat instantané sans force de projection. Il n'est pas indifférent non plus d'employer un charbon plutôt qu'un autre; celui qui convient le mieux dans tous les cas est celui que fournissent les bois légers tels que la bourdaine ou le fusain. Si la carbonisation est assez peu avancée pour que le charbon soit roux, la poudre obtenue sera plus explosible; la poudre de guerre ne s'obtient qu'avec du charbon noir.

Ces principes connus, nous rappellerons que les proportions à mélanger intimement pour obtenir la poudre sont, pour 100 de mélange :

poudre de guerre	salpêtre	75	charbon	12,5	soufre	12,5
— de chasse	id	76, 9	id	13, 5	id	9, 6
— de mine	id	62	id	18	id	20

Les feux d'artifice sont essentiellement formés avec ces mêmes éléments auxquels on ajoute diverses substances, le plus souvent des sels métalliques, destinées à rendre la combustion plus éclatante ou à colorer la lumière produite.

Le nombre des pièces d'artifice employées dans les feux est trop considérable pour que nous puissions les mentionner toutes; nous ne citerons que les plus communes en indiquant leur composition.

Presque toutes sont formés d'une enveloppe extérieure ou cartouche en papier fort ou en carton que l'on peut faire soi-même en enroulant une feuille de fort papier enduite de colle sur un moule cylindrique en bois, puis en étranglant avec une ficelle et liant fortement l'une des extrémités du cylindre ainsi formé. On étrangle ordinairement aussi l'extrémité supérieure des cartouches, afin de donner plus de rapidité au jet de feu qui s'en échappe pendant la combustion; on ne lui laisse toute son ouverture que quand on veut obtenir un feu lent et sans bruit. La charge est ordinairement fortement tassée à l'aide d'une baguette et d'un maillet pour donner au feu plus de durée. Suivant la composition de cette charge, on peut obtenir les pièces suivantes .

Fusée commune. — Poudre pulvérisée, 16 parties, charbon, 3 parties. Quand elles sont un peu grosses, on remplace le charbon par 4 parties de limaille de fer pour donner au jet de feu un plus vif éclat.

Pétard ordinaire. — On les nomme aussi serpentaux ; une fois la cartouche préparée avec des cartes à jouer pour les petites et du fort carton pour les grosses, on charge en mettant d'abord une pincée de son ou de sciure de bois, puis de la poudre en grains jusqu'à la moitié du tube ; enfin on achève de remplir avec du pulvérin en poudre bien écrasée : On étranglera et on liera après avoir fixé *l'amorce.* Celle-ci est une petite mèche de coton trempée dans une pâte faite d'alcool, de gomme, et de poudre écrasée.

Lances. — Ce sont des pièces fixes qui ont surtout pour objet d'éclairer les théâtres d'artifice. Elles servent aussi à mettre le feu aux diverses pièces et sont préférables pour cet usage aux mèches, aux bougies ou aux torches parce qu'elles s'éteignent plus difficilement et qu'elles ne se couvrent pas de cendres. Ce sont de longs tubes de carton d'un petit diamètre chargés à la main d'un mélange non explosible et ouverts par le haut. La composition de leur charge est très-variable ; selon Ruggieri, le célèbre entrepreneur de fêtes publiques, celle qui est la plus convenable contient : 16 parties de salpêtre, 8 de soufre et 4 de pulvérin.

Les *feux chinois* brûlant avec un bouquet d'étincelles d'un *blanc vif* se composent de : poudre 16 parties, salpêtre 8, charbon 3, soufre 3, limaille de fer 10.

Les *feux de Bengale*, qui brûlent lentement, mais avec un éclat extrêmement vif, se font avec 7 parties de salpêtre, 2 de soufre et 1 de matière colorante. Le mélange est fortement tassé dans des pots de terre ou dans de fortes boîtes de carton dont la hauteur égale la largeur, que l'on ferme bien et qu'on munit d'une amorce. Pour ces feux, comme pour toutes les autres pièces d'artifice, on choisira la substance colorante parmi celles qui sont indiquées dans le tableau suivant :

Corps colorant les flammes.

En *rouge* : lithine et ses sels (carmin) ; strontiane et ses sels (rouge ponceau) ; chaux et ses sels, tels que craie et plâtre (rouge orangé).

En *jaune* : soude et ses sels, tels que sulfate et carbonate.

En *vert* : iodures (vert émeraude) : acide borique (teinté de jaune) ; baryte et ses sels (jaunâtre) ; cuivre et ses sels (intensités diverses).

En *bleu* : chlorures (bleu pourpré avec sels de phosphore ou oxyde de cuivre) ; brômures (vert sur les bords avec ces mêmes sels) ; arsenic (bleu clair livide) ; antimoine (bleu verdâtre) ; plomb et ses sels (azur) ; sélénium (bleu d'azur intense) ; chlorure de cuivre (bleu d'azur intense, puis vert).

Les *chandelles romaines* sont des lances qui contiennent d'intervalle en intervalle de petites boules nommées *étoiles* dont la composition est la même que celle des feux de Bengale ; ces étoiles sont chassées du tube aussitôt que la combustion se propage à la poudre placée au-dessous et leur mouvement, alternatif d'ascension et de descente leur vive lueur dont on peut faire varier les nuances, puis leur disparition subite produisent le plus charmant effet.

Au lieu d'être disposées les unes à la suite des autres, les *étoiles* sont quelques fois rassemblées dans une boîte garnie de poudre et constituent une *bombe* qui, lancée à une grande hauteur à l'aide d'un mortier, éclate et disperse dans l'air une poignée de fleurs étincelantes.

La poudre ordinaire pulvérisée et mélangée avec de la limaille de fonte ou d'acier, de la craie en poudre ou de la limaille de cuivre fait presque exclusivement tous les frais de ces gerbes étincelantes mais éphémères qui apparaissent tout à coup dans le ciel et retombent en pluie de feu. Les particules de métal, échauffées par la poudre, brûlent à l'air en produisant avec une lueur caractéristique ces mille aiguilles de feu qui criblent l'obscurité.

Les *fusées volantes* ou *baguettes*, qui s'élèvent avec une rapidité extrême à de grandes hauteurs, ont une structure particulière. L'enveloppe est faite à la manière ordinaire ; mais en la remplissant du mélange combustible, on a soin d'introduire dans son axe une petite broche de bois que l'on retire ensuite de manière à laisser vide une cavité centrale appelée âme de la fusée. Cet espace est ensuite occupé par une *étoupille* formée d'une mèche en coton trempée dans une pâte de même composition que celle des amorces. L'effet de cette mèche est de conduire plus rapidement le feu dans le corps de la fusée et de donner ainsi une force ascensionnelle plus grande ou un recul plus énergique à la fusée lorsqu'elle sera allumée

par dessous. Cette fusée porte en outre à l'extrémité opposée à sa mèche, c'est-à-dire à la partie supérieure, un pot ou tube de carton plus large que la cartouche ayant le tiers de sa longueur et servant à loger la *garniture*, c'est-à-dire des *étoiles*, des *serpentaux*, des *pétards* ou des *pluies de feu* ; ces diverses pièces doivent éclater dans l'espace au moment où la fusée sera arrivée à son plus haut point. Une baguette de saule dont la longeur est de dix ou douze fois celle de la cartouche sert à diriger l'appareil dans son vol. L'extrémité supérieure de cette tige est fixée contre la fusée, l'ouverture de celle-ci étant tournée vers le bas, et en un point tel que tout le système se tienne en équilibre quand on place la fusée sur une lame de couteau à 6 ou 8 centimètres de l'orifice du feu.

On construit les *soleils* en enroulant une petite lance sur une roue de fer ou de bois, ou mieux en assemblant en spirale autour d'un cercle et à la suite les unes des autres des cartouches chargées d'une composition analogue à celle des feux chinois. Le mouvement de recul se transforme en un mouvement de rotation et la force centrifuge projette dans tous les sens les étincelles multicolores de la poudre enflammée. Mais la partie la plus importante d'un feu d'artifice est celle des décorations ou des dessins d'architecture qui servent à représenter les objets les plus en harmonie avec la circonstance à l'occasion de laquelle on tire le feu. Ces décorations se composent de filets que l'on trace avec des mèches trempées dans un mélange en fusion composé de 16 parties de soufre, 2 de salpêtre, 3 de gomme et 1 de matière colorante. Pendant que cette pâte sèche sur la mèche, on saupoudre celle-ci de pulvérin, en sorte que le feu se propage rapidement dans toutes les parties de la construction lorsqu'un seul point est allumé.

Mais toutes ces lueurs éblouissantes, toutes ces poussières de feu paraîtraient bien ternes sans le bruit qui les accompagne; c'est par les effets réunis de la couleur, de la lumière et du bruit que les feux d'artifice nous transportent pour un moment au pays des fées; si l'oreille n'était pas frappée en même temps que les yeux, si nous ne sentions pas le sol frémir sous les coups répétés du canon, si l'air n'était pas ébranlé de temps en temps par l'éclat de ces petites grenades en papier goudronné nommées *marrons*, qui sortent du mortier comme la roche en fusion du cratère d'un volcan, la lumière nous semblerait bien froide; nous ressentirions le même effet que si dans une pièce militaire on supprimait la fusillade pour la remplacer par des coups de sabre.

Toutes les ressources dont dispose l'artificier, toutes les compositions explosives ou lumineuses qui peuvent sortir de ses mains sont mises en œuvre pour couronner digne ment une fête pour laquelle on aura fait appel à son habileté. Le *bouquet* surpasse en effet en éclat, en variété, en fantaisie tout ce que la nature la plus luxuriante peut offrir à l'œil. Une pluie abondante de diamants, d'émeraudes, de rubis, nous transporte alors en plein conte des *Mille et une Nuits*, et du sein de la foule émerveillée s'élève une clameur de joie et d'enthousiasme.

On a beau connaître le mécanisme de ce spectacle, on ne peut s'empêcher de suivre ce mouvement de la foule : c'est qu'à tout âge nous aimons l'éclat de la lumière et du bruit ; que ces commotions et ces éblouissements causés par la poudre surprennent nos sens par des excitations subites et inaccoutumées ; c'est qu'enfin, hommes devenus, nous retrouvons dans ces solennités brillantes ce qui faisait la joie de notre enfance, alors que insoucieux des affaires du monde, nous ne recherchions que le tapage et les plaisirs innocents.

CHAPITRE VII

LES ÉLÉMENTS DES MODERNES

SOMMAIRE. — Les 70 corps primitifs. — L'unité partout. — Métalloïdes et métaux. — La nomenclature chimique. — Les équivalents. — Acides en oxydes ; bases et sels. — Les noms vulgaires et les noms scientifiques — Les gaz comburants, les gaz combustibles et les gaz asphyxiants.

Il est probable que les anciens en admettant quatre *éléments* : l'eau, l'air, la terre et le feu, n'attachaient pas tout à fait à ce mot la signification que nous lui donnons aujourd'hui ; ils voulaient seulement désigner les matières premières indispensables à l'existence d'un monde ou les substances primitives pouvant fournir par elles-mêmes toutes les autres substances. Ce que nous avons dit dans les chapitres précédents suffit pour faire voir que leur opinion n'était pas contraire à la vérité et que c'est avec quelque raison que, dans le langage ordinaire, l'eau, l'air et le feu sont encore désignés sous le nom d'éléments.

Pour les physiciens et les chimistes, le mot élément est synonyme de *corps simple* ou *indécomposable ;* mais la chimie est une science encore bien jeune ; elle est née il y a cent ans à peine, et depuis les travaux de Lavoisier, de Berthollet, de Dalton, de Gay-Lussac seulement, elle a commencé à débrouiller le fatras des vieilles doctrines et à se reconnaître au milieu des substances et des phénomènes innombrables qui doivent fixer son attention. Dans l'état actuel de la science, les corps réputés simples sont au nombre de 70; c'est-à-dire que dans tout ce qui nous entoure, dans toutes les substances minérales, végétales ou animales que nous pouvons toucher et étudier, il n'entre que quelques-uns de ces 70 éléments ; mais ce n'est pas à dire pour cela que ces corps eux-mêmes soien indécomposables parce que jusqu'à ce jour ils ont été indécomposés. Quelques savants pensent au contraire qu'il n'y a qu'une sorte de matière, comme il n'y aurait qu'un fluide impondérable se manifestant sous les caractères particuliers à la chaleur, à la lumière, au magnétisme et à l'électricité ; et qu'une seule espèce animale indéfiniment perfectible dont l'homme représenterait en ce moment le plus haut degré.

Nous devons reconnaître, il est vrai, qu'il n'y a qu'un Dieu pour gouverner cet univers, infini dans ses dimensions comme dans les formes qu'il nous présente ; qu'il n'y a qu'une loi, celle de la gravitation universelle, pour faire exécuter aux astres innomblables qui nous entourent leurs mouvements si variés ; que le magnétisme terrestre, le galvanisme et l'électricité ne sont assurément qu'un seul et même fluide présentant des analogies frappantes avec la chaleur et la lumière dans son mode d'action comme dans sa génération ; que, en parcourant la série des êtres animés de l'époque actuelle ou des périodes antérieures à l'apparition de l'homme, on voit leur structure et leur conformation varier de l'un à l'autre en passant bien souvent par des nuances presque insensibles. Mais s'il est séduisant pour le philosophe de généraliser pour la création entière les faits particuliers que le savant est parvenu à découvrir, celui-ci ne peut ainsi devancer l'œuvre des siècles en affirmant ce qui peut n'être qu'une ingénieuse hypothèse. Il nous semble difficile de croire qu'un chien puisse devenir un singe ; mais il nous est impossible d'admettre que celui-ci devienne à son tour un homme ! Qnand même le soufre et le fer dériveraient d'un même principe, la création en paraîtrait-elle plus sublime à nos yeux ? Il suffira toujours de regarder une goutte d'eau au microscope et d'y découvrir des populations entières dont on ne soupçonne même pas l'existence ou de diriger les regards vers le ciel infini en songeant qu'une seule loi fait mouvoir tous ces globes immenses, pour voir la grandeur de l'œuvre à côté de la simplicité des moyens, pour reconnaître la puissance du créateur auprès de la faiblesse de la créature et pour retrouver dans les faits ces antithèses écrasantes, que nos paroles peuvent à peine traduire et que notre imagination ne saurait inventer.

Les éléments des modernes sont pour le moment :

I. Métalloïdes.

Ce nom devrait signifier : qui ressemble aux métaux ; mais ce qui distingue précisément les corps suivants c'est qu'ils n'ont pas l'éclat métallique (l'arsenic excepté) et qu'ils ne sont pas comme les métaux bons conducteurs de la chaleur ni de l'électricité.)

1. Oxygène *.	O	100
2. Hydrogène *.	H	12,5
3. Azote *.	Az	175
4. Soufre *.	S	200
5. Sélénium *.	Se	491
6. Tellure .	Te	806,5
7. Chlore *.	Cl	443,2
8. Brôme *.	Br	978,3
9. Iode *.	Io	1578,2
10. Fluor *.	Fl	239,8
11. Phosphore *.	Ph	400
12. Arsenic * (1).	As	937,5
13. Bore *.	Bo	136,2
14. Silicium *.	Si	266,7
15. Carbone *.	C	75

(1) Le poison qu'on désigne vulgairement sous le nom d'*arsenic* n'est pas le corps à l'aspect métallique des chimistes, mai sa combinaison avec l'oxygène qu'ils nomment l'*acide arsénieux*. Cette combinaison s'obtient en faisant brûler l'arsenic.

II. Métaux.

1° S'oxydant rapidement à l'air et ne pouvant être utilisés à l'état métallique : on les nomme *alcalins*.

16.	Potassium *	K, (du latin Kalium)	490
17.	Sodium *	Na (du latin Natrium)	287,2
18.	Lithium .	Li	80,4

2° S'oxydant à l'air et extraits des *terres* ; ils prennent le nom de *alcalino-terreux*.

19.	Baryum *.	Ba	858,4
20.	Strontium *.	Sr	548
21.	Calcium *.	Ca	250
22.	Magnésium *.	Mg	151,3
23.	Glucinium.	Gl	87,1

3° Peu oxydables et extraits des *terres*. On les nomme *terreux*.

24.	Zirconium.	Zr	420
25.	Thorium.	Th	743,9
26.	Yttrium.	Yt	402.3
27.	Terbium.	Tr	»
28.	Cerium.	Ce	590,8
29.	Lanthane.	La	588
30.	Didyme.	Di	620
31.	Erbium.	Er	»

4° Métaux s'altérant assez peu à l'air pour qu'on les emploie plus usuellement dans l'industrie à l'état pur.

32.	Aluminium *.	Al	171
33.	Manganèse *.	Mn	344,7
34.	Fer *.	Fe	350
35.	Cobalt *.	Co	369
36.	Nickel *.	Ni	369,7
37.	Chrôme *.	Cr	328
38.	Tungstène * ou Wolfram.	W	1150

39. Molybdène.	Mo	589
40. Vanadium.	Vd	855,8
41. Zinc *.	Zn	406,6
42. Cadmium *.	Cd	696,8
43. Cuivre *.	Cu	395,6
44. Plomb *.	Pb	1294,5
45. Bismuth *.	Bi	1330
46. Mercure ou vif argent *	Hg (Hydrargyrum)	1250
47. Etain *.	Sn (du latin *Stannum*)	735,3
48. Titane.	Ti	314,7
49. Tantale ou Colombium.	Ta	1153,5
50. Osmium.	Os	1244,2
51. Antimoine *.	Sb (Latin *Stibium*)	806,5
52. Uranium.	U	750
53. Argent *.	Ag	13,50
54. Or *.	Au (latin aurum)	1227,8
55. Platine *.	Pt	1232
56. Palladium.	Pd	665,2
57. Iridium.	Ir	1233,2
8. Rhodium.	Rh	652,1
59. Ruthénium.	Ru	646

5° Métaux encore peu étudiés.

60. Niobium.	Nb	»
61. Pélopium.	Pe	»
62. Ilménium.	Il	»
63. Rubidium.	Ru	»
64. Cœsium.	Cœ	»
65. Thallium.	Th	»

Les petites étoiles jointes aux noms de certains éléments indiquent que ceux-ci ont reçu des applications dans l'industrie ou entrent dans la composition des corps qui nous sont les plus connus, tels que le sang, le bois, le bronze, le plâtre, les boissons, les aliments, les poteries, etc. On voit ainsi qu'il n'y a guère plus de 25 substances premières qui paraissent réellement indispensables ou utiles, au point où en sont nos connaissances actuelles.

Mais la chimie pour se constituer en science, avait besoin, comme les mathématiques, la médecine, etc. d'un langage particulier qui permit d'établir un classement méthodique des substances innombrables que nous rencontrons autour de nous, basé sur la composition de ces mêmes substances et pouvant servir, par conséquent, à désigner plus tard celles que l'on pourrait encore découvrir. C'est en 1787 que les chimistes français Lavoisier, Guyton de Morveau, Fourcroy et Berthollet posèrent les règles de la nomenclature actuelle ; guidés par la logique des faits qui n'admet pas de discussion, ils créèrent pour ainsi dire une grammaire chimique devenue universelle, adoptée par les savants de tous les pays et ils immortalisèrent leur nom en faisant de la France le berceau de la science nouvelle.

Nous ne pouvons passer sous silence les principales règles de cette nomenclature qui tira la chimie du chaos.

1° Si deux substances autres que l'oxygène se combinent pour former un corps, le composése désignera par les noms des deux composants dont le premier prendra la terminaison *ure*. Exemples : Iodure de potassium signifie combinaison d'iode et de potassium ; carbure d'hydrogène ombinaison de carbone et d'hydrogène etc.

2° Les combinaisons d'un élément avec l'oxygène peuvent être de deux sortes suivant leurs propriétés : les *acides* et les *oxydes*.

Les acides se désignent par le nom de l'élément qui les constitue, auquel on donne une terminaison en *eux* ou en *ique* suivant qu'il s'unit à moins ou plus d'oxygène. S'il y a plus de deux combinaisons on fait précéder les deux noms déjà obtenus des particules tirées du grec *hypo* (au-dessous), et *per* ou *hyper* (au-dessus). Exemples : L'oxygène forme avec le chlore cinq acides dont les noms seront, par ordre d'oxygénation : Acide hypochloreux, acide chloreux, acide hypochlorique, acide chlorique, acide perchlorique. L'oxygène forme encore avec le soufre quatre combinaisons acides, dont les noms seront : acide hyposulfureux, acide sulfureux, acide hyposulfurique, acide sulfurique. L'oxygène ne forme avec le bore qu'un acide : l'acide borique ; etc.

3° Les *oxydes*, aussi nommé *bases*, sont simplement désignés par les éléments qui les constituent. Exemple : l'oxyde de carbone est une combinaison d'oxygène et de carbone, etc. S'il y a ici comme pour les acides divers degrés d'oxygénation, on fait précéder le mot oxyde des particules *proto* (sous), *sesqui* (1 fois 12), *bi* (2), *tri* (3), *per;* c'est ainsi qu'on désigne les oxydes provenant de la combinaison de l'oxygène avec le manganèse par les mots : protoxyde de manganèse, sesquioxyde de manganèse, bioxyde ou peroxyde de manganèse, etc.

4° L'hydrogène en se combinant avec quelques corps peut aussi former des acides; pour les nommer, on fait suivre le nom de ces corps de la terminaison *hydrique*. Exemples : les acides chlorhydriques, sulfhydrique, iodhydrique, etc,, sont des combinaisons de l'hydrogène avec le chlore, le soufre, l'iode...

5° Les acides et les oxydes ou bases se combinent en se neutralisant pour former des *sels*. Ceux-ci sont nommés en faisant suivre le nom de l'acide de celui de la base avec cette modification que la terminaison *eux* de l'acide se change en *ite*. et la terminaison *ique* en *ate*. Exemple : le sulfate de fer est une combinaison d'acide sulfurique avec l'oxyde de fer; l'hypochlorite de soude est composé d'acide hypochloreux et de soude (oxyde de sodiun).

6° Les *alcalis* sont les *oxydes* ou les composés binaires qui se combinent le plus énergiquement avec les acides pour former des sels ; les principaux sont : l'ammoniaque (azoture d'hydrogène), la potasse (oxyde de potassium); la soude (oxyde de sodium) etc.

Cette langue particulière à la chimie a pour complément nécessaire un système de signes et de formules analogues à ceux qui sont employés en Algèbre. C'est ainsi qu'on désigne les corps simples non plus par leur nom en toutes lettres, mais seulement par leur initiale généralement suivie d'une autre lettre de ce nom ainsi que nous l'avons indiqué dans la liste générale. Quant aux composés, on les désigne par l'assemblage des symboles des corps composants, avec l'indication des proportions de ces composants. Exemples : un flacon sur l'étiquette duquel il y aurait l'indication *Ph* devrait contenir du phosphore, *As* de l'arsenic, *Sn* de l'étain; SO^3 indiquerait une combinaison de soufre et de trois fois plus d'oxygène qu'il ne peut en entrer dans la composition la plus simple : ce serait de *l'acide sulfurique*; HO, combinaison d'hydrogène et d'oxygène, serait de l'eau; HS, combinaison d'hydrogène et de soufre, de l'acide sulfhydrique et AzH^3, combinaison d'azote et d'hydrogène, de l'azoture d'hydrogène ou ammoniaque.

Les chimistes ont ainsi à leur disposition une sorte d'écriture sténographique qui leur permet, non-seulement d'indiquer par quelques signes la composition en même temps que le nom d'un corps, mais aussi de représenter par une phrase concise les réactions de ces corps les uns sur les autres. Pour celui qui est versé dans la connaissance de cette écriture, la phrase suivante, par exemple :

$$Zn + SO^3 + HO = Zn,SO^3 + H$$

Signifie : du zinc *plus* de l'acide sulfurique, *plus* de l'eau, *produisent* du sulfate de zinc *et* de l'hydrogène. C'est en effet en faisant le mélange indiqué dans la première partie de la phrase que l'on prépare l'hydrogène. De même :

$$MnO^2 + 2HCl = MnCl + 2HO + Cl$$

Veut dire :

Du bioxyde manganèse et de l'acide chlorhydrique produisent du protochlorure de manganèse, de l'eau et du chlore. C'est en effet la réaction au moyen de laquelle on se procure du chlore dans les laboratoires.

Il ne faudrait pas croire pourtant que les corps composés se forment avec des proportions quelconques des corps simples; que l'on formera de l'eau par exemple avec de l'oxygène et de l'hydrogène mélangés en quantités variables.

D'abord, l'union intime des corps qui constituent la combinaison chimique ne se fait pas ordinairement au simple contact; il faut l'intervention d'un agent qui est le plus souvent la chaleur, la lumière ou l'électricité. C'est par exemple en faisant passer une étincelle électrique à travers un mélange d'oxygène et d'hydrogène que l'on fait combiner ces corps pour former de l'eau. Mais il faut remarquer en outre que si le poids de l'oxygène mélangé est plus de 8 fois le poids de l'hydrogène ou si le volume de l'oxygène est plus de la moitié du volume de l'hydrogène, ce qui revient au même, l'oxygène en excès restera libre; de telle sorte que les deux corps ne se combineront que dans la proportion définie et immuable qui doit former l'eau. Il en est ainsi de toutes les autres combinaisons chimiques.

Les *équivalents chimiques* des éléments que nous avons inscrits à la suite de leurs noms et de leurs formules sont précisément les poids de ces corps qui se combinent invariablement, ou des nombres proportionnels à ces poids.

Si un corps se combine en plusieurs proportions avec un autre corps, non-seulement la première combinaison sera proportionnelle aux équivalents des deux composants, mais les poids du second composant qui se combineraient avec un même poids du premier seront 1 fois, 1 fois 1/2, 2 fois, 3 fois etc., le poids de cet élément dans la première combinaison. L'exemple suivant fera mieux comprendre cette singulière loi qui justifie la présence des particules *sesqui*, *bi*, *tri*, devant les noms de certains composés.

L'oxygène et l'azote se combinent en cinq proportions différentes qui sont :

Poids d'oxyg.	Poids d'az.	Poids et nature de la combinaison		Formule
100 gr. d'O	+ 175 g. Az	= 275 gr.	Protoxyde d'Azote	AzO
200 gr. O	+ 175 g. Az	= 375 gr.	Bioxide d'Azote	AzO^2
300 gr. O	+ 175 g. Az	= 475 gr.	Acide azoteux	AzO^3
400 gr. O	+ 175 g. Az	= 575 gr.	Ac. hypoazotique	AzO^4
500 gr. O	+ 175 g. Az	= 675 gr.	Acide azotique	AzO^5

Ainsi les poids successifs qui se combinent avec 175 d'azote sont 2, 3, 4, 5 fois les 100 grammes qui entrent dans la première combinaison. Cette même loi, dite des *proportions multiples*, se vérifie pour toutes les autres combinaisons.

Tels sont les principes sur lesquels repose la science qui a pour objet l'étude des propriétés particulières des corps. De nouvelles découvertes viendront sans doute étendre ces lois ou leur en substituer d'autres; on a cherché déjà leur explication dans la constitution moléculaire des corps et dans l'action des forces attractives agissant à des distances infiniment petites; mais nous devons laisser de côté les théories plus ou moins ingénieuses qui ont été émises sur ce sujet pour nous occuper surtout des faits d'expérience.

NOMS VULGAIRES COMPARÉS AUX NOMS SCIENTIFIQUES DE QUELQUES SUBSTANCES.

Noms vulgaires	*Noms scientifiques*	*Formules*	*Observations.*
Eau.	Protoxyde d'hydrogène.	HO	
Diamant.	Carbone très-pur.	C	Cristallisé
Plombagine *ou* mine de plomb.	Charbon ou carbone assez pur.	C	Ce corps ne contient pas de trace de plomb.
Esprit de sel *ou* acide muriatique.	Acide chlorhydrique.	HCl	Liquide fumant.
Alcali volatil.	Ammoniaque *ou* azoture d'hydrogène.	AzH^3	
Sel ammoniac.	Chlorhydrate d'ammoniaque.	AzH^3,Cl	
Arsenic *ou* mort aux-rats.	Acide arsénieux.	AzO^3	
Eau-forte.	Acide azotique *ou* nitrique.	AzO^5,HO	Liquide fumant.
Huile de vitriol.	Acide sulfurique.	SO^3,HO	
Vitriol vert.	Sulfate de fer.	FeO,SO^3	
Craie, marbre coquilles, stalactites, pierre à chaux	Carbonate de chaux.	CaO,CO^2	
Plâtre, gypse.	Sulfate de chaux.	CaO,SO^3	
Sel d'oseille	Acide oxalique.	C^2O^3	
Sel de cuisine, gemme *ou* marin.	Chlorure de sodium.	$NaCl$	
Salpêtre *ou* Nitre.	Azotate de potasse.	$KO,Az\,O5$	
Réalgar.	Sulfure d'Arsénic	AsS^2	Couleurs pour la peinture.
Orpiment.	Acide sulfarsénieux.	AsS^3	

Gaz des marais *ou* grisou des mines.	Protocarbure d'hydrogène	C^2H^4	
Essences et huiles essentielles.	Carbures d'hydrogène.		Proportions variables.
Vinaigre.	Acide acétique et eau.	$C^4H^3O^3,HO$	
Eau-de-vie, esprits.	Alcool et eau	$C^4H^6O^2,HO$	
Crême de tartre.	Bitartrate de potasse.	$2KO,C^8H^4O^{10}$	
Rouille.	Oxyde de fer.	Fe^2O^3	
Colcotar.	Sesqui-oxyde de fer.	FeO^5	Couleur rouge.
Cinabre.	Sulfure de mercure.	Hg^2S	Vermillon
Acier et Fontes.	Carbures de fer.		Proportions variables.
Sublimé corrosif.	Protochlorure de mercure.	$HgCl$	(Suivant M. Frémy).
Calomel.	Sous-chlorure de mercure.	Hg^2Cl	(id. id.)
Pierre infernale.	Azotate d'argent.	$AgOAzO^5$	
Pierre à cautère.	Potasse (oxyde de potassium).	KO	
Eau de Javelle	Hypochlorite de chaux.	CaO,CiO	
Vert-de-gris.	Oxyde cuivre.	CuO	
Vitriol bleu, couperose bleue etc.	Sufate de cuivre	CuO, SO^3	
Minium	Oxyde rouge de plomb.		

Blanc de céruse	Carbonate de plomb.	PbO, CO^2
Soude.	Oxyde de sodium	NaO
Chaux.	Oxyde de calcium	CaO
Sel de Glauber.	Sulfate de soude	$Na\,O,SO^3$
Magnésie.	Protoxyde de magnésium.	MgO
Ecume de mer, magnésie, talc.	Silicate de magnésie.	MgO,SiO^3
Alun	Sulfate double d'alumine et de potasse.	$(KO,Al^2O^3)\ SO^3$ $4SO^3$
Saphir et Emeri.	Oxyde d'aluminium ou alumine pure.	Al^2O^3
Argile, Kaolin, terre à porcelaine	Silicate d'alumine	$Al^2\,O^3,SiO^3$
Ocre et Terre de Sienne.	Mélange d'argile et d'oxyde de fer hydraté.	Couleurs pour la peinture.
Pierre d'aimant.	Oxyde de fer.	$FeO,\ Fe^2O^3$
Pyrite de fer.	Sulfure de fer.	FeS
Smalt ou bleu d'azur.	Oxyde de cobalt.	CoO
Blanc de zinc	Oxyde de zinc.	ZnO^2
Or mussif.	Bisulfure d'étain.	SnS^2
Blanc de fard.	Azotate de bismuth.	$Bi^2O^3AzO^5$
Laiton.	Alliage de cuivre et de zinc.	
Amalgames.	Alliages de mercure.	

Or potable d'autrefois dissolution de sesqui chlorure d'or ($Au^2 Cl^3$) dans l'éther

etc.

Nous ajouterons à ces renseignements sur les corps les plus usités et sur les combinaisons des éléments quelques notions générales sur les gaz en indiquant ceux qui brûlent à l'air, ceux qui sont impropres à entretenir la combustion et la vie, et ceux qui entretiennent la vie sans brûler.

I. Gaz comburants ou faisant brûler sans brûler eux-mêmes.

Oxygène. Ce gaz produit les combustions les plus énergiques ; est indispensables à la vie des animaux.

Il ne brûle pas par lui-même, mais il enflamme les corps qui présentent encore quelques points en ignition.

Air. Entretient la combustion et la vie ; il présente d'ailleurs avec moins d'énergie les propriétés de l'oxygène qui entre dans sa composition.

Protoxyde d'Azote. Il rallume aussi les corps presque éteints et peut ê re respiré, paraît-il, sans danger en produisant une sorte d'ivresse, ce qui lui a fait donner le nom de *gaz hilariant*. Mais cette propriété singulière n'est pas bien établie.

II. Gaz combustibles et asphyxiants.

Hydrogène (H). Ce gaz, 14 fois $^1/_2$ plus léger que l'air, est employé pour gonfler les ballons. Il s'enflamme très-facilement à l'air en produisant une flamme très-pâle, mais très-chaude qui donne naissance à de la vapeur d'eau. Il asphyxie les animaux et éteint les corps enflammés qui sont plongés dans son sein. Tous les gaz de cette série possèdent cette même propriété.

Oxyde de carbone (CO). Brûle au contact de l'air avec une flamme bleue que l'on voit apparaître au-dessus des réchauds de charbon bien allumés. Non-seulement il éteint les corps en combustion plongés dans sa masse, mais il est vénéneux. C'est le gaz qui joue le principal rôle dans l'asphyxie par le charbon.

Hydrogène proto-carboné (C^2H^4). Gaz des marais; brûle avec une flamme bleuâtre. Asphyxiant mais non délétère. Il entre dans la composition du *gaz d'éclairage*. Son poids est un peu plus de la moitié du poids de l'air.

Hydrogène bicarboné (C^4H^4). Brûle à l'air avec une belle flamme blanche. Il constitue en grande partie le *gaz de l'éclairage* obtenu par la distillation de la houille.

Acide sulfhydrique (HS). Se dégage des fosses et a l'odeur des œufs pourris. Il brûle avec une flamme bleuâtre. Très-délétère; 1,1500 dans l'air suffit pour tuer un oiseau.

Hydrogène phosphoré (PhH^3); s'enflamme spontanément à l'air sans l'intervention d'un corps enflammé. C'est aux dégagements de ce gaz dans les cimetières que l'on doit surtout attribuer la production des feux-follets. Il répand une forte odeur d'ail.

Cyanogène (C^2Az). Brûle avec une flamme purpurine. Il est délétère; mais sa présence est signalée par son odeur de kirsch. Sa combinaison avec l'hydrogène, l'acide cyanhydrique (C^2Az, H), plus connu sous le nom d'*acide prussique* est un des poisons les plus violents que l'on connaisse. Le chimiste Scheele qui le découvrit passe pour avoir été sa première victime.

III Gaz incombustibles et asphyxiants.

L'*azote* (Az); l'*acide carbonique* (CO^2); le *bioxyde d'azote* (AzO^2); ce gaz se décompose au contact de l'air en produisant des vapeurs *rutilantes* d'acide hypoazotique; l'*ammoniaque* (AzH^3), dont l'odeur est vive et piquante, et que l'on connaît mieux dissous dans l'eau ; l'*acide sulfureux* (SO^2), dont tout le monde a ressenti l'odeur pénétrante en enflammant des allumettes soufrées ; le *chlore* (Ch), gaz lourd et d'un jaune verdâtre, à l'odeur forte et suffoquante, remarquable par ses propriétés décolorantes ; *l'acide chlorhydrique* (HCl), à l'odeur piquante, que l'on connaît mieux dans sa solution aqueuse, etc.

CHAPITRE XVIII

EXPÉRIENCES AMUSANTES SUR L'EAU, L'AIR ET LE FEU.

SOMMAIRE. — La ventouse. — La machine pneumatique; l'œuf se vidant seul ; les poissons bouillis et vivants; jets d'eaux dans le vide. — Le crève-vessie. — Les vases de Tantale. Le ludion et Rotomago. — La bouteille inépuisable. — Montgolfières, ballons et parachutes.

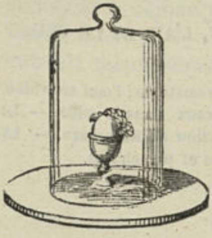
La ventouse.

Placez au milieu d'une cuvette peu profonde remplie d'eau un petit support sur lequel vous mettrez un godet contenant de l'esprit de vin et allumez celui-ci. Recouvrez le tout d'une cloche de verre qui s'appuiera sur le fond de la cuvette. Bientôt l'oxygène de l'air emprisonné sera absorbé par la combustion ; il restera de l'azote et de l'acide carbonique dont les volumes seront moindres que le volume d'air primitif et la pression atmosphérique extérieure fera monter l'eau dans la cloche à mesure que celle-ci se refroidira. C'est la même opération qui a lieu lorsqu'on applique des ventouses.

On peut répéter plus simplement cette expérience en plaçant un morceau de papier allumé dans une boîte à lait et en renversant celle-ci sur de l'eau; l'air intérieur échauffé se dilatera et s'échappera de la boîte à travers l'eau sous forme de bulles; mais le papier s'éteindra bientôt et l'eau montera alors à l'intérieur de la boîte.

* *
*

L'œuf se vidant seul.



Enlevez un petit éclat de coquille à la pointe d'un œuf frais ainsi que a pellicule correspondante ; placez-le ensuite sous le récipient d'une machine pneumatique. Lorsqu'on fera le vide, l'air contenu dans l'œuf se dilatera et chassera au dehors toute la substance qui y est renfermée.

* *
*

Les poissons asphyxiés dans l'eau pure.

Si l'on place un bocal à poissons sous la cloche d'une machine pneumatique et que l'on pompe l'air de ce récipient, l'air contenu dans l'eau s'échappera et les poissons mourront bientôt faute de pouvoir respirer. Si l'on continue l'aspiration de l'air, l'eau pourra entrer en ébullition bien que sa température ne soit qu'à 20° ou même à 10° au-dessus de zéro. C'est que la vapeur d'eau, n'étant plus maintenue par la pression atmosphérique, tendra à se former dans toute la masse liquide. Si on laisse brusquement rentrer l'air, après un temps suffisamment court, les poissons pourront revenir à la vie et on aura le singulier spectacle de poissons vivants ayant séjourné un instant dans l'eau bouillante.

La machine pneumatique sert à faire un grand nombre d'autres expériences instructives ; nous en indiquerons quelques-unes.

Si l'on remplace le vase aux poissons par une chandelle allumée, celle-ci s'éteindra bientôt si l'on aspire l'air ; on verra ensuite la fumée tomber le long de la chandelle au lieu de monter comme elle le ferait dans l'air.

Si c'est une bouteille vide, bouchée à l'air, que l'on place sous le même récipient, et qu'on aspire l'air, il arrivera un moment où la force élastique de l'air, contenu dans la bouteille n'étant plus contrebalancée par la pression extérieure sera assez énergique pour faire sauter le bouchon.

Un oiseau placé dans les mêmes conditions, chancelle, tombe et meurt si la privation d'air dure trop longtemps.

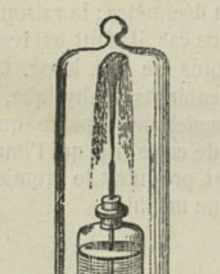
Une sonnette agitée ne donnera plus aucun son dans le même espace.

Enfin on pourra produire un jet d'eau sans toucher au liquide jaillissant ni au vase qui le contient, comme nous l'indiquons ici.

* *
*

Jet d'eau dans le vide

Faites passer un tube à extrémité bien effilée à travers le bouchon d'un flacon plein d'eau et placez cet appareil sous la *cloche* de la machine pneumatique. Aussitôt que vous commencerez à faire le vide, le peu d'air qui est au-dessus de l'eau dans le flacon fera jaillir cette eau par le tube parce que l'air extérieur ne fera plus équilibre à l'élasticité du *gaz intérieur*.



On pourrait obtenir le même résultat à l'air libre en soufflant de toute la force des poumons par le petit tube qui doit fournir le jet ; on accumulera ainsi, à l'intérieur du flacon, de l'air qui, en revenant à sa pression primitive, chassera au dehors une petite quantité de l'eau contenue dans ce flacon.

Les *syphons* à eau de Seltz ne fonctionnent que d'après ce principe.

**
*

Crève-vessie.

En faisant aussi le vide sous une cloche dont la partie supérieure est formée par une membrane de vessie ou un parchemin, il arrivera un moment où la pression atmosphérique ne rencontrant plus aucune résistance au-dessous d'elle fera éclater brusquement la vessie ou le parchemin en produisant un grand bruit.

Si l'on a deux hémisphères creux en cuivre s'ajustant parfaitement l'un contre l'autre par la partie ouverte de de manière à former une sphère creuse, et qu'au moyen d'un tube à robinet adapté à l'un d'eux on fasse le vide dans la capacité intérieure, on aura ensuite beaucoup de peine à détacher ces deux hémisphères ; la force d'un homme n'y suffira ordinairement pas quand le diamètre de la boule creuse sera de un décimètre ; le raisonnement fait voir en effet que dans ce cas il faut exercer une traction représentée par un poids de 100 kilog. Ce petit appareil, bien connu dans les cabinets de physique, a reçu le nom d'*hémisphères de Magdebourg*, parce que c'est Otto de Guérick, bourgmestre de cette ville qui l'imagina. C'est le même physicien qui produisit le premier l'étincelle électrique au moyen d'une machine.

**
*

Le vase de Tantale.

On désigne sous ce nom un vase tel que quand il est rempli il se vide seul, en sorte que le liquide semble fuir les lèvres du buveur, et que celui-ci, s'il est très-avide, subit en petit le supplice auquel Tantale était condamné dans les enfers. Les récits fabuleux de la Grèce nous rapportent, comme on sait, que ce roi du Péloponèse ne craignit pas de tuer son fils Pelops et de le servir à manger aux Dieux de l'Olympe qui étaient venus lui rendre une visite. Jupiter, le Dieu des dieux, devina le crime; mais Cérès, n'écoutant que sa faim, dévora rapidement une épaule du jeune homme. Tantale fut condamné à vivre dans les enfers, le corps à moitié plongé dans un lac dont les eaux se baissaient devant lui lorsqu'il cherchait à y calmer sa soif toujours ardente, et dont les bords étaient ombragés d'arbres qui se relevaient lorsqu'il voulait cueillir leurs fruits savoureux et calmer ainsi sa faim dévorante. Ajoutons, pour compléter le roman, que Pélops fut réssuscité et obtint des dieux une belle épaule d'ivoire en échange de celle que la déesse lui avait déchirée à belles dents.

**
*

Les vases de Tantale sont quelquefois des verres à double paroi comme l'indique notre figure. En fabriquant un de ces verres, l'ouvrier a soin d'introduire entre les deux lames un liquide coloré comme le vin qui n'aura plus d'issue pour s'échapper quand le vase sera terminé. Si l'on incline le verre qui paraît toujours plein, le liquide suivra le mouvement; il pourra même passer entre les lèvres avec le bord qui y sera porté, mais il ne s'échappera pas de son enveloppe et l'on ne boira qu'à la condition de remplir réellement le verre, bien qu'il paraisse déjà plein.

On peut encore construire un vase de Tantale en faisant passer à travers le pied d'un verre ordinaire un tube

qui se recourbe dans l'intérieur de manière à ce que le haut du coude ne dépasse pas l'ouverture du vase et que l'extrémité touche au fond. Quand ce vase sera plein, le tube fera syphon (voir ce mot à la mécanique) et tout le liquide se videra par en dessous. On conçoit que ce tube puisse être masqué dans l'épaisseur du verre. Ce qu'il y a de singulier dans cet appareil, c'est que l'écoulement du liquide ne commence que lorsque le niveau dépasse le coude du tube; mais alors il continue jusqu'à épuisement complet.

*
* *

Le Ludion et Rotomago.

Le ludion est un petit appareil bien simple dont certains charlatans se servent ordinairement pour attirer les curieux autour de leurs tréteaux. Il consiste en une petite bouteille de verre ou d'émail, à orifice capillaire ne contenant que la quantité d'eau nécessaire pour qu'elle flotte en plongeant presque entièrement dans l'eau. On peut ajouter à ce flotteur des appendices qui lui donnent l'apparence d'une

poupée ; puis on le met dans un vase profond presque rempli d'eau et bouché hermétiquement par une membrane. Si l'on appui avec le doigt sur cette peau de vessie, l'air placé au-dessous est comprimé ; l'eau qui n'est pas compressible transmet cette pression à l'intérieur du petit flacon flotteur dans lequel pénètre une nouvelle quantité de liquide. Devenu plus lourd par cette addition de lest, le flacon descend pour remonter ensuite lorsqu'on cessera d'appuyer sur la partie supérieure du vase.

Dans les carrefours, les diseurs de bonne aventure ne touchent pas au bocal ou à la carafe contenant la petite figure à laquelle ils donnent le nom générique de *Rotomago*. Une ficelle, passée au-dessus de la peau dans le but apparent de la maintenir, descend le long de la carafe. passe dans un bâton creux qui supporte l'appareil en ayant l'air de l'isoler, puis traverse le dessus d'une chaise juxta posée sur laquelle monte l'opérateur. Pendant que celui-ci débite son *boniment* et amasse la foule par ses lazzis la figure reste immobile ; mais à un moment donné il lui commande de descendre, de monter, de danser, etc, ce qui s'exécute très-aisément, grâce à d'imperceptibles pressions exercées sur la ficelle avec le pied. Enfin la petite poupée est envoyée dans la partie supérieure, c'est-à-dire abandonnée à elle-même, sous le prétexte d'aller écrire la bonne aventure sur des cartons blancs choisis par le public. Disons de suite que ces cartons, placés dans une boîte en fer-blanc, portent d'avance la bonne aventure écrite avec une *encre de sympathie* incolore ; et que la chaleur ou un agent chimique spécial ayant exercé son action quelque temps dans la boîte close, le magicien peut bientôt montrer aux spectateurs ébahis l'écriture peu correcte de *Rotomago*.

* * *

La bouteille inépuisable.

Tout le monde connaît les bouteilles d'encre dites *syphoïdes* qui ont deux becs, l'un effilé et l'autre large ; quand on veut verser l'encre, par le petit bec, il est nécessaire de déboucher l'ouverture la plus large, sans quoi l'air ne pouvant pas diviser la petite colonne liquide qui se présenterait à l'orifice, et ne pouvant venir occuper la place de l'encre qui tend à sortir, celle-ci ne s'écoulerait pas. Même lorsqu'on verse un liquide par une seule ouverture un peu large, il s'établit une sorte de lutte entre l'air qui veut entrer et le liquide qui veut sortir ; les chocs qui en résultent produisent ces *glouglous* bien connus des buveurs.

Pour qu'un liquide s'écoule d'un vase à orifice très-étroit qui le contient, il faut donc que, à mesure que ce liquide s'échappe d'un côté, l'air extérieur vienne d'autre part combler le vide produit. C'est sur ce seul principe que repose l'expérience si surprenante de la bouteille dite *inépuisable*. Cette bouteille, au lieu d'être en verre, est en tôle vernie et à fond plat, de sorte que sa capacité est beaucoup plus considérable que celle des bouteilles ordinaires. L'intérieur est divisé en autant de compartiments que la bouteille doit fournir de liqueurs différentes ; chacun de ces compartiments est muni de deux petits tubes dont l'un aboutit à une petite distance du goulot et l'autre s'ouvre à l'extérieur vers la panse de la bouteille. Tous les petits trous latéraux peuvent être munis de clefs comme les ouvertures des flageolets et disposés dans un ordre tel qu'ils soient bien à portée des doigts quand on saisit la bouteille pour verser. Il suffira maintenant de donner accès à l'air dans le compartiment du *rhum* par exemple, en pesant sur la clef correspondante ou en levant le doigt qui ferme l'ouverture latérale de ce compartiment dans le cas où il n'y aurait pas de clef, pour que le rhum demandé puisse couler seul par le goulot. Il est inutile d'avoir des cases spéciales pour des liqueurs peu connues ou formées d'infusions diverses ; le prestidigitateur habile saura, en donnant accès à l'air dans plusieurs compartiments à la fois produire un mélange qui ressemblera à ce qui lui est demandé. Les émotions ressenties dans ces circonstances par les spectateurs les rendent d'ailleurs peu difficiles sur la qualité des liquides qui leur sont présentés.

Mongolfières et ballons.

L'enlèvement d'un ballon est de nos jours le divertissement obligé qui accompagne les mâts de cocagne et qui précède le feu d'artifice dans toutes les grandes réjouissances publiques. Dans les fêtes particulières aussi, on lance parfois une petite montgolfière perdue. Nous ne pouvons nous dispenser de donner quelques renseignements sur cette récréation à la mode. — Les montgolfières dont nous parlons sont ordinairement construites avec des bandes de papier longues d'au moins 2 mètres, découpées d'une manière particulière (voir à la géométrie) et bien collées ensemble. Le sphéroïde ainsi formé est bien clos à la partie supérieure, tandis qu'il est largement ouvert à la partie inférieure et maintenu tel au moyen d'un anneau de métal. Sous cet anneau est suspendu un réchaud supportant de la paille humide ou de l'étoupe imbibée d'esprit-de-vin. Le ballon étant maintenu quelque temps dressé et déployé, l'air chaud s'introduit à l'intérieur avec la fumée des combustibles que l'on allume au-dessous, et bientôt, devenu plus léger que l'air froid qui l'entoure, il s'enlève emportant avec lui la matière enflammée qui maintient sa masse à une haute température et entretient ainsi sa légèreté relative.

Dans les grandes villes, on n'emploie plus guère les montgolfières et on leur substitue les ballons à gaz. Ceux-ci sont construits en taffetas gommé; ils portent à leur partie supérieure une soupape dont la corde descend jusque au-dessous du ballon et sont recouverts d'un réseau de fortes cordes qui se réunissent au-dessous pour soutenir ce qu'on est convenu d'appeler la *nacelle*. Ce dernier appareil ne ressemble en rien à un bateau; c'est un simple panier d'osier, rarement capitonné, qui doit servir à contenir l'aéronaute et ses compagnons : S'il s'agit de faire des expériences de physique, des observations météorologiques ou tout autre excursion savante dans les airs, on gonfle le ballon avec le gaz hydrogène parce que c'est le plus léger de tous les gaz connus et qu'il permet par conséquent de monter plus haut; mais si, comme cela a lieu le plus souvent, il ne s'agit que de faire voir à la foule qu'il y a des hommes assez hardis pour se fier à l'air, c'est-à-dire à l'élément le moins solide, le plus inconstant et le plus capricieux, on se contentera de mettre dans l'aérostat du gaz d'éclairage beaucoup plus lourd que l'hydrogène il est vrai, mais que l'on se procure aisément sur toutes les places publiques.

On a fabriqué depuis quelques années de petits ballons captifs pour l'amusement des enfants. Vu leurs petites dimensions, on a dû les constituer avec une enveloppe très-légère, remplie d'un gaz très-peu dense; l'enveloppe est en effet une mince pellicule de caoutchouc rosé et elle contient du gaz hydrogène pur.

Par un effet *d'endosmose* singulier, le gaz contenu dans ces petits ballons, quelque bien clos qu'ils soient, tamise à travers l'enveloppe pour se mêler à l'air extérieur, tandis que, par une tendance inverse, celui-ci vient se mêler au gaz intérieur. Au bout d'un ou de deux jours les petits ballons captifs, quoique encore gonflés, ont perdu par ce fait leur légèreté relative et sont devenus incapables de reprendre leur vol. Le même phénomène se passe dans les grands aérostats en taffetas gommé; et si l'on parvenait jamais à les diriger sûrement et utilement, ce qui semble peu probable, ils ne seraient encore pas capables de fournir une longue course sans que leur provision d'hydrogène dût être renouvelée.

Le problème de la navigation aérienne ne doit pas être mis au rang des *problèmes impossibles*; mais serait-il résoiu qu'il n'y aurait pas à cela grand avantage. Les voyages en l'air présenteront toujours plus de dangers que les voyages de mer et surtout que ceux de terre ; ils ne permettront jamais d'aller bien haut, faute d'une quantité suffisante de chaleur et d'air au delà de 7000 mètres, ni bien loin faute de provisions, ni avec une grande vitesse moyenne à cause de la variabilité des courants atmosphériques qui tantôt emporteront les machines volantes avec la force de l'ouragan, tantôt les contrarieront dans leur marche avec une égale puissance ; mais il y a là pour l'homme l'attrait degrandes difficultés à surmonter, de la célébrité à acquérir pour quelques-uns, du danger à courir pour d'autres ; en sorte que nous pourrions bien un jour envahir avec nos machines le domaine de l'oiseau. Ce jour-là le parachûte remplacera comme meuble indispensable le parapluie, la canne-siége ou le paletot ciré

(1) Voir plus loin le chapitre intitulé : *Voyage à la Lune.*

CHAPITRE IX

DES ILLUSIONS DES SENS

SOMMAIRE. — Méfions-nous de nous-mêmes. — Les illusions du toucher; la bille dédoublée; le froid et le chaud. — Les illusions du goût et de l'odorat : Les dégustateurs et les gourmets; Les substances alimentaires et les parfums. — Les illusions de l'ouïe : les réflexions du son; les échos : La fille invisible.

Il est dans la nature humaine de se tromper, dit un proverbe latin que l'on ne saurait trop se rappeler ; nos pareils nous trompent, quelquefois pour s'amuser à nos dépens, le plus souvent pour tirer quelque profit de l'erreur dans laquelle ils nous font tomber ; nos raisonnements les plus logiques en apparence nous conduisent aussi à des conclusions fausses ou nous font commettre des fautes grossières ; nos sens eux-mêmes se mettent parfois de la partie et, par les illusions qu'ils présentent comme des réalités, nous entretiennent dans ces préjugés, dans ces croyances absurdes, dans cette ignorance en un mot dont l'humanité à tant de peine à se dégager.

La physique nous enseigne que pour que la présence d'un corps soit bien constatée, il faut au moins que celui-ci nous fasse éprouver deux sensations différentes. D'après ce principe, les images des miroirs ne sont pas des corps, parce qu'elles ne tombent que sous le sens de la vue ; le son n'est pas un corps, parce qu'il ne frappe que l'oreille ; il en est ainsi de plusieurs autres phénomènes physiques. Pourtant il faut faire quelques exceptions à la règle générale et reconnaître qu'il y a des *corps* qui ne tombent que sous un de nos sens, tandis que certains *phénomènes* nous procurent deux sensations. Nous ressentons la chaleur du feu et nous voyons sa flamme, pourtant le feu n'est pas un corps ; nous voyons la lueur du tonnerre, nous entendons son bruit, mieux encore, nous sommes parfois victimes de ses coups, sans que le tonnerre ait aucune des propriétés générales inhérentes aux corps. D'autre part, nous ne doutons pas que les étoiles soient des corps, et la vue seule nous fait connaître leur existence. Lorsque quelque sensation nous fera croire à l'existence d'un corps, ne laissons donc pas errer notre imagination au hasard, à la recherche de fantômes, et examinons le fait observé avec le sens du raisonnement qui n'est souvent que ce qu'on est convenu d'appeler le *bon sens*.

* *
*

Les illusions du toucher.

Le sens du toucher, que l'on est habitué à considérer comme infaillible, nous induit en erreur en certaines circonstances. En voici quelques exemples :

Que l'on croise le doigt du milieu sur l'index de la même main, puis qu'entre les extrémités des doigts ainsi disposés on fasse rouler de droite à gauche et inversement pendant quelque temps une petite bille placée sur une table ; il semblera, si l'on ferme les yeux pendant cette expérience, que l'on touche deux corps distincts, et plus les efforts que l'on fera pour les séparer l'un de l'autre seront grands, mieux on maintiendra cette bille entre les doigts croisés.

Une cave étant moins exposée que les pièces d'une maison aux courants d'air, à l'action du soleil et au rayonnement vers l'espace, sa température varie très-peu ; nous savons même que si la cave était très-profonde, cette empérature ne varierait pas du tout ; pourtant elle nous paraît chaude en hiver et froide en été. Cela tient uniquement à ce que l'air extérieur étant plus chaud en été et plus froid en hiver, nos sens indiquent un abaissement de température dans la première saison et une élévation dans la seconde.

Prenez un verre d'eau chaude et un verre d'eau froide ; versez le tiers du premier ainsi que le tiers du second dans un troisième verre dont l'eau sera par conséquent à une température moyenne ; mettez ensuite un doigt de la main droite dans l'eau froide et un doigt de la main gauche dans l'eau chaude ; laissez-les ainsi quelque temps pour qu'ils prennent bien la température du milieu dans laquelle ils sont plongés. Si vous les retirez et que vous les plongiez ensuite dans le troisième verre contenant le mélange, le doigt de la main droite éprouvera une sensation de chaleur, tandis que le doigt de la main gauche ressentira du froid ; et pourtant ils sont bien tous les deux soumis à la même température.

Cette dernière expérience démontre combien nos organes sont mauvais juges de la température en même temps que l'utilité des *thermomètres*. On sait que le principe qui préside à la construction de ses instruments est la dilatation des liquides par la chaleur.

* * *

Les illusions du goût et de l'odorat.

Qui pourrait se vanter de reconnaître au goût où à l'odorat les corps qui affectent ces sens ? Les falsificateurs des substances alimentaires ont fait de trop bonnes affaires de nos jours pour que nous ne soyons pas forcés d'admettre que le goût et l'odorat nous trompent bien souvent. Il n'y a peut-être aucune des substances servant à l'alimentation de l'homme qui n'ait été plus ou moins altérée, depuis celles qui sont exclusivement réservées à la table des riches jusqu'à celles qui sont consommées par les pauvres.

Dans les farines de blé on met de la fécule de pomme de terre et même de l'albâtre pulvérisé ; on introduit ensuite dans la pâte du pain, soit pour la rendre plus lourde et plus avide d'eau, soit pour activer sa fermentation ou augmenter sa blancheur, du sulfate de cuivre, de l'alun, de la craie, du plâtre, du carbonate de potasse, etc. Au sel de cuisine, on mêle du salpêtre, des sels de warech, du plâtre préparé pour cette fraude, de l'alun, des matières terreuses ; au poivre, de la cendre ou des semences de chènevis pulvérisées.

Quel est le Parisien qui peut se flatter de boire du lait non additionné d'eau, de fécule ou de toute autre substance ; d'assaisonner ses salades avec de l'huile d'olive pure de tout mélange avec l'huile d'œillette, de pavot ou de noix ; ou de posséder du vinaigre qui ne contienne pas quelques gouttes d'acide sulfurique. Mais si un goût un peu délicat lui dénonce ces altérations frauduleuses, ne se plaît-il pas à savourer du café fabriqué le plus souvent avec des racines de chicorée, de carottes ou de betteraves torréfiées et pulvérisées ; à boire, sous le nom de thé, comme digestif, une infusion de feuilles de prunier sauvage, de frêne ou de sureau, colorée en noir ou en vert ; ou à renifler avec délice du tabac mélangé d'éllébore noir, de marc de café ou de tout autre substance semblable. Les gourmets ne distinguent pas toujours le cheval du bœuf, la vache marinée du chevreuil, le chat du lapin. Ils avalent volontiers un mélange de cacao avarié, de cassonade, de fécule de pomme de terre et de graisse de mouton à la place de cet aliment sain, fortifiant et entièrement végétal que l'on nomme chocolat. Souvent ils préféreront les viandes malsaines et déjà en décomposition qu'ils appellent *faisandées* aux viandes fraîches mais plus fermes; les cornichons, l'oseille, les haricots conservés, possédant une appétissante couleur verte due à la présence d'un sel de cuivre toujours vénéneux, aux mêmes aliments plus sains mais privés par cela même de leur fraîche couleur.

Mais il est peu de substances parmi celles qui servent journellement à l'alimentation de l'homme qui soient sujettes à autant de fraudes que les vins. On déguise leur verdeur avec de la craie, on adoucit les vins par l'addition d'une certaine quantité de *litharge* ou de *céruse*, qui sont, comme on sait, deux violents poisons; on exalte leur couleur et l'on perfectionne leur goût en ajoutant de l'alun ou des oxydes de cuivre. On les falsifie par l'eau-de-vie et l'eau pure réunies pour leur donner plus de force ou les empêcher de se décomposer; on les colore avec le bois de campêche ou bois d'Inde, le bois du Brésil ou de Fernambouc, les baies de sureau, de troëne ou de myrtille, des mûres et des prunelles, des pétales de coquelicots. On *fabrique* même *des vins sans raisin* au moyen de mélanges convenables d'eau, de sucre, d'alcool de qualité inférieure, de crême de tartre et de matières colorantes. Il suffit ensuite d'ajouter à ce mélange, comme on le fait pour les vins falsifiés, quelque substance destinée à donner le *bouquet* : du jus de framboise, des feuilles de ronce ou de sureau pour les vins rouges, et des amandes amères, des feuilles de laurier-cerise, des enveloppes d'aveline ou diverses épices pour les vins blancs.

Les fraudes les plus ordinaires se commettent simplement par des additions d'eau ou par des mélanges entre des vins de provenance très-différentes.

On comprendra, d'après ce que nous venons de dire, combien doit être difficile *l'art du dégustateur*.

Celui-ci doit être pourvu, dit M. Garnier dans son *Traité des falsifications*, d'une certaine sagacité dans le sens de la vue afin de bien saisir la couleur du liquide ; puis l'odorat entre en jeu, et quelle finesse, quelle subtilité ne doit-il pas acquérir pour discerner les effluves délicates qui se croisent, se mêlent et se dominent tour à tour ! Le goût vient enfin juger en dernier ressort quand la langue, le palais, et l'arrière-bouche ont été rigoureusement interrogés. Aussi les habiles dans le métier sont fort rares, et tel qui étale à cet égard de grandes prétentions tombe, à l'épreuve, dans des bévues plaisantes sinon grossières.

Mais là où les sens sont impuissants à nous montrer la fraude et le danger, l'analyse chimique, plus perspicace, découvre les substances étrangères ou nuisibles. Elle s'est faite ainsi l'auxiliaire clairvoyant de la loi qui, d'après ses indications, frappe maintenant sévèrement les industriels cupides qui ne craignent plus d'attenter par les falsifications à la fortune ou à la santé publiques.

Si nous devons reconnaître qu'il n'y a pas de fraude à employer dans la parfumerie des substances tout à fait différentes des essences provenant des fleurs, pour provoquer sur notre odorat la sensation de ces fleurs elles-mêmes, il faut bien avouer aussi que ce sens y est singulièrement trompé. L'odeur des amandes amères est fournie par la nitro-benzine, celle de la vanille par le benjoin ou l'acide benzoïque etc. Les plus délicats n'y pourraient rien distinguer ; mais comme ils ne recherchent en résumé qu'une sensation agréable et que l'effet désiré est parfaitement produit, nous aurions mauvaise grâce à nous élever contre ce genre de substitution.

**
*

Les illusions de l'ouïe.

Le son est le phénomène produit par le choc brusque des molécules de l'air les unes contre les autres. Il se propage par ces ondulations semblables à celles que produit une pierre jetée sur une nappe liquide, et lorsqu'il rencontre un obstacle, il se réfléchit comme la lumière sur la surface d'un miroir ou une balle contre un mur. Les Grecs prétendaient qu'une nymphe nommée Écho, de la suite de Junon et fille de la Terre et de l'air attira par son babil l'attention du galant maître des Dieux et que la jalouse Junon la changea en rocher et la condamna à ne plus répéter que la dernière syllabe des mots qui frapperaient son oreille. Pour nous qui n'avons pas la riante et poétique imagination des Grecs, l'écho n'est plus qu'une simple réflexion du son (1).

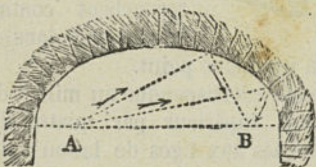
Pour qu'il y ait écho, il faut que l'obstacle qui doit arrêter et réfléchir le son soit dans des conditions convenables; la principale est que sa distance soit telle qu'on puisse avoir le temps de prononcer une syllabe nettement avant que le son ne revienne à l'oreille. Or, le son parcourt environ dans l'air 340 mètres par seconde; supposons qu'on soit une demi-seconde à émettre un son, l'obstacle ne devra le rapporter au plus tôt qu'après cette demi-seconde, c'est-à-dire lorsque le son aura parcouru la moitié de 340 ou 170 mètres. Pour parcourir cette distance, il aura dû en faire la moitié, 85 mètres, en allant, et autant en revenant. Il faut donc que l'obstacle soit à 85 mètres au moins du point où l'on se trouve. On cite un écho, près de Nancy, qui répète jusqu'à vingt syllabes. Il y en a encore de plus curieux : l'un d'eux, à trois lieues de Verdun, répète douze ou treize fois un cri unique; il est formé par deux grosses tours éloignées de 72 mètres qui se renvoient le son produit au milieu de leur intervalle. Celui du parc de Woodstock, en Angleterre, répète jusqu'à 20 syllabes et celui du palais Simonetta, aux en-

(1) Voir le chapitre intitulé : *la Science des sons;* 3e partie.

virons de Milan, reproduit jusqu'à 60 fois le bruit d'un coup de pistolet.

L'église de Charenton-le-Pont, près Paris, possède un écho qui reproduit de suite jusqu'à 16 syllabes ; comme tous les échos, il ne rend pas ou rend mal le son sifflant de la lettre *S* : en sorte que si l'on crie le mot *Satan*, l'écho répond : *attends* ou *va-t-en*, ce qui fait penser à quelques personnes qui poussent la dévotion jusqu'à la superstition que quelque bon ange, préposé à la garde du temple, empêche les murs du saint lieu de répéter le nom du diable.

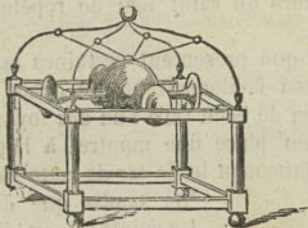
Les *foyers acoustiques* que présentent certaines salles voûtées s'expliquent aussi facilement que les échos, en ayant égard à la réflexion du son. Qu'à l'un des foyers A d'une voûte elliptique, on place une montre, à l'autre foyer B on entendra parfaitement le *tic-tac* de cette montre, tandis que dans les points intermédiaires on ne percevra aucun son. Deux niches placées face à face dans une grande salle peuvent produire le même effet. Dans la salle *des Antiques*, au Musée du Louvre, on peut voir à chaque extrémité une vaste coupe de marbre posée sur son pied. Si quelque visiteur parle à voix basse dans l'une de ces coupes, le son, réfléchi vers le plafond, revient à l'autre coupe et est perçu par les curieux qui examinent, sans se douter de ce phénomène d'acoustique, les incrustations de l'intérieur du vase ; cependant les personnes placées dans l'intervalle ne peuvent rien entendre. Il existe aussi, au Conservatoire des Arts-et-Métiers, une salle dite des *échos* qui présente un phénomène semblable : Elle est voûtée à arceaux croisés, et si quel-



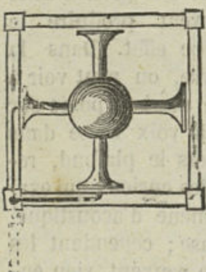
qu'un parle bas contre un pilier d'encoignure, la voix suit la nervure correspondante jusqu'au pilier opposé en passant par le sommet de la voûte.

Une des plus amusantes expériences que l'on ait faites avec la transmission du son, est celle que l'on désigne ordinairement sous le nom de *la fille invisible*. Voici en quoi elle consiste.

Un cadre de bois est supporté par quatre montants assemblés eux-mêmes par des traverses horizontales. Le tout repose sur une table basse. Du sommet de chacun desquatre montants partent des tiges de laiton qui se recourbent comme on le voit dans la figure et se réunissent en un même point.



Une boule de cuivre creuse est suspendue au milieu du cadre supérieur par quatre fils attachés aux tiges de laiton : elle se trouve ainsi isolée des autres parties de l'appareil ; c'est dans cette sphère que la prétendue *fille invisible* a établi son domicile ; du moins c'est de son intérieur que la voix doit sembler sortir en traversant l'une des quatre trompettes dont les bouches aboutissent très-près du cadre. Si une personne s'approche de l'une des bouches et pose une question au personnage invisible, elle peut recevoir immédiatement une réponse par la même voie, bien que l'examen des diverses parties de l'ap-



pareil ne lui permette pas de découvrir le stratagème. Il est pourtant des plus simples : l'un des montants est traversé par un tube dont une extrémité, en suivant une traverse, aboutit devant une trompette. En se continuant d'autre part sous la table et le long du parquet, ce tube se termine dans la chambre voisine en cornet acoustique. De ce côté, un *compère* est chargé d'écouter les questions et d'y répondre ; la réflexion du son dans les diverses parties de l'appareil complète l'illusion.

CHAPITRE X

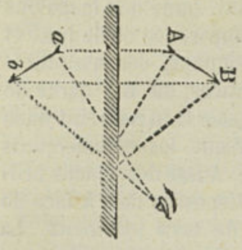
LES ILLUSIONS D'OPTIQUE.

SOMMAIRE. — Les corps brisés dans l'eau et le jeu des glaces. — Le Kaléidoscope. — La lanterne magique. — Fantasmagorie. — Panoramas, dioramas et cosmoramas. — Les thaumatropes. — Ombres chinoises, anamorphoses. — Spectres.

Il nous faudrait un gros volume pour faire connaître toutes les illusions que notre vue peut éprouver et toutes les récréations que nous offre cette partie de la physique que l'on nomme l'*optique*. Contentons-nous de rappeler les principales.

Le jeu des glaces.

Les principales illusions de la vue sont produites par la *réflexion* et par la *réfraction* de la lumière. D'après le premier de ces phénomènes, lorsqu'un rayon lumineux tombe sur une surface polie, la plus grande partie de cette lumière change de direction en faisant un *angle de réflexion égal à l'angle d'incidence;* d'après le second, lorsque ce même rayon passe d'un corps à travers un autre, de l'air dans l'eau, ou dans le verre, par exemple, il sera plus ou moins dévié de sa direction. C'est au premier phénomène que nous devons attribuer le jeu des glaces d'appartement. Celles-ci agissent à l'égard de la lumière, pour produire des images perceptibles pour notre œil, comme les obstacles à l'égard du son pour produire des échos. Dans la figure ci-jointe nous avons marqué en petits traits la marche réelle des rayons lumineux ; comme l'œil voit en général les objets en ligne droite, il reçoit l'impression des rayons venus de A et de B comme si ces rayons venaient de *a b*, et par la pensée, l'on place en ce point le corps qui est réellement en A B. Les miroirs sont assez répandus dans nos demeures pour que nous n'y soyons guère trompés, à moins que nous ne soyons introduits



brusquement dans une salle spacieuse dont quelques panneaux sont remplacés par des glaces réfléchissantes sans cadre. Mais les enfants sont toujours émerveillés de cette reproduction exacte et précise des objets qui les entourent, ils y voient la réalité et cherchent à se confirmer dans cette opinion en portant la main vers ces images insaisissables. Le chien, surpris de trouver un compagnon là où il se croyait seul maître de la place, s'arrête tout à coup en présence d'une glace, manifeste sa surprise par son attitude, son œil grand ouvert, son oreille dressée ; il grogne, aboie ; puis, en voyant son adversaire témoigner la même surprise, la même colère, il s'éloigne, comprenant qu'il est en présence non d'un ennemi, mais d'un fantôme ; jamais, en effet, il ne retournera se mirer, et c'est avec répugnance qu'il se laissera conduire de nouveau devant son image. Le chat, dans les mêmes circonstances, ira se heurter contre la surface réfléchissante ; puis, convaincu qu'un camarade de jeu ou un adversaire l'attend d'un autre côté, il cherchera à déchirer de sa griffe l'obstacle invisible qui l'arrête. Voyant que ses efforts sont vains, que le verre lui résiste et use ses griffes impuissantes, il cherche à passer derrière le miroir et recommence vingt fois le même manége avant que l'impatience lui fasse quitter la place.

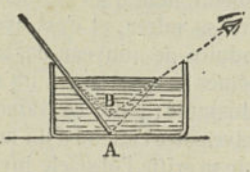
Deux miroirs face à face reproduisent non-seulement les images des corps interposés, mais encore les images de ces images et ainsi de suite à l'infini. Dans nos magasins modernes où l'on sacrifie trop à l'apparence où le luxe et la richesse sont figurés par du clinquant, des sculptures en mastic ou des marchandises factices, on n'a garde de négliger ce moyen d'amplifier l'espace trop restreint dans lequel des ressources limitées forcent les commerçants à établir leurs comptoirs de vente. Aussi des glaces brillamment encadrées y sont-elles disposées face à face de chaque côté d'un lustre chargé de becs lumineux. La plus modeste boutique devient ainsi une splendide galerie étincelante de lumière, le nombre des acheteurs et des commis semble doublé, triplé...

*
* *

Le bâton brisé dans l'eau.

C'est la *réfraction* de la lumière qui fait paraître brisées les baguettes plongées dans l'eau, qui rehausse pour l'œil le fond des vases et qui produit aussi le phénomène du *mirage*.

Nous représentons dans la figure ci-contre la marche des rayons lumineux provenant de l'extrémité d'une baguette plongée dans l'eau. L'œil perçoit, comme on voit, les rayons partis de A et qui se brisent ou se *réfractent* à la surface du liquide comme si ces rayons provenaient du point B. Il en serait de même de tous les autres points de la baguette qui sont dans l'eau, en sorte qu'elle paraîtra brisée à la surface du liquide.



L'on peut ainsi faire disparaître une pièce de monnaie de la vue d'une personne sans déplacer ni la personne ni la pièce. Il suffit de prendre un vase de terre plein d'eau, de mettre la pièce au fond et de placer l'observateur en un point tel qu'il ne voie la pièce que lorsque son rayon visuel passe contre le bord du vase ; si, à ce moment, on enlève l'eau au moyen d'un syphon (voir à la 3e partie l'application de cet instrument), la pièce de monnaie disparaîtra de la vue de l'observateur parce qu'il n'y aura plus de réfraction, et que le bord du vase sera placé entre cette pièce et l'œil.

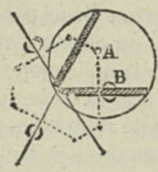
Nous devons ranger au nombre des illusions d'optique du même ordre les arcs-en-ciel, le mirage, etc. Mais nous renvoyons pour leur explication aux traités de physique.

* *
*

Le kaléïdoscope.

L'instrument désigné sous ce nom est construit d'après la théorie de la réflexion de la lumière. Il se compose d'un tuyau cylindrique en carton ou en métal fermé à l'une de ses extrémités par un verre dépoli. Sur ce fond sont placés de menus objets tels que fragments de verre coloré, morceaux de fleurs artificielles, etc. Ces objets sont maintenus, mais non comprimés, contre le verre dépoli par un verre transparent qui les emprisonne ainsi dans une sorte de boîte ; l'intérieur du tube contient ensuite deux lames de verre poli, doublées de papier noir, faisant entre elles un angle de 60° ; elles sont maintenues enfin immobiles par l'obturateur en carton de la seconde extrémité du tube qui est percé à son centre d'un petit trou servant d'oculaire.

Si, comme nous le représentons dans la figure, des objets A et B se trouvent placés entre deux verres-glaces formant un angle de 60°, il est facile de se convaincre qu'ils auront chacun cinq images, formant avec l'objet une figure symétrique autour du sommet de l'angle.

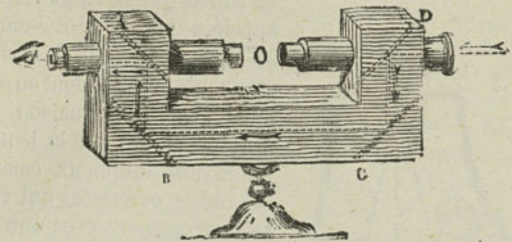


On comprend donc que le kaléïdoscope doit, lorsqu'on regarde par l'oculaire, présenter des images d'une symétrie parfaite. De plus, ces images changeront de forme mais non de caractère, lorsqu'on tournera l'instrument entre les doigts ou qu'on l'agitera. En supposant qu'il contienne 20 pièces de verre, de perles, de papier, de plume, etc., que l'on fasse dix mouvements de main par minute, il faudrait 462,880,899,577 ans pour obtenir toutes les combinaisons possibles ! Aussi, bien que ce ne soit qu'un jouet d'enfant, les dessinateurs en broderies, en soieries ou en toiles peintes, ont parfois recours à lui pour trouver des combinaisons nouvelles.

* *
*

La lunette magique.

Quelques physiciens de la rue prétendent faire voir à travers les corps opaques; ils montrent à cet effet au public qui les entoure une sorte de tube de télescope muni d'un oculaire, mais coupé en deux en son milieu. Ce formidable appareil est porté sur un appui digne de lui, c'est-à-dire aux vastes proportions et garni de draperies. Dans la solution de continuité de la lunette enfin, ils placen un pavé très-compact, ce dont les spectateurs ont pu s'assurer de toutes manières. Si l'un de ceux-ci regarde par l'oculaire de la lunette, il est fort étonné de voir les passants et les habitations comme s'il n'avait pas devant les yeux cette énorme roche qui devrait au contraire lui en masquer la vue. Or, voici la disposition très-simple que l'on donne à l'appareil. A B, C, D, sont quatre miroirs in-



clinés à 45° et dont les faces se regardent deux à deux. Le premier est en outre tourné vers l'oculaire et le second vers l'extérieur. Les rayons lumineux venant de ce côté, suivent la marche indiquée par la flèche et arrivent à l'œil en passant au-dessous de l'obstacle, tandis que les tubes de la lunette ne servent qu'à détourner l'attention.

Les magiciens se sont servis assez souvent d'une disposition semblable pour faire apparaître des personnages dans une glace. La scène qu'ils veulent faire apparaître devant leurs consultants se passe alors réellement, à la voix du maître, dans une chambre voisine entre des acteurs à gages. Des miroirs, habilement disposés, la transmettent aux yeux des visiteurs dont l'imagination s'exalte alors au point de voir des ressemblances ou des allusions là où il n'y a que des baladins et des jongleries.

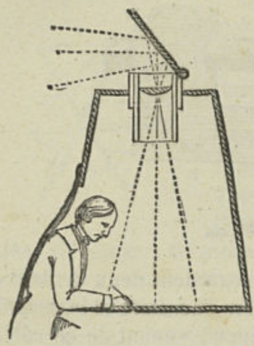
* *
*

La chambre noire et l'œil.

La chambre noire telle qu'elle fut imaginée, il y a trois siècles, par un physicien napolitain nommé Porta, consiste en une grande caisse de bois dont la partie supérieure est

13.

percée d'une ouverture dans laquelle on a enchassé horizontalement une de ces lentilles convergentes, vulgairement appelées verres grossissants. Au-dessus de cette lentille est un miroir plan dont on peut faire varier l'inclinaison. Ce miroir réfléchit sur la lentille les rayons lumineux émanés des objets extérieurs qui vont alors se peindre avec une admirable fidélité sur un tableau fixé au fond de la caisse. Ordinairement, un côté de cette caisse dans laquelle la lumière pénètre, comme nous venons de le dire, seulement par le haut, est fermé par un épais rideau sous lequel un observateur peut se glisser pour examiner l'image ainsi produite par la lumière réfléchie.



Quiconque n'a pas joui de ce spectacle se figurera difficilement l'impression que l'on ressent à la vue de cette reproduction d'un tableau de la nature par la nature elle-même. Sur le fond noir et sombre se détache avec la plus grande délicatesse de détails, la plus pittoresque richesse des nuances et la plus vive animation, le paysage vers lequel on a dirigé la face brillante du miroir. Il semblerait qu'on peut compter les feuilles des arbres, les brins d'herbe du sol ; que l'on va écarter du doigt sans difficulté cette branche d'arbre agitée par le vent qui masque une partie de la vue, ou arrêter dans leur mouvement les insouciants personnages lilliputiens qui viennent tout à coup traverser ce monde en miniature. Si l'observateur sait tant soit peu manier le crayon, il peut suivre aisément sur le tableau les contours de l'image, en tracer les détails et se procurer ainsi sans efforts une rapide et fidèle copie de la nature qu'il n'aurait obtenue sans cela qu'au prix d'une grande attention et d'un temps toujours assez long.

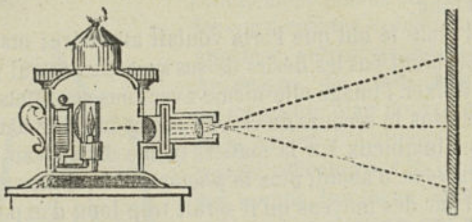
Tel était le but que Porta voulait atteindre ; mais là ne se bornèrent pas les désirs de ses successeurs qui parvinrent à fixer l'image elle-même avec tous ses effets de lumière sans le secours du crayon et par la seule action des rayons lumineux sur la matière même du tableau. Le *daguerréotype*, d'abord, puis *la photographie*, obtinrent ce résultat par des moyens qu'il serait trop long d'exposer ici.

Il semble que dans la construction de la chambre noire ou de *l'objectif* des photographes, l'homme ait voulu copier celui de nos sens qui semble le plus délicat. L'œil nous présente en effet dans sa structure une première enveloppe globuleuse, la *sclérotique* ou blanc de l'œil tapissée à l'intérieur d'une seconde membrane, la *choroïde*, dont la face interne est noire. Le verre grossissant est remplacé dans cette organe par une lentille du même genre, le *cristallin*, que les rayons lumineux, venus des objets extérieurs, traversent pour se croiser et aller former au fond de cette petite chambre noire, non plus sur un écran de verre ou de papier, mais sur l'épanouissement du nerf optif, nommé *rétine*, l'image renversée des objets perçus. Ce nerf transmet au cerveau l'impression qu'il reçoit ; il n'est pas jusqu'à cette petite ouverture contractile, qu'on nomme *pupille*, qui se présente sous l'aspect d'un trou noir au devant de l'œil, qui n'ait eu sa copie dans l'appendice, appelé *diaphragme*, que les photographes placent devant leur objectif pour éviter la diffusion de la lumière.

* *
*

La lanterne magique et la fantasmagorie.

Cet appareil qui, depuis deux siècles, fait les délices des enfants et aussi des grandes personnes, se compose simplement d'une lanterne ordinaire munie d'une petite lampe



dont la lumière est réfléchie en avant par un miroir concave dans la direction d'un tube qui renferme deux lentilles convergentes. Entre ces deux lentilles on fait mouvoir une lame de verre sur laquelle sont représentées diverses figures peintes avec des couleurs translucides et que l'on a soin de renverser. La première lentille a pour effet de concentrer les rayons lumineux sur cette image, et la seconde, à plus court foyer, redresse et projette l'image en la grandissant sur un écran de papier ou une toile blanche dressés contre un mur. La plus complète obscurité doit régner dans la chambre où se fait cette expérience.

Un verre de lanterne magique

Si on voulait figurer des tableaux mouvementés, un naufrage, par exemple. on placerait entre les deux lentilles deux images dont l'une représenterait des vagues en mouvement et l'autre des navires; en les faisant mouvoir l'une et l'autre dans des sens contraires on obtiendrait l'effet désiré.

Le *Phantascope* est l'appareil au moyen duquel on produit les fantasmagories. Ce n'est qu'une modification de la lanterne magique ; seulement, les images translucides se détachent sur un fond opaque, et l'écran, au lieu d'être regardé du côté de l'appareil, est transparent et placé entre celui-ci et les spectateurs qui doivent être plongés dans la plus profonde obscurité. En déplaçant la lentille antérieure et en faisant en même temps avancer ou reculer l'appareil monté à cet effet sur des roulettes bien graissées, on pourra amplifier ou diminuer les images, tout en leur conservant leur netteté, en sorte que les figures grotesques ou effrayantes qu'elles représenteront paraîtront avancer ou reculer suivant ces manœuvres.

* *
*

Panoramas, *Dioramas et Cosmoramas*.

Dans ces jeux d'optique comme dans les précédents, l'illusion est produite par des circonstances qu'il est bon de rappeler : l'isolement du spectateur, l'obscurité dans laquelle il est plongé, l'absence de points de comparaison à côté de l'image observée.

Le *panorama* n'est autre chose qu'un grand tableau circulaire continu qui tapisse le mur intérieur d'une rotonde. Pour préparer son travail, l'artiste se place sur un lieu élevé dans le paysage même qu'il se propose de représenter, et dessine avec soin tous les objets qui l'entourent, les aspects de l'horizon, les accidents de terrain, les effets de lumière, etc., puis il reporte ses esquisses sur sa toile circulaire, en ayant soin d'observer scrupuleusement les lois de la perspective et les dégradations de couleur causées par les distances. Jusqu'ici, l'art seul est mis en jeu; c'est à l'optique à compléter l'illusion. Un des artifices les plus importants pour arriver à produire l'effet désiré consiste à isoler complétement le spectateur du tableau en sorte que les bords de celui-ci ne soient jamais aperçus. Il faut aussi que, comme dans la nature, le tableau soit éclairé seulement d'en haut par une vive lumière, sans interposition de corps tels que supports ou charpentes qui, en portant des ombres, laisseraient deviner la place de la surface peinte. Il faut enfin que, avant d'être introduit dans la rotonde d'exposition, le spectateur soit obligé de traverser des corridors sombres et que l'endroi même où il se tiendra, c'est-à-dire le centre de cette rotonde, soit faiblement éclairé.

On obtient ces divers résultats en mettant le lieu de l'observation sur une plate-forme à laquelle conduit un escalier à vis. Au-dessus s'étend une toile, imitant un nuage, soutenue par en haut, et masquant ainsi les ouvertures de la rotonde par lesquelles entre la lumière ; ces ouvertures doivent être des châssis continus formant une véritable zône éclairante dans la voûte de l'édifice. La même toile cache le bord supérieur du tableau circulaire ; enfin, à la partie inférieure de celui-ci, au-devant du premier plan, sont placés en *repoussoirs* des objets naturels, masses de terre, arbustes, pierres, affûts de canon, etc. dont la nature, les dimensions et la couleur sont en parfaite harmonie avec la taille et le coloris des objets peints au premier plan. Comme ces objets cachent le bord inférieur du tableau, si la peinture est habilement faite, l'œil ne distingue plus le vrai du faux et le relief véritable du premier plan semble se continuer à perte de vue.

Les *dioramas* ou *tableaux fondants* doivent en partie leurs effets aux mêmes causes ; mais cette fois, outre que la même toile doit présenter deux aspects différents du même site ou de la même scène, elle n'est plus disposée en rotonde mais tendue sur un châssis. L'artiste a d'abord tracé sur la face antérieure de cette toile bien transparente une première vue de son tableau, celle qui doit être la plus claire, avec des couleurs peu épaisses; cette face du tableau sera vue par réflexion lorsque le tableau sera éclairé par devant. Mais la face postérieure est aussi peinte suivant les mêmes contours que la première, et avec les modifications ou les additions que l'artiste a jugées convenables. Ce second dessin est destiné à être vu par transparence, lorsque la lumière, étant arrêtée par devant aura au contraire un libre accès derrière le tableau. On conçoit que, au lieu de produire brusquement cette transition d'un aspect à un autre, on affaiblisse graduellement la lumière provenant du devant en donnant au contraire un accès de plus en plus facile à la lumière venant derrière le tableau; on pourra ainsi obtenir les effets les plus surprenants et les plus agréables

Ainsi, le tableau représentant d'abord l'intérieur d'une cathédrale vide, vous verrez peu à peu les cierges s'allumer, le prêtre se présenter à l'autel, les rangs de chaises se remplir de fidèles, enfin la foule se presser pour assister à une imposante cérémonie. D'autres fois on vous mettra en présence d'un paysage suisse ; un de ces chalets coquets, élégants, qui semblent plutôt destinés à servir de jouets que d'habitations, étalera au soleil son large toit à bords découpés ou ses balcons suspendus et taillés à jour; dans le fond, les Alpes élanceront vers un ciel pur leurs sommets neigeux ; alentour, vous verrez de vertes prairies offrir aux vaches leurs gras pâturages ou les moutons brouter le long des collines. Tout à coup, le ciel s'assombrira; tout être vivant disparaîtra de ce gai paysage pour faire place aux roches nues et arides. Une épaisse couche de neige remplacera le tapis de verdure printanier et le joli chalet de tout à l'heure semblera enseveli sous une avalanche, etc.

Les *cosmoramas* sont formés par une série de peintures disposées horizontalement autour d'une table et réfléchies par des miroirs inclinés ou placés diagonalement. Le spectateur les regarde à travers une lentille convexe placée immédiatement en face de chaque miroir. Enfin les tableaux sont éclairés par des lampes disposées de telle manière qu'elles ne puissent être réfléchies par le miroir, et qui, par conséquent, ne peuvent être vues par le spectateur.

* *

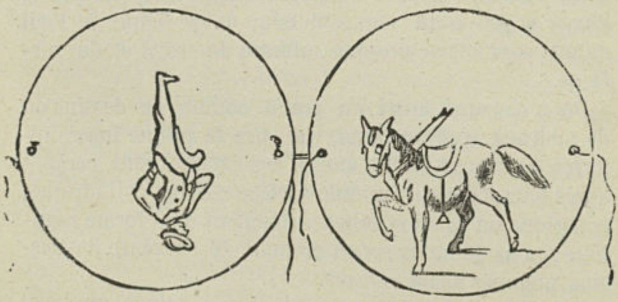
Les thaumatropes.

Si la vue reçoit instantanément l'impression de la lumière, elle la garde aussi quelques parties de secondes après l'avoir reçue. Agitez devant vous, dans l'obscurité, un charbon allumé ; ce ne sera pas un *point* lumineux que vous apercevrez mais une *ligne* de feu, et cela, parce que les sensations successives éprouvées par la rétine ne s'effacent pas assez vite pour ne pas se confondre les unes avec les autres. Lorsqu'on a fixé un instant une lumière trop vive, l'impression reçue s'efface si peu que, une fois les paupières baissées, il semble encore que l'on a devant les yeux des points brillants. Quelques appareils ont été construits pour démontrer ce fait ou pour produire des illusions dont il est la cause.

Si l'on divise un cercle en secteurs sur lesquels on aura étendu les couleurs : *violet, indigo, bleu, vert, jaune orangé, rouge*, qui composent la lumière blanche du soleil et que l'on retrouve dans l'arc-en-ciel, puis, que l'on fasse tourner rapidement ce cercle autour de son centre, la surface totale du cercle paraîtra à peu près blanche. L'œil, pendant ce mouvement de rotation, recevra en effet à la fois l'impression de toutes les couleurs qui entrent dans un rayon solaire et ne verra que du blanc comme s'il regardait un de ces rayons.

D'autres fois, on fait passer rapidement devant une ouverture contre laquelle on dirige le regard, des images représentant une personne dans les positions successives qu'elle doit occuper pour exécuter un mouvement quelconque; ces images sont tracées généralement autour d'un cercle de carton auquel on imprime un mouvement de rotation pour obtenir l'effet désiré. Il semble à l'observateur que l'image qu'il aperçoit tout d'abord s'anime, marche, ou se baisse pour se relever ensuite. On pourra voir ainsi une paysanne battre activement son beurre, un maçon passer des pierres à son voisin, etc.

Nous citerons encore comme une récréation fondée sur le même principe et très-facile à exécuter, le jeu du *thaumatrope*. Découpez un morceau de carton en cercle, dessinez d'un côté un cavalier, de l'autre un cheval tels que nous les avons figurés ici ; puis, à l'aide de deux fils dont les extrémités seront fixées aux deux côtés du cercle et les autres bouts seront tenus entre le pouce et l'index de chaque main, faites tourner rapidement le carton ; le cavalier semblera bientôt à cheval, tandis que si on arrête le mouvement, il se séparera de sa monture pour reparaître alternativement avec elle.



On pourrait aussi dessiner un oiseau et une cage, une souris et un piége, une paysanne et une toilette de grande dame, etc., il suffira d'apporter beaucoup de précision dans le choix de la place de ces dessins, et de les mettre dos à dos dans des positions inverses.

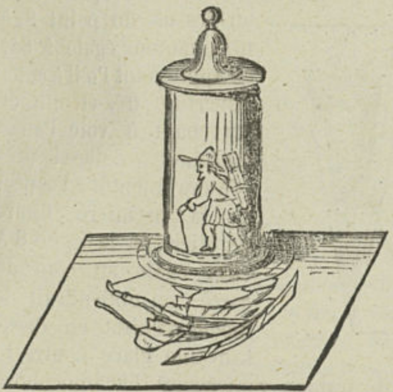
**
*

Ombres chinoises et anamorphoses.

Tout le monde connaît les ombres chinoises; on sait que, généralement, on les fait apparaître derrière une toile transparente placée devant un public plongé dans l'obscurité, et qu'elles sont seulement produites par les ombres portées de figures découpées dans un papier fort ou un carton. Mais ce qu'on connaît moins, ce sont les images dites *mégalographiques*. Elles s'obtiennent aisément en découpant, dans un dessin tracé sur du papier fort les surfaces éclairées de ce dessin et en laissant au contraire en papier plein les parties les plus noires. Si une semblable figure est interposée entre une lumière et un mur blanc, l'ombre portée sur celui-ci reproduira le dessin avec ses vives lumières, ses ombres fortes et même ses demi-teintes. Pourtant le papier découpé, n'étant qu'une image *négative* du même dessin, ne présente à l'œil qu'un assemblage presque informe de traits et de surfaces.

On a construit aussi un grand nombre de dessins ou de tableaux n'offrant à la vue directe qu'une image informe ou bizarre tandis que si ces images sont perçues après leur réflexion sur une surface courbe, cylindrique, sphérique ou conique, elles présentent une forme régulière; nous donnons ici un exemple de ce genre de dessins nommés *anamorphoses*.

Mais il est un autre genre de jeu d'optique qui peut être compris sous le même titre, que l'on se procure plus aisément de la manière suivante : Prenez un dessin régulier quelconque, une tête, par exemple; entourez ce dessin d'un carré et divisez celui-ci en parties égales, 36, par exemple, soit 6 divisions pour chaque côté. Tracez ensuite une ligne égale au côté du carré comme sur la seconde partie



de la figure, divisez-la aussi en 6 parties égales; par le point de division du milieu, élevez une perpendiculaire dont la longueur est arbitraire et joignez son extrémité S à tous les points de division de la première ligne. Par ce même point S menez vers la gauche une parallèle SA à cette première ligne, de longueur arbitraire; puis, joignez son extrémité A à l'extrémité de droite de la base du triangle; cette transversale coupera toutes les lignes concourant en S en des points par lesquels il restera à mener des parallèles à la base.

On obtient par cette construction un trapèze divisé en autant de cases que nous en avons formées dans le premier carré. Pour obtenir l'anamorphose, il faudra tracer dans chacune de ces cases les portions de figure qui sont renfermées dans le carré correspondant de la première figure et l'on en obtiendra une seconde déformée telle que celle que nous avons tracée ici.

Si maintenant, l'on prend une bande de carton que l'on placera verticalement en S suivant S A, si l'on perce dans ce carton un petit trou au-dessus du point S, à une hauteur égale à SA, en appliquant l'œil à cette ouverture très-étroite et cherchant à voir l'anamorphose, celle-ci présentera bientôt l'aspect de la première figure régulière. Si la ligne S A était égale au côté du carré, on obtiendrait le même résultat en dressant une glace contre le côté le plus étroit du trapèze renfermant l'anamorphose et en plaçant le carton muni de la petite ouverture, au milieu du côté opposé, c'est-à-dire de la plus large base du trapèze. Cette fois, la figure régulière serait vue non plus directement mais dans la glace elle-même.

***

Les Spectres.

Nous avons déjà vu que d'habiles charlatans en donnant à des glaces la même disposition que dans la *lunette magique*, faisaient apparaître dans un miroir des figures ou des personnages suivant le besoin de leur consultation; ils peuvent aussi faire apparaître des spectres dans le vide par le moyen suivant.

Le plancher du théâtre sur lequel doit se faire l'apparition porte une large ouverture que l'on soustrait aux regards du public au moyen d'une planche dressée en avant. En arrière de cette ouverture est dressée une glace sans tain ou grande feuille de verre fort, inclinée de 45 degrés sur l'ouverture béante, reposant par le bas sur le bord le plus éloigné des spectateurs et retenue par le haut au plafond. Sur le fond de la chambre de dessous sont placés horizontalement des mannequins habillés selon la circonstance, ou sont couchés des personnages qui doivent agir comme des fantômes.

On sait que si l'on pénètre dans une chambre bien obscure avec une bougie et que l'on s'approche, non pas d'un miroir mais même d'un carreau de verre, l'image de la bougie et celle de la personne qui la tient seront vues de l'autre côté à peu près comme si on se trouvait devant un miroir ; de même, dans la disposition que nous avons indiquée, les personnages fortement éclairés qui peuplent le dessous de la scène, hors de la vue des spectateurs, apparaîtront à ceux-ci par réflexion, derrière la glace sans tain ; ils seront bien plus distincts si le fond de la scène est peint en noir et si la salle est plongée dans l'obscurité. Tous les mouvements des acteurs du sous-sol seront nécessairement reproduits par leurs images qui auront les formes indécises et la transparence que l'on donne par la pensée aux spectres. On complète ordinairement l'illusion en faisant arriver des acteurs de chair et d'os derrière la cloison de verre, là où semblent apparaître les fantômes. Ces acteurs peuvent simuler une lutte contre les apparitions ou toute autre scène fantastique propre à amuser les personnes versées dans la connaissance des lois de l'optique, mais capable d'exciter la surprise et la terreur dans l'esprit de celles qui ne sont pas initiées à ces petits mystères.

CHAPITRE XI

UN VOYAGE A LA LUNE.

I. — *Prologue.*

SOMMAIRE. — Départ en ballon. — L'espace, l'isolement, le silence. — Aspect de la terre d'une petite hauteur. — La traversée des nuages. — Comment on monte et comment on le voit. — Les hautes régions. — Spectacle du ciel — Sensations étranges.

C'en est fait; le mot sacramentel, fatal peut-être, est dit : — Lâchez tout ! — Gonflé aux trois quarts de gaz hydrogène, notre solide ballon en taffetas gommé, enfermé dans son réseau de cordes neuves soutenant la nacelle, s'élève aux yeux de la foule émerveillée, qui nous souhaite un bon voyage avec de frénétiques hourras. Nous planons sur ce monde, qui se croit si grand, si fort, en réalité si faible, et qui nous semble déjà si petit. Nous nous dégageons sans effort de ce foyer d'intrigues, d'agitations, de misères, de luttes au milieu duquel nous semblons condamnés à vivre, et, en dignes fils de Noé, nous tentons d'escalader le ciel. Mais aucune pensée d'orgueil ne nous pousse ; atômes dans la création, nous voulons explorer le grand œuvre que notre imagination nous fait entrevoir. Que Dieu nous protége et nous guide dans ce coin de son empire sans limites !

Quelle force étrange, irrésistible, nous soulève ainsi et nous arrache à la terre ? Ce bouleversement des lois de la pesanteur nous cause une indéfinissable impression. J'ai beau savoir et me dire qu'en vertu du principe posé par Archimède, il y a plus de deux mille ans, les corps légers tendent à aller à la surface des fluides plus lourds dans lesquels ils sont placés ; que je me trouve dans la masse atmosphérique comme un bouchon de liége dans une masse d'eau, la puissance qui m'entraîne me cause une terreur que je ne puis maîtriser.

Nous montons lentement ; nous avons bien dépassé la hauteur des monuments les plus élevés ; mais notre ballon, très-surchargé de lest, flotte pour le moment au gré de son guide, aéronaute expert en qui mes compagnons et moi avons mis toute notre confiance.

Je surmonte un peu la frayeur qui me domine et je penche la tête, mais la tête seule, croyez bien, au-dessus du bord très-élevé de notre nid d'osier. Lecteur, qui avez le vertige en regardant d'un quatrième étage dans la rue, que penseriez-vous si vous vous sentiez ainsi suspendus dans l'espace par quelques ficelles plus ou moins solides? — Et pourtant, de cette hauteur de 500 mètres à laquelle nous sommes placés pour le moment, vous jouiriez d'un spectacle bien étonnant, sinon bien admirable. Cette foule qui nous acclamait tout à l'heure ressemble assez d'ici à une fourmilière. Notre guide avec son porte-voix lui adresse un dernier adieu : il est entendu sans doute, car un sourd murmure, semblable au bruit de la mer agitée ou aux derniers grondements du tonnerre, parvient bientôt jusqu'à nous. Mais, à notre grande surprise, ce ne sont pas là les paroles distinctes, les clameurs accentuées que nous espérions encore percevoir ; le son se disperse facilement dans cet espace sans échos comme sans bornes, où l'air commence à se raréfier.

Poussé par une douce brise que la direction de nos banderoles et celle de l'aiguille aimantée nous disent etre de l'ouest, notre ballon, toujours chargé de son lest, fait dérouler au-dessous de nous les campagnes, les villes et les villages. Enhardi par mes premières tentatives, j'examine sans crainte ce magique tableau ; du haut de ma nacelle, comme du bord d'une loge d'Opéra, je braque ma lorgnette sur ces contrées, véritablement vues à vol d'oiseau. Je suis bien un peu gêné par la rotation accidentelle de notre véhicule pris entre deux courants contraires ; mais je suis entièrement absorbé par la vue du paysage si propre, si coquet, qu'il me semblerait si doux maintenant de parcourir. On dirait de ces planches en relief, œuvres de la vie patiente et laborieuse de quelque habile artisan, que renferment nos musées et qui nous offrent en minature, avec une exactitude mathématique, l'image des pays que nous habitons, de nos villes ou de nos ports maritimes. Les lacs et les fleuves, en reflétant les rayons du soleil, apparaissent comme de vrais miroirs fraîchement étamés, ou comme de petits ruisseaux de mercure ; les routes, comme des rubans blancs que rattachent entre eux des sentiers devenus de simples fils ; les différentes productions de la terre se distinguent les unes des autres par la variété des teintes ou la diversité des nuances. Au milieu de tout cela, les paysans suspendent leurs travaux ou arrêtent leurs attelages pour se demander d'où nous venons et où nous allons. — Ils ne se doutent pas que nous ne sommes guère plus avancés qu'eux sur ce point. Confiants dans la Providence, qui fait germer la graine dans les sillons qu'ils ont tracés, ils accomplissent sur la terre la tâche qui leur est imposée sans se soucier de nos théories ou de nos tentatives. Cette aveugle soumission aux décrets du Créateur ne vaut-elle pas mieux que nos interminables discussions philosophiques?

Par un bizarre effet d'optique, l'horizon, au lieu de s'élargir, de s'abaisser autour de nous, semble s'élever au contraire et vouloir nous envelopper. C'est là une illusion analogue à celle que cause le mirage ; c'est un simple phénomène de réfraction que la physique explique parfaitement.

Mais le temps s'écoule et nous ne marchons pas. — Montons, montons encore. — Notre docile conducteur profite de nos bonnes et courageuses dispositions pour jeter au vent un premier sac de lest.

Nous sommes servis à souhait. Notre ascension s'exécute avec une grande rapidité, du moins d'après ce que nous indique le baromètre ; car aucun point de comparaison ne se trouvant auprès de nous, nous ne jugeons pas plus de notre marche que si nous étions enfermés dans une cabine de bateau à vapeur.

Pourtant, les proportions des objets diminuent d'une manière très-sensible ; les hommes ne ressemblent plus qu'à des insectes ; l'abîme se creuse au-dessous de nous ; la terre ne nous semble plus qu'une immense coupe dont la surface intérieure présente à peine quelques lignes indécises bientôt effacées sous une couche de brouillard.

L'on n'aperçoit plus rien de distinct, pas même ce filet brillant qui indiquait tout à l'heure un grand fleuve. L'on n'entend plus rien, pas même ce léger bourdonnement, semblable au bruit d'une ruche, qui nous annonçait le voisinage d'une grande ville. Les oiseaux deviennent rares autour de nous. Un silence profond nous entoure et nous pénètre pour ainsi dire ; s'est le silence du néant, — du néant, vers lequel nous nous dirigeons. — Je ressens une peur instinctive que le raisonnement est impuissant à calmer. J'éprouve un ardent désir de saisir un corps solide fixe, de sentir le terre ferme. — C'est désormais impossible ; je l'ai voulu.

Le baromètre marque 680 millim. ; nous sommes à près de 1,200 mètres d'élévation. — Il fait froid, — d'autant plus froid que nous commençons à traverser un nuage. — Nous voilà en plein brouillard.

La marche de notre ballon se ralentit; le gaz qu'il contient se condense, et l'enveloppe se couvre d'humidité. Un instant notre baromètre, descendu à 660 et 665 millim., semble se relever ; il nous indique par là que nous nous rapprochons de la terre. Nous jetons un second sac

14

e lest, et l'aérostat allégé pénètre dans la masse de vapeur humide.

Tout, autour de nous, est d'un gris noir dont la tristesse est augmentée par le profond silence qui pèse sur nous. Nos habits s'imprègnent d'une abondante rosée ; il me tarde de sortir de ces demi-ténèbres et de revoir ou la terre ou le soleil. Oh ! la terre surtout et sa croûte solide ! Comme je la regrette maintenant ! comme je me repens de la singulière idée que j'ai eue de m'aventurer ainsi dans un élément si peu stable, sur une si frêle machine, et de me confier à un homme, expérimenté sans doute, mais qui peut cependant nous conduire avec lui à notre perte. J'envie bien la gloire des Charles, des Biot et des Gay-Lussac ; mais le sort de du Rosier et de madame Blanchard (1) me semble en ce moment plus déplorable qu'à l'ordinaire. Si la foudre, se déchaînant tout à coup, venait à frapper notre globe, rempli de gaz inflammable ! Quelle chûte ! nous sommes à deux mille mètres de haut.

Enfin, nous voilà sortis de cette région de brouillards ! Mais nous n'avons évité un danger que pour tomber dans un pire. Notre aérostat, alourdi par l'eau condensée du nuage que nous venons de traverser, présente tout à coup au soleil son dôme déformé contenant le gaz refroidi et contracté. Une dilatation subite se produit. Le gaz distend les parois de son enveloppe rapidement desséchée, et menace de la faire éclater malgré l'ouverture libre laissée à la partie inférieure.

(1) Charles imagina les ballons à hydrogène et fit, en 1783, une ascension avec un de ces ballons. Deux mois avant, Pilatré du Rozier avait osé le premier monter dans les airs avec une immense montgolfière. Mais en 1785, dans une nouvelle ascension, il mit le feu à son ballon et périt sur les côtes de la Manche. En 1809, madame Blanchard éprouva le même sort à Paris.

Mais notre guide est à son poste ; il tire la corde qui traverse le ballon de part en part et communique à la soupape : le gaz, trouvant une issue à la partie supérieure s'échappe en partie. Nous n'avons plus rien à craindre, mais nous descendons. — Encore un sac de lest livré au vent, — puis un autre.

Le baromètre marque 580 millim., c'est-à-dire que nous sommes à 3,000 mètres environ de hauteur. — L'air semble lourd comme en un jour de canicule, et portant le thermomètre marque 0°. Nous passons la région des neiges perpétuelles. — L'air, de plus en plus rare, manque à nos poumons ; le sang, qu'une pression suffisante ne contient plus dans nos organes, afflue aux extrémités. Mon pouls bat avec violence ; mes tempes se gonflent ; je sens des bourdonnements singuliers dans les oreilles.

Rien n'est navrant comme le silence profond, inconnu à la surface de la terre, même dans ses plus vastes solitudes, qui règne ici autour de nous. Il nous force nous-mêmes au silence ; d'ailleurs nos voix semblent étouffées, nous ne parlons plus qu'avec effort, l'air raréfié n'a plus assez d'élasticité pour transmettre le son. Notre isolement est effrayant. Auprès de cette absence complète de tout bruit, de tout être animé, de tout corps ferme et fixe, le chant des insectes dans la plaine, le clapotement des vagues contre les flancs d'un navire en pleine mer, le froissement du vent contre le sable au milieu du désert, me sembleraient de délicieux concerts.

Au-dessus de nous, le soleil resplendit du plus vif éclat sur un fond dont la teinte azurée devient de plus en plus foncée. L'absence de l'air bleu laisse apparaître le vide parfait qui règne dans l'immensité, le noir. Çà et là apparaisent même quelques étoiles, bien que le ciel soit pur et qu'il soit à peine trois heures de l'après-midi.

Au-dessous, les couches superposées de nuages nous présentent l'aspect d'immenses amas de laine cardée, de ouate qui se déplacent ou s'entassent lentement sous les rayons ardents du soleil. Ils forment sous nos yeux des montagnes vivement éclairées, des vallées sombres ou des plaines moutonneuses qui s'entr'ouvrent parfois pour nous montrer des abîmes sans fond.

Le froid est de plus en plus vif : — l'air est d'une sécheresse qui nous prend à la gorge et augmente encore notre malaise. Un rouleau de parchemin placé dans la nacelle, devenu très-mou après la traversée des nuages, se tord maintenant et se racornit comme s'il était devant le feu.

Autour de nous, rien, le vide, le néant, l'immensité.

Nous sommes à la hauteur du mont Blanc, à 4,800 mètres environ. Notre baromètre marque 417 millim. Ici, comme sur cette montagne, la vie semble vouloir se retirer du corps des téméraires qui osent aborder ces régions. Un coup de fusil n'y ferait pas plus de bruit que l'éclat d'une simple capsule au niveau du sol ; l'eau, trop peu pressée par l'air, entrerait en ébullition à 84°, et ne serait jamais assez chaude pour cuire les légumes.

La quantité d'air qui nous est nécessaire pour vivre nous fait même défaut. Depuis quelques instants je ressens les mêmes effets que le malheureux moineau que dans nos cabinets de physique je mettais sous la cloche de la machine pneumatique. —

Mes yeux s'injectent de sang. — Mon gosier est sans voix. — Mes mains, gonflées par l'affluence du sang, engourdies par le froid, cherchent en vain dans le vide un point d'appui : elles ne rencontrent que les bords de cette infernale nacelle qui m'emmène avec cette force d'inertie de la matière.

Je me soutiens avec peine. Mes compagnons sont dans le même état de prostration, d'affaissement ; et l'idée de notre isolement absolu, la sensation étrange de cet entraînement à travers les espaces auquel nous ne pouvons pas résister, d'une mobilité que nous sommes impuissants à maîtriser par quelque point d'appui, ne nous accablent pas moins que notre état physique.

L'instinct de la conversation nous poussant, nous voulons forcer notre aéronaute à nous descendre, à nous ramener à la vie. Insensés que nous sommes ! la force nous manque même pour l'y contraindre ; nos débiles mains ne peuvent saisir la corde de la soupape ou sont impuissantes à en faire jouer le ressort. Lui, au contraire, accoutumé par de nombreuses ascensions aux phénomènes étranges dont nous sommes les témoins et les victimes, il semble ne pas souffrir, et conserve un sang-froid capable de nous faire encore prendre courage, si nous pouvions surmonter nos émotions.

Nous sommes à 7,000 mètres du sol ; la pression barométrique est de 320 millim ; le thermomètre indique 10° au-dessous de 0. Gay-Lussac atteignit tout seul cette hauteur en 1804 ; Barral et Bixio allèrent un peu plus haut en 1850. En 1861, les Anglais Glaisher et Coxwell sont montés jusqu'à 10,000 mètres ! Ces savants n'ont-ils pas montré plus de courage que bien des soldats qui risquent leur vie sur les champs de bataille ?

Mais je ne vois plus, je n'entends plus, je ne sens plus rien. — Ma respiration est haletante comme celle d'un mourant. — Le sang s'échappe par jets de mes narines. — Je perds la notion de mon existence. — Que ma destinée s'accomplisse !.......

II. — *Séjour.*

Sommaire. — Entre ciel et terre. — Arrivée à la lune. — Description d'un paysage lunaire. — Ce que serait un sélénite. — La terre vue de la lune. — Retour à notre monde.

J'ai toujours eu dans ma jeunesse le plus violent désir de visiter la lune et de connaître ses habitants. Ce désir était un effet de ma curiosité naturelle surexcitée par la vue d'animaux aux formes étranges que colportent ou exposent aux vitrines de leurs boutiques des charlatans éhontés sous le titre d'*Habitants de la lune*, et surtout par la lecture de quelques écrits singuliers sur les mondes célestes, dans lesquels mon esprit encore naïf ne savait pas distinguer la vérité du mensonge. C'étaient d'abord les *Découvertes dans la lune*, faites au cap de Bonne Espérance par Herschel fils, brochure apocryphe, venue d'outre-Océan, dans laquelle on avance impudemment, sous le manteau d'un nom justement célèbre, les inventions les plus grossières sur notre satellite ; ou bien, *les Aventures de* l'aéronaute *Hans Pfaal*, racontées par Edgar Poë : ce hardi voyageur, à l'aide d'un ballon qui réunissait la légèreté à la solidité et d'un condensateur qui devait lui fournir l'air respirable quand il serait sorti de l'atmosphère, fit, nous dit-on, en 19 jours, son ascension de Rotterdam à la lune, et renvoya trois ans après un sélénite donner de ses nouvelles à ses concitoyens émerveillés.

Mais ce récit nous est fait par un romancier ; qui plus est, par un de ces romanciers américains qui excellent dans l'art de combiner ces mystifications qui, en traversant l'Océan, ont pris le nom de *canards*.

Longtemps auparavant, Cyrano de Bergerac avait écrit son fantastique *Voyage dans la lune* et son *Histoire* invraisemblable des *États du soleil*. Enfin, ces mots que Fontenelle écrivait il y a deux cents ans dans sa *Pluralité des mondes* me restaient gravés dans l'esprit. « La vie est partout, et quand la lune ne serait qu'un amas de rochers, je les ferais plutôt ronger par ses habitants que de n'y en point mettre. »

Entre ciel et terre, il n'y a plus absolument rien. Ce néant absolu est bien difficile à concevoir pour nous, qui avons cru si longtemps que la *nature avait horreur du* *vide*, parce que rien ne restait vide autour de nous. Ici, le sens du toucher ne peut plus s'exercer sur rien ; plus de sol à fouler du pied, plus de corps à saisir ; plus d'air qui par son contact perpétuel avec notre corps nous donne la conscience de notre être. — Cet air absent ne porte plus aucun parfum à l'odorat, aucun son à l'oreille; il ne diffuse plus les rayons lumineux qui inondent ordinairement la terre et viennent constamment dans le jour frapper le nerf optique des hommes. L'effet produit par cette absence de lumières diffuse autour de nous dans les espaces célestes est le plus extraordinaire qu'une créature humaine puisse ressentir.

L'atmosphère terrestre, composée de molécules bleues, nous fait voir l'espace sous cette belle couleur azurée que les anciens donnaient à la voûte de diamant du ciel ; devant les flots de lumière solaire diffusée dans sa masse s'éteint l'éclat des étoiles, comme à la clarté des lustres pâlit ou s'éclipse la modeste flamme d'une bougie. De plus, si à travers les parois d'une chambre bien fermée on perce une petite ouverture du côté du soleil, on voit aussitôt les poussières qui peuplent l'air de cette chambre s'éclairer et briller en indiquant la trace du rayon lumineux.

Ici, devant le soleil, il n'y a ni gaz pour disperser sa lumière, ni corps en suspension pour atténuer ses rayons ou indiquer leur marche. Aussi son éclat est-il insupportable au milieu du fond complétement noir de l'espace, et les étoiles plus nombreuses brillent-elles d'une lumière éblouissante dans un plein midi perpétuel.

Les planètes, sans éclat par elles-mêmes, mais vivement frappées par celui du soleil, nous présentent, suivant leurs positions, leur globe rond sous forme de croissants plus ou moins larges, mais toujours vigoureusement découpés.

Par la force seule de ma volonté, je me transporte en ce point de l'espace où, les forces attractives de la lune et de la terre se faisant équilibre, les corps flotteraient indécis entre les deux planètes sans tomber ni sur l'une ni sur l'autre. Ici, il n'y a plus ni haut ni bas, ni dessus ni dessous, et les points cardinaux n'existent pas dans cet univers sans fin.

Tel un aérolithe arrivant dans les cercle d'attraction de la terre se précipite sur sa surface avec une rapidité qui croît proportionnellement au carré du temps, s'échauffe, s'enflamme, éclate même au rapide contact de son atmosphère, puis, dans sa chute rapide, pénètre profondément dans le sol : tel un corps dépassant tant soit peu le point où nous sommes arrivés s'éloignerait de la terre et tomberait sur la lune avec une vitesse d'autant plus grande qu'aucune masse gazeuse n'est interposée.

Par un privilége surnaturel dont je ne cherche pas à me rendre compte, je me sens transporté sans violence et sans choc sur ce sol vers lequel sont dirigés depuis tant de siècles les regards inquisiteurs des hommes et les lunettes des astronomes.

Quelle masse aride et tourmentée ! Ce ne sont que ravins profonds autour desquels surgissent à pic d'immenses montagnes escarpées, dépouillées de toute terre végétale. Les blocs de pierre qui parfois se détachent de leurs flancs élevés roulent ou glissent au fond des abîmes, entraînant dans leur chute d'autres portions de roc, mais sans fracas et sans bruit, comme si la nature y était endormie d'un sommeil éternel. Ces pics et ces monts, au lieu d'être disposés en chaînes rectilignes comme les soulèvements du sol terrestre, forment sur la lune des *cirques* semblables à ceux des Pyrénées et de l'Auvergne, dont le centre est occupé par des *pitons* élevés. Partout cette constitution uniforme résultant des dépôts successifs de matières provenant d'éruptions, partout ces amphithéâtres constatant la présence d'immenses cratères éteints ; partout enfin cet aspect désolé d'une terre bouleversée par des convulsions intérieures. — Rien, au contraire, qui ressemble à ces figures publiées par les almanachs répandus dans le peuple, ni à ces mers désignées depuis des siècles par des noms de grands hommes ou de divinités mythologiques.

Ni air, ni atmosphère quelconque, ni fleuves, ni sources, ni lacs, qui d'ailleurs se volatiliseraient instantanément dans ce vide immense. Absence complète de tout être animé, de toute plante, qui ne sauraient subsister dans ce milieu sans gaz et sans liquides.

— C'est là le cadavre d'un monde, si jamais ce fut un monde.

Les sélénites (c'est le nom que les astronomes donnent aux habitants fictifs de la lune), s'il y en avait, seraient totalement privés des spectacles grandioses que nous présentent le lever et le coucher du soleil, puisque aucune atmosphère ne réfracte pour eux la lumière. Après avoir supporté la chaleur accablante d'un jour trente fois plus long que le nôtre ils seraient plongés, sans transition, dans une nuit profonde aussitôt que l'astre radieux serait descendu sous leur horizon. Pendant ce jour éclatant, les objets directement éclairés par le soleil sont seuls visibles, tandis que ceux sur lesquels se projette une ombre quelconque sont plongés dans une complète obscurité. Le paysage n'offre à la vue que l'aspect d'un tableau sans *demi-teintes*, découpé comme les *ombres chinoises*, et présentant plutôt la silhouette des objets que les objets eux-mêmes.

Vers les pôles, le soleil paraît toujours à l'horizon : les régions voisines de l'équateur, au contraire, échauffées continuellement pendant un demi-mois, acquièrent une température supérieure à celle de l'eau bouillante, tandis que la nuit d'une égale durée qui succède à ce long jour amène un froid d'une intensité ignorée des hommes.

On n'y connaît pas comme en notre terre l'inégalité des jours ni des saisons ; on n'y distingue même pas le jour de l'année, puisque le temps d'une révolution est égal à celui d'une rotation de la lune sur elle-même.

De l'hémisphère lunaire sur lequel je suis placé, je vois la terre occupant dans le ciel un espace treize fois plus grand que celui que, de la terre, je voyais occuper à la lune. Je distingue ses vastes continents, ses mers, ses forêts même ; j'aperçois les immenses monceaux de glaces qui s'accumulent aux pôles et les ceintures de verdure qui s'étendent des deux côtés de l'équateur dans les zones tempérées.

Bien que les nuages flottants dans l'atmosphère terrestre me dérobent parfois quelques portions de la surface ; l'incendie d'une ville, d'une forêt échapperait difficilement à mes regards, et si j'étais muni de bons instruments d'optique, je verrais, sans aucun doute, s'édifier ses villes nouvelles ou se déplacer ses grandes flottes.

Mais c'est surtout le mouvement rapide de rotation de la terre sur son axe et ses phases qui la font apparaître sous l'aspect d'un gigantesque croissant qui excitent mon admiration. Combien le spectacle analogue que me présentait de la terre le satellite que j'habite maintenant avait des proportions plus mesquines ! La terre me semble bien plutôt avoir été créée pour éclairer la lune pendant la nuit que la lune pour éclairer la terre.

Toujours ce globe immense demeure suspendu au-dessus de moi, menaçant de m'écraser par sa chute ; et il en sera toujours ainsi tant que je ne me déplacerai pas sur la nouvelle planète où j'ai établi mon domicile. Mais, si j'entreprends de faire le tour de cet immense rocher, cinquante fois plus petit que la terre, au moment où je me disposerai à passer sur l'autre face pour y résister, la terre disparaitra pour toujours à mes yeux ; le soleil seul continuera à se montrer pendant quinze fois vingt-quatre heures et à me laisser dans l'obscurité pendant un temps égal (1).

. . . .

Mais quoi ! Des voix amies parviennent à mon oreille ; le doux ciel bleu, la réjouissante verdure et la lumière tamisée par les couches atmosphériques frappent encore mes yeux étonnés et ravis. — Mon esprit, se dégageant de mon corps affaibli par ma récente ascension aérostatique, a donc seul accompli le voyage projeté. — Mes compagnons, plus vigoureux, revenus sains et saufs, m'ont ramené au milieu des miens. — Je vais en profiter pour donner quelques explications à mes bienveillants lecteurs.

III. — *Épilogue.*

Sommaire. — Le voyage impossible. — La lune mieux connue que les Alpes. — Un de nos monuments dans la lune. — Télégraphie lunaire. — Les habitants de Vénus, de Mars et des planètes. — Naissance, vie et fin des mondes. — Pluralité des mondes habités.

Un voyage à la lune ne peut se faire que dans les conditions où nous venons de le faire, c'est-à-dire par la pensée. Comme nous l'avons ressenti, à 10,000 mètres de la surface du sol, la vie est impossible à cause de l'absence d'air respirable et de l'intensité du froid ; à 10,000 mètres au-dessous du sol, une cause opposée produirait un résultat tout semblable : l'intensité de la chaleur provenant du foyer central ne préside qu'à des combinaisons chimiques, et décomposerait les organisations végétales ou animales. Ainsi emprisonné par les conditions nécessaires à son existence dans une couche sphérique de cinq lieues d'épaisseur, l'homme n'a jamais pu et ne pourra probablement jamais arriver jusqu'à ce

(1) Ces considérations sur l'aspect de la terre vue de la lune sont tirées en partie de *l'astronomie* de M. Quetelet.

satellite de la terre, qui, de tous les corps célestes, est le plus rapproché, mais qui n'en est pas moins à une distance de 86,000 lieues.

Mais, si les ballons ne peuvent nous transporter jusqu'à la lune, le télescope la rapproche de nous à une distance assez petite pour que l'on ait pu en dresser des cartes d'une exactitude parfaite, et pour que l'on puisse dire, sans crainte de se tromper, que la face de le lune toujours tournée vers nous nous est mieux connue que certaines parties de notre globe, telles que les pôles ou l'Afrique centrale, et que ses montagnes sont mieux étudiées pour la forme, la hauteur et la situation relative que certaines chaînes de l'Amérique ou de l'Asie, que nos Alpes si fréquentées.

Le premier télescope, construit par Galilée, ne grossissait que sept fois les objets; et c'est avec un instrument aussi imparfait qu'il vit les satellites de Jupiter ; en ce temps, temps, on ne comptait au ciel que quelques milliers d'étoiles. Aujourd'hui les télescopes réduisent les distances des astres à la trois millième, à la six millième partie de ce qu'elle est réellement ; aussi le nombre des étoiles visibles et cataloguées dépasse-t-il 20 millions, et le nombre de ces astres que l'on entrevoit est-il infini.

Avec ces magnifiques instruments, du haut de leurs observatoires, les astronomes modernes ont pu examiner à loisir, comme si elle n'était plus qu'à une distance de 40 lieues, de 30 lieues et même de 20 lieues, cette lune que l'on s'est plu de tout temps à peupler d'habitants, et dont l'existence mystérieuse a provoqué les récits extravagants des uns, les superstitions des autres et la curiosité de tous.

Lorsqu'elle présente la forme d'un croissant, le bord le plus convexe, qui est tourné vers le soleil, est toujours circulaire et semble à peu près uni ; mais le bord opposé de la partie éclairée, qui devrait offrir l'aspect d'une ellipse bien tranchée, si la lune était parfaitement ronde, se montre toujours avec des déchirures ou dentelures profondes qui indiquent des cavités et des points proéminents. Les montagnes voisines de ce bord projettent de grandes ombres dont la mesure exacte a permis de déterminer la hauteur et la forme. Au delà de ce bord-bord même, dans la partie obscure, on distingue des points ou de petites îles lumineuses qui ne sont autre chose que les sommets de hautes montagnes, éclairées par le soleil levant avant les plaines intermédiaires. Plusieurs de ces pics gigantesques dépassent de beaucoup la hauteur du Mont-Blanc, qui a 4,810 mètres, et du Chimborazo, qui en a 6,530. Ainsi le mont *Dorfel* a 7,603 mètres de haut; *Newton*, 7,264; *Casatus*, 6,956; *Curtius*, 6,769; *Tycho-Brahé*, 6,151; *Huyghens*, 5,550; tous ont la forme d'immenses volcans éteints, avec cette singularité que leurs dimensions sont incomparablement plus grandes que celles de nos volcans et que le fond des cratères est enfoncé au-dessous de la surface générale de la lune, de telle sorte que la profondeur intérieure est deux ou trois fois plus grande que la hauteur extérieure. Le cratère d'*Archimède* a 87,500 mètres de diamètre, et celui de *Tycho-Brahé*, 91,200; tandis que chez nous le Vésuve n'a que 700 mètres de largeur à son cratère principal, et l'Etna 1,500. La montagne lunaire *Ligustinus* a un cratère de 36,000 mètres; le point le plus élevé de sa circonférence est à 2,606 mètres au-dessus du fond de la cavité. Au centre s'élève un cône haut de 876 mètres à côté duquel on en voit un plus petit. Le fond du cratère est semé d'aspérités qui semblent être des blocs de lave. Enfin il part du cratère des ramifications plus ou moins saillantes sur lesquelles se dressent des aiguilles dont la plus élevée n'a pas moins de 1,419 mètres.

Nulle part la surface de la lune ne présente de mers, ni rien qui ressemble à nos vastes prairies ; seulement, à côté de ces énormes volcans éteints, s'étendent de vastes espaces parfaitement unis qui ont évidemment le caractère d'alluvions, et qui marquent par conséquent la place d'anciennes mers aujourd'hui évaporées, ou dont les éléments ont formé des combinaisons solides avec d'autres principes constituant le globe lunaire.

La vie organique, telle que nous la concevons, exige impérieusement la présence de gaz et de liquides : dans le vide les animaux et les végétaux périssent promptement. Puisque notre satellite est privé des deux agents sans lesquels les fonctions vitales sont impossibles, il est inhabité, ou, tout au moins, il est impossible à l'esprit le plus fertile en hypothèses de se représenter des êtres pouvant vivre maintenant à la surface de la lune.

Aurions-nous même imaginé de tels habitants que, si nous ne pouvions les voir, du moins nous apercevrions avec nos puissants télescopes les manifestations de leur existence, telles que les changements qu'ils pourraient effectuer à la longue sur leur sol ou les réunions de monuments qu'ils pourraient ériger. Il est certain en effet que, s'il existait sur notre satellite non pas une ville comme Paris, Bordeaux ou Toulouse, mais seulement un monument de la dimension des Tuileries et du Louvre, un pareil témoignage de l'activité de créatures animées n'échapperait pas à nos regards.

Un géomètre allemand, Gauss, célèbre par de belles découvertes mathématiques, imagina, il y a vingt ans, un procédé moins bizarre encore que le but qu'il se proposait pour entrer en communication avec les habitants de la lune, s'il y en avait. Son plan consistait à envoyer dans les steppes immenses de la Sibérie une commission scientifique chargée de disposer sur le terrain, suivant des lignes géométriques déterminées, un certain nombre de miroirs métalliques réflecteurs recevant la lumière du soleil, et à projeter l'image de l'astre lumineux sur le disque lunaire. Pour peu que les sélénites fussent intelligents, disait-il, ils reconnaîtraient sans peine que ces figures géométriques régulières ne pouvaient être l'effet du hasard, mais devaient être produites par les habitants de la terre. Ce premier pas fait, ils aviseraient probablement eux-mêmes au moyen de se convaincre de l'existence de ces habitants en répondant à ces figures, que l'on diversifierait, et qui pourraient faire l'office d'une langue métaphorique et idéographique. Il est inutile d'ajouter qu'on n'a pas tenté l'expérience et que d'ailleurs on l'a jugée superflue.

Dans un ouvrage très-savamment pensé et très-éloquemment écrit (1), récemment publié, M. Flammarion, parlant des conditions d'habitabilité des planètes, dit :

« Notre monde n'a pas reçu la moindre faveur ; et si ce n'est la Lune et la petite planète Vesta, tous les mondes où des mesures ont pu être appliquées relativement à ces sortes de déterminations ont été trouvés pourvus d'atmosphère. Sur Vénus, les phénomènes crépusculaires, les taches nuageuses, en révèlent l'existence ; sur Mars, des brouillards s'élèvent au-dessus des mers et s'en vont en nuées touffues rafraîchir les continents ; sur Jupiter et sur Saturne, des nuées analogues courent de chaque côté de l'équateur et sillonnent ces régions de bandes éclatantes. D'ici nous remarquons, sous les traînées de vapeurs qui traversent leurs atmosphères, ces vents salutaires et bienfaisants qui soufflent sur les lointaines campagnes, les évaporations qui s'élèvent dans les airs et les nuages qui tombent en pluies fertilisantes sur les prairies ; nous croyons voir dans ces Méditerranées et dans ces Océans entrecoupés les traits d'union qui unissent les peuples ; et sous tous les faits qui ressortent de

(1) *La Pluralité des mondes habités*. Paris, Didier.

cet état de choses dont l'ensemble offre tant d'analogie avec ce qui se passe sur la terre, nous voyons, là comme ici, des nations intelligentes livrées à toute l'activité d'une civilisation progressive. »

Les philosophes et les savants sont désormais d'accord sur ce point : la vie est partout ; dans la goutte d'eau que nous suspendons à l'extrémité d'une épingle, dans le grain de poussière que nous foulons du pied, dans le sang qui circule dans nos veines, aussi bien que dans les astres que nous voyons et au milieu desquels nous passons inaperçus avec nos faibles dimensions. Tous ces globes lumineux, brillants par eux-mêmes ou éclairés par des soleils, sont, seront ou ont été habités. Masses gazeuses, foyers intenses de chaleur et de lumière, occupant dans le ciel un espace immense dès l'origine, ces mondes se refroidissent peu à peu par la succession des milliers de siècles ; les molécules qui les composent peuvent à un moment donné se combiner et former une croûte solide enveloppant un foyer central en fusion et entourée d'une atmosphère encore gazeuse chargée d'abord de substances que la chaleur maintient à l'état volatil. La vie apparaît aussitôt sur cette écorce encore bien faible, et que déchireront bien des fois les convulsions de ce monde naissant ; mais par les condensations successives de l'atmosphère et les combinaisons lentes des éléments qui la constituent, elle s'épaissit de plus en plus ; des plantes, des animaux supérieurs aux organismes primitifs apparaissent sur la nouvelle surface de ce monde ; ceux-ci sont remplacés à leur tour par des êtres et des végétaux d'une organisation plus complexe, jusqu'à ce qu'enfin l'atmosphère, se résorbant peu à peu, disparaisse par voie de condensation ou de combinaison dans le sol, et laisse ainsi s'éteindre avec une majestueuse lenteur les animaux et les plantes qu'elle avait fait développer pendant tant de siècles sur ce monde désormais désert. Telle est l'histoire de la Terre ; les travaux des géologues ne laissent aucun doute à cet égard : telle a été celle de la Lune, telle sera probablement celle du Soleil.

Mais la nature a apporté une telle variété dans ses productions de toute espèce, elle crée les êtres si merveilleusement organisés suivant les conditions d'existence réunies autour de leur berceau, qu'il nous est impossible d'établir rien de positif sur la forme, le nombre ou le mode de vie des êtres qui peuplent ces mondes. Qui pourtant oserait assigner encore une limite de ce côté aux siècles futurs ? Un jour peut venir où nos instruments d'observation seront d'une puissance inconcevable relativement à ce qu'ils sont déjà. Ils pourront servir à démontrer alors à nos sens ce que l'analogie prouve surabondamment à notre raison. Mais les conjectures seraient sans fin, et bien que les observations les plus concluantes nous démontrent que la lune n'est pas habitée, les plus grandes probabilités nous assurent au contraire que les autres astres planétaires sont autant de mondes où la vie existe et que le Tout-Puissant y a placé, comme sur la terre, des adorateurs de sa gloire.

CHAPITRE XII

LES INFINIMENT GRANDS ET LES INFINIMENT PETITS.

L'homme ne peut pas bien concevoir l'infini. En mathématiques, une quantité infinie est celle qui est plus grande que toute grandeur assignable; or, il n'existe pas de quantité de ce genre dans la nature : nos sens, du moins, ne peuvent en percevoir, notre imagination ne peut s'en former une idée bien nette; et si le raisonnement ne venait à chaque instant reculer devant nous les limites du fini, nous serions peut-être disposés à en rejeter la notion, ainsi que quelques hommes trop sûrs de l'infaillibilité de leur intelligence ont osé le faire de la notion de l'éternité et de celle de Dieu, parce que cette intelligence était incapable d'embrasser complétement ces idées.

Nous n'avons pas la prétention de renouveler, après les théologiens et les philosophes les plus célèbres, les dissertations qui ont conduit ces penseurs à la connaissance de l'immensité, de l'éternité, puis à celle de Dieu; notre but est plus modeste et plus facile à atteindre. Laissant à de plus habiles le soin de trouver les considérations métaphysiques qui conduisent à la conception de ces grandes vérités, nous essayerons seulement, au moyen d'exemples puisés dans la science des nombres et dans celle de la nature, de faire franchir à notre imagination les limites dans lesquelles elle se renferme ordinairement. Nous avons fait comprendre, autant que possible, dans une autre partie de cet ouvrage, la valeur de nombres extrêmement grands ou extrêmement petits que l'on ne rencontre jamais dans la pratique, et que la numération nous fait seule connaître par la longue série de caractères qu'ils emploient; nous étudierons maintenant et nous comparerons les dimensions de notre monde, la prodigieuse varieté et la quantité des êtres qui le peuplent, leur merveilleuse délicatesse, etc.

En sortant ainsi du champ que nos sens, nos habitudes, nos idées préconçues, nous font ordinairement explorer, nous pourrons entrevoir cet infini que notre pensée ne peut pas plus atteindre que nos chiffres. Parfois ces chiffres, en présentant quelques curieux résultats, n'offriront qu'une simple jouissance à l'esprit; souvent aussi ils auront leur éloquence, et notre âme touchée éprouvera des émotions inconnues au vulgaire (1).

I

SOMMAIRE. — L'homme, la Terre et le Soleil. — L'univers en miniature. — Nombre et distance des étoiles. — La pluralité des mondes. — L'infini et Dieu.

On rit avec raison de la naïveté de quelques paysans qui disent que la Lune est grande comme un fromage. Les connaissances élémentaires en astronomie sont maintenant suffisamment répandues pour que personne n'ignore que les astres qui nous entourent ont tous des dimensions considérables. Telle ne fut pourtant pas toujours l'opinion générale.

Le philosophe grec Anaxagore, qui osa dire, quelques

(1) Ceux de nos lecteurs qui voudraient avoir des renseignements plus complets sur les sujets indiqués dans ce chapitre, pourront consulter avec fruit l'intéressant ouvrage qu'un naturaliste célèbre, M. Pouchet, a récemment publié sous le titre l'*Univers*. Nous aurons plusieurs fois l'occasion de citer ce remarquable travail.

siècles avant Jésus-Christ, que le Soleil était grand comme le Péloponèse, et qui croyait ainsi donner une majestueuse idée de la grandeur de cet astre, faillit être lapidé par le peuple ignorant. Nous n'en sommes heureusement plus là, et, laissant loin derrière nous l'idée mesquine que se faisait du Soleil cet audacieux penseur, nous ne craignons même pas d'être contredit lorsque nous répéterons avec tous les astronomes que ce globe lumineux est 1,400,000 fois plus gros que la terre.

Notre globe a pourtant à nos yeux des dimensions que nous mesurons, il est vrai, mais que nous concevons difficilement. Si nous le supposons réduit aux proportions, d'une sphère qui aurait 2 mètres de diamètre, les montagnes les plus élevées auraient à peine un millimètre de saillie ; la profondeur parfois insondable de ses océans serait encore moins sensible, et l'atmosphère elle-même, dans laquelle les oiseaux s'élèvent à perte de vue et que l'homme chercher à explorer dans les aérostats, ne paraîtrait pas plus que le duvet sur une pêche. Que devient l'homme, ce roi de la création, comme il s'appelle quelquefois, ramené à ces proportions? un géant de 2 mètres de haut n'aura plus que 3 dix-millièmes de millimètre de taille ! Tenterez-vous de l'apercevoir? Embrassez du regard la plus haute montagne que vous connaissiez et découvrez une fourmi sur ses flancs, la tâche sera plus facile. Eh bien, comparons cette Terre que nous habitons au Soleil, qui est 1,400,000 fois plus gros.

Un professeur imagina, à cet effet, de compter le nombre de grains de blé de grosseur moyenne qui sont contenus dans un litre ; il en trouva 10,000. Par conséquent, un décalitre doit en renfermer 100,000, un hectolitre 1,000,000, et 14 décalitres 1,400,000. Ayant alors rassemblé en un tas les 14 décalitres de blé, il prit entre ses doigts un seul de ces grains et dit : « Voici en volume la Terre, et voilà le Soleil. »

Cette comparaison, que nous empruntons à l'illustre Arago, nous semble bien plus capable de faire saisir la différence de grosseur des deux corps que l'énonciation du rapport abstrait de 1 à 1,400,000.

Autre rapprochement singulier : le rayon du Soleil est 112 fois celui de la Terre; la Lune, dont le volume est à peu près la 50e partie de celui de la Terre, est placée à une distance de celle-ci égale à 60 fois son rayon. Il suit de là que, si l'on suppose la Terre placée dans l'intérieur du Soleil, de telle sorte que les centres de ces globes coïncident, non-seulement la Terre entrera complétement dans le Soleil, mais la Lune, en supposant qu'elle reste à sa distance ordinaire de la Terre, ne sera encore qu'à moitié chemin de la surface du Soleil.

Enfin, toutes les planètes qui circulent autour du Soleil ne formeraient, si elles étaient réunies, qu'une masse encore 6,000 fois plus petite que celle de cet astre !

Si du volume nous passons au poids, nous arrivons à des résultats non moins extraordinaires, non moins humiliants pour l'homme qui oserait se faire un mérite de sa force physique ou de sa puissance matérielle. Le savant, qui sait toute l'inanité de ces prétentions et qui comprend qu'il ne devient réellement supérieur dans l'ordre des choses créées qu'en developpant son intelligence, le savant pèse les corps célestes avec autant de précision que s'il les mettait dans un des plateaux d'une balance, et voici ce qu'il obtient :

Le poids du Soleil est de

2 096 000 000 000 000 000 000 000 000 tonnes,

la tonne étant de 1000 kilogrammes.

Le poids de la Terre exprimé avec la même unité est de

5 875 000 000 000 000 000 000.

Le poids moyen d'un homme est de 75 kilog. Nous reconnaissons tellement bien notre impuissance à apprécier de tel résultats qu'ils nous semblent infinis. Et pourtant le Soleil n'est qu'une des plus petites étoiles, et ces étoiles mêmes ne sont que des points dans l'espace.

Les anciens croyaient que le firmament était une voûte fixe azurée que le Créateur avait parsemée de points brillants nommés étoiles. Nous n'avons plus à combattre cette croyance erronée ; mais leurs idées sur les dimensions de cette voûte immense n'étaient pas moins éloignées de la vérité. Ces dimensions dépassent en effet de beaucoup les plus audacieuses fictions des poëtes ; leurs comparaisons les plus exagérées nous semblent mesquines en présence de la vérité que nous dévoilent les mathématiques.

Imaginez une plaine bien unie, au centre de laquelle nous plaçons un globe de 60 centimètres de diamètre, une grosse citrouille, par exemple : ce sera le *Soleil.* Mercure, nous le placerons à 24 mètres de distance, et nous le représenterons par un grain de moutarde. Il tracera un cercle autour de la citrouille : ce sera son orbite. Puis Vénus, ce sera un petit pois, à 44 mètres ; la Terre, notre bonne planète, sera un pois un peu plus gros, à 61 mètres. Mars sera une grosse tête d'épingle, à 93 mètres. Junon, Cérès, Pallas et Vesta seront autant de grains de sables à des distances de 145 à 169 mètres. Jupiter sera une orange à 317 mètres. Saturne et Uranus, de grosses cerises à 750 et 1,170 mètres environ de distance.

Figurez-vous maintenant que tous ces corps flanqués de leurs satellites tournent en cercle autour du Soleil, et vous aurez à une échelle lilliputienne l'image de notre système planétaire.

Quant aux comètes, au moment où elles sont voisines du Soleil et des planètes, elles produiraient dans cette plaine l'effet d'une plume légère emportée par les vents, ou d'un jet de fumée se perdant dans l'espace, à l'extrémité de la plaine.

Continuons, si vous le voulez bien, à marcher en avant dans notre univers microscopique. Savez-vous combien il nous faudrait cheminer de temps dans la plaine, dans tous les sens, en ligne droite, avant de rencontrer la première et la plus proche des étoiles ? — Rien que 10,000 lieues, c'est-à-dire 40,000 kilomètres, c'est-à-dire cinquante fois la distance de Paris à Marseille.

Hésiode, dans sa *Théogonie*, suppose qu'un enclume, en tombant du ciel, roulerait neuf jours et neuf nuits dans l'espace avant d'arriver jusqu'à la Terre. Ce chemin parcouru serait immense, à la vérité : sa prodigieuse longueur est déjà bien capable d'effrayer l'imagination : et pourtant la physique nous apprend que, pendant ce temps, un corps solide quelconque, soumis à la loi générale de la gravitation universelle, ne parcourrait que 143,000 lieues, c'est-à-dire qu'il nous viendrait seulement d'un peu plus loin que la Lune, qui est le corps céleste le plus rapproché de nous.

Mais si nous pouvions sortir de notre atmosphère, franchir le vide et, nous traçant une voie vers le Soleil nous diriger vers lui par le moyen de locomotion le plus rapide que nous ayons à notre disposition, nous trouverions qu'un train express lancé à raison de 50 kilomètres à l'heure et marchant sans discontinuer mettrait 347 ans à parvenir au Soleil ; si ce même intervalle privé d'air n'était pas par suite incapable de propager le son, un bruit produit à la surface du Soleil ne viendrait frapper notre oreille que 14 ans et 2 mois après sa production. La lumière elle-même, dont la transmission dans le monde étroit où nous vivons nous semble instantanée, la lumière, qui en un dixième de seconde ferait presque le tour de notre globe, puisqu'elle parcourt 77,400 lieues par seconde, la lumière, auprès de laquelle le son se propage avec une ridicule lenteur, emploie 8 minutes 13 secondes à nous venir du Soleil !

Et pourtant, cette énorme distance du Soleil à la Terre, que l'on compte en moyenne de 38,000,000 de lieues, et qui nous donne des résultats si prodigieux, devient presque insensible si nous voulons la prendre pour unité et mesurer la distance des étoiles les plus rapprochées.

Ainsi l'étoile 61e de la constellation du Cygne est à une distance de nous d'au moins 600,000 fois le rayon de l'orbite de la Terre ; Sirius, Arcturus, la Chèvre, sont à 1,373,000 fois, 1,624,000 fois, 1,884,000 fois cette même longueur de 38 millions de lieues. C'est-à-dire que la lumière de ces astres, malgré sa prodigieuse vitesse de propagation de 77,400 lieues à la seconde, emploie 12 ans et demi, 22 ans, 31 ans à venir jusqu'à nous. La Polaire, cette étoile du marin qui semble placée à l'extrémité de l'axe du monde, et que tous ceux qui ont regardé le ciel avec attention doivent connaître, n'est pas à moins de 1,946,000 fois 38,000,000 de lieues de nous, et sa lumière met plus de 31 ans à nous parvenir.

Que nous voilà loin de l'enclume d'Hésiode !

Dans les évaluations qui précèdent, nous n'avons encore parlé que des étoiles superficielles, de celles que nous apercevons à l'œil nu. Que sera-ce si nous cherchons à nous rendre compte de l'éloignement de celles que le télescope nous a permis de découvrir, de celles qui appartiennent aux limites du champ que nous pouvons encore explorer ? Pour celles-ci, dans le cas de l'évaluation la plus modérée, on trouve que leur lumière mettrait plus de 12 millions d'années à venir jusqu'à nous, c'est-à-dire qu'il faudrait *trente-six mille milliards d'années* à un boulet de canon conservant la vitesse qu'il acquiert au sortir de la pièce pour franchir un pareil espace !

Ainsi, lorsque l'observateur plonge plus profondément ses regards dans l'immensité, lorsqu'il atteint ces nébuleuses, sortes de taches blanches que le télescope fait résoudre en une fine poussière d'étoiles, la distance devient telle que notre imagination en reste confondue et que tous nos efforts sont impuissants à la représenter par des chiffres. Nos instruments révèlent encore à nos yeux l'éclat lumineux d'étoiles qui pourraient être éteintes depuis des millions d'années. « Ainsi, dit M. Pouchet dans son remarquable ouvrage sur l'*Univers*, l'histoire des cieux, franchissant la nuit des temps, passe à travers les siècles et vient nous apparaître comme autant d'événements contemporains ! »

Le nombre de ces astres éclatants est aussi digne de notre admiration que leur distance ou leur prodigieux éclat.

Tout le monde connaît cette trace blanche qui traverse le ciel et que l'on nomme la *Voie lactée* ou *Chemin de Saint-Jacques*. Eh bien, Herschel a reconnu que cette *Voie lactée* était une nébuleuse composée d'une innombrable quantité d'étoiles au milieu desquelles notre Soleil se trouve placé. Dans l'espace d'un quart d'heure, ce grand astronome compta jusqu'à 116,000 étoiles traversant le champ de sa lunette dirigée vers ce groupe immense, et si le Soleil se trouvait à la place d'une quelconque de ces étoiles, son éclat serait insuffisant pour qu'il pût parvenir jusqu'à nous. Si toutes les nébuleuses sont comparables à cette voie lactée, si chacune d'elles renferme ainsi plusieurs millions de soleils, tellement éloignés les uns des autres que la lumière emploie plus de trois ans pour franchir la distance comprise entre deux astres *voisins*, l'univers visible s'agrandit si prodigieusement que l'imagination effrayée le confond avec l'*univers infini*.

Et partout, cependant, on reconnaît l'action évidente de forces renouvelées sans cesse, créées d'instant en instant, pour maintenir l'harmonie dans chacun des atomes de ce majestueux ensemble ! Rien, d'ailleurs, si ce n'est l'insuffisance de nos télescopes, rien qui doive nous faire présumer que la création s'arrête là ! Mille motifs des plus puissants, au contraire, pour donner à penser que, transportés dans ces régions lointaines, nous verrions les bornes du firmament se reculer encore ; que des astres inconnus nous apparaîtraient encore vers un nouvel infini ; que l'univers, en un mot, comme on l'a si bien dit, est « un cercle dont le centre se trouve partout et la circonférence nulle part. »

Dira-t-on de ces vastes flambeaux des cieux qu'ils ont été créés sans autre but que celui d'éclairer les solitudes de l'immensité de l'espace ? Notre Soleil n'est que l'un de ces flambeaux, et nous savons combien de mondes forment son brillant apanage ; Mercure, Vénus, Mars, Jupiter, Saturne, dans leurs révolutions, entraînent problablement, aussi bien que la Terre, des peuplades d'êtres organisés. Pourquoi donc refuserions-nous le même cortége aux autres soleils ? Pourquoi chacun d'eux ne serait-il pas le centre d'un système de mondes qu'il éclairerait de sa lumière et que l'insuffisance seule de nos moyens d'investigation nous empêche de voir ?

Oui, des mondes roulent dans ces régions éloignées ; et ces mondes sont aussi les domaines de la vie et de l'intelligence. En contemplant sous cet aspect le firmament étoilé qui nous enveloppe, nous voyons l'immensité peuplée de merveilles, se mouvant dans une admirable harmonie, sous l'empire des lois immuables d'une monarchie sans limites.

C'est une contemplation qui n'a pas de bornes ; car la pensée de l'homme va bien au delà de ce qu'il peut voir à l'œil nu ou aidé d'un télescope. Elle s'élance hors des régions des mondes visibles : et qui oserait dire que, là encore, il n'y a rien ; que les merveilles du Tout-Puissant y ont une fin parce que nous ne pouvons y apercevoir les traces de sa puissance, et que notre imagination même succombe sous le poids de nos efforts? Peut-on ne pas être ébloui par ces richesses, quand on songe que la volonté qui les enfante, s'enveloppant dans sa majestueuse munificence, n'avait même pas laissé d'abord soupçonner par l'homme des largesses que les plus persévérantes études, accumulées de siècle en siècle, devaient seules nous révéler? On s'incline devant tant de grandeur, et l'on ne peut que répéter avec le roi prophète ce mot si juste et si souvent cité : « Les cieux racontent la gloire de Dieu. »

II

SOMMAIRE. — Le télescope et le microscope. — Les générations spontanées. — Ce qu'il y a dans une goutte d'eau. — La résurrection d'un monde. — Les habitants de l'Océan. — Les faiseurs de mondes. — Les parasites de l'homme. — Conclusion.

Soit que nos regards en s'élevant scrutent la profondeur des cieux, soit qu'ils s'abaissent pour compter les créatures qui nous entourent, notre imagination reste également confondue ; partout nous rencontrons l'immensité, l'infini.

Et n'espérons pas que, si nous avons senti notre petitesse au milieu de l'univers, si nous avons compris notre impuissance devant l'œuvre infiniment grande du Créateur, nous puissions trouver quelques dédommagements pour notre amour-propre dans le spectacle que va nous présenter cette autre partie de la création qui nous semble inférieure par la dimension ou la puissance ; c'est ici au contraire que l'infinie sagesse du Tout-Puissant nous paraîtra plus admirable encore s'il est possible; que notre ignorance et notre faiblesse nous sembleront plus évidentes en présence de la multitude innombrable de ces infimes créatures, des merveilleux travaux qu'elles accomplissent et des mystères de leur organisme.

L'étude de la nature est d'ailleurs pleine pour nous de sublimes enseignements. L'histoire de la formation de notre globe, la conformation, l'organisation et les mœurs des animaux qui peuplent sa surface, son atmosphère et ses océans, la vie des plantes qui croissent et se multiplient autour de nous avec une variété infinie, nous offrent une source intarissable de jouissances intellectuelles. Aussi c'est avec regret que nous ne faisons qu'indiquer ici ces intéressants sujets, pour nous renfermer dans le cadre que nous nous sommes imposé, et contempler le spectacle grandiose de l'immensité dans les infiniment petits.

Il y a un siècle et demi que le microscope a été inventé ; et l'on peut dire que le Hollandais Leuwenhoeck, qui construisit de ses mains les premières lentilles grossissantes, découvrit, non plus pour le profit d'une seule nation, mais pour le progrès de tous, un monde bien autrement riche en habitants et en productions inconnues, bien autrement merveilleux que celui que Colomb faisait connaître deux siècles plus tôt. L'œil armé du microscope voit en effet, suivant l'exacte expression de M. Pouchet, *la nature s'animer dans tous les interstices de la matière*, et le nombre prodigieux d'organismes qu'il y découvre fait naître les plus magnifiques idées sur l'universelle diffusion de la vie.

Hipparque et Ptolémée, Copernic et Képler nous ont légué d'admirables découvertes. Mais ils ont dû tout voir dans les espaces célestes avec cette intuition et cette prescience particulière au génie. Galilée lui-même parvint à découvrir Jupiter avec le télescope qu'il inventa, et qui ne grossissait que sept fois les objets. A cette époque, on comptait au ciel un millier environ d'étoiles ;

aujourd'hui on explore les astres avec des instruments qui grossissent 6,500 fois, et le nombre de ceux que l'on distingue nettement dépasse 20 millions.

De même, la perspicacité de Leuwenhoeck a plus fait pour le progrès de la science que la puissance de l'instrument rudimentaire qu'il construisit. Ses faibles lentilles convexes, qui ne grossissaient les objets que 160 fois au plus en diamètre, ne sauraient être comparées, en effet, aux puissants microscopes perfectionnés que nous possédons aujourd'hui, qui rendent les diamètres 7,500 fois plus grands, et les surfaces 56 millions de fois plus étendues.

Soumettons à un de ces magiques instruments une gouttelette d'eau grosse comme la tête d'une épingle. Le plus étonnant spectacle s'offre à nos regards. Un lac s'étend devant nous ; mais combien il diffère de ceux que nous connaissons ! Dans ses ondes s'agite sans trêve, avec une activité extraordinaire, une foule innombrable d'êtres nouveaux pour nous. Les uns surgissent tout à coup du sein de ce petit océan et, semblant donner raison aux partisans de la *génération spontanée*, paraissent se produire d'eux-mêmes, par leur propre fait et sans l'intervention d'une mère. D'autres, au contraire, se divisent en deux, trois, quatre animaux nouveaux, doués comme le premier des mêmes organes et des mêmes mouvements incessants.

Bientôt leur nombre augmente au point qu'on ne saurait placer dans les intervalles qui les séparent une pointe d'aiguille ; ils forment des masses compactes et confuses renfermant des milliards de ces petits êtres, que l'on dissout pour ainsi dire en ajoutant de nouvelle eau.

Ici ce sont des *bacteriums*, les nains de ce nouveau monde, qui nous présentent l'aspect de fils roides et courts se mouvant par une série d'oscillations ; auprès ondulent les *vibrions*, petites anguilles non moins délicates que les précédents, puisque le micromètre de notre instrument nous indique qu'elles n'ont pas plus d'un cent-millième de millimètre d'épaisseur ; puis les rapides *spirilles*, qui se contournent en une longue hélice semblable aux ressorts de laiton des jarretières. Ailleurs, les *protées*, à la démarche plus lente, et dont le corps plus ramassé est muni d'expansions contractiles ; comme leur mythologique homonyme, en quelques minutes ils ont passé par tant de formes qu'ils sont devenus méconnaissables. Ou bien, les *rhizopodes* qui s'enveloppent d'une coquille plate ou globuleuse de la substance des pierres à fusil.

Ces petits animalcules au corps blanc et globuleux, munis d'un long filament toujours agité d'un mouvement ondulatoire, ce sont des *monades*, sortes de molécules organiques. Ceux-ci, au corps diaphane et gélatineux, groupés par dizaines de mille sur un espace de moins d'un millimètre de largeur, ce sont les *volvociens* qui agitent aussi de longs filaments pour faire exécuter à la masse entière un mouvement de rotation sur elle-même.

Enfin, parmi cette foule innombrable, apparaissent, comme des éléphants auprès de scarabées, les *kolpodes* les *trichodes* et les *kérones*, qui ont jusqu'à un quart de millimètre de diamètre, et dont le corps oblong, pourvu de cils vibratoires, se meut dans un perpétuel tourbillon ; et les *rotifères*, dont la bouche est entourée d'un appareil charnu revêtu de cils qui, par la régularité de leur mouvement, présentent à s'y méprendre l'aspect de roues dentées tournant avec rapidité.

Voilà ce qu'on nomme les *infusoires*, parce que les premiers de ces êtres furent aperçus dans des infusions végétales ; et bien qu'il en existe partout, les noms de *microzoaires* ou de protozoaires qu'on leur applique également, avec plus de raison, indiquent que ces petits êtres sont le début de l'organisation animale.

Poussons plus loin notre investigation, et profitons de la transparence des corps qui nous sont soumis pour reconnaître leur distribution. Ici le luxe des appareils vitaux dépasse de beaucoup ce qui existe dans les grands animaux. Il en est qui possèdent quinze, vingt et même cent estomacs ; parfois l'un d'eux est muni de dents d'une finesse prodigieuse que l'on voit triturer les aliments. Le célèbre micrographe Ehrenberg prétend leur avoir reconnu des yeux, et il dit que leur système circulatoire a un tel développement que certains d'entre eux ont le cœur proportionnellement cinquante fois plus gros que celui d'un cheval. C'est probablement à ce développement extraordinaire des organes vitaux que l'on doit attribuer les perpétuelles agitations de ces êtres qui, seuls dans la création, ne connaissent ni le repos ni le sommeil.

Laissons évaporer notre goutte d'eau, enlevons l'air qui entoure la lame de verre qui la supportait tout à l'heure, chauffons même à 120°. Notre malheureuse population flottante, si agitée, si active, se dessèche et tombe bientôt dans l'immobilité de la mort ; à travers le microscope, nous voyons les corps inanimés de ces milliers d'êtres dont l'organisation délicate nous étonnait tout à l'heure. Eh bien, ces corps ne sont pas encore des cadavres ; ces existences si frêles en apparence peuvent résister à la privation d'air et d'eau, à des températures extrêmes que ne pourraient supporter ni les autres animaux ni les végétaux les plus robustes. Si quelques jours après, en effet, nous versons une goutte d'eau sur la place ou gît notre petite colonie, nous verrons bientôt un grand nombre de ses membres se relever et reprendre après cette résurrection leur incessante activité.

Comme on le voit, les progrès des sciences naturelles ont élargi pour nous l'horizon de la vie. « Tout un monde microscopique, qui n'était pas soupçonné des prédécesseurs de Leuwenhoeck, se révèle à nous dans tous les endroits où nos investigations peuvent accéder. Les glaces polaires, les régions élevées de l'atmosphère, les ténébreuses profondeurs de l'Océan, sont peuplées d'organismes vivants, et partout leur prodigieuse multitude nous émerveille autant que l'infinie variété de leurs formes. » (Pouchet, l'*Univers*).

Le nombre des infusoires est tellement considérable au fond de l'Océan que les *monades*, dont le diamètre ne dépasse pas la quinze-centième partie d'un millimètre, y forment des couches vivantes de plusieurs mètres d'épaisseur. Et ce n'est pas seulement sur quelque point isolé, dans les mers intérieures ou près des côtes, qu'il en est ainsi; près des pôles, où les grands organismes ne pourraient plus exister, il règne encore une vie infiniment petite et des organisations d'une richesse et souvent d'une élégance remarquables. A des profondeurs qui dépassent la hauteur des plus grandes montagnes, chaque couche d'eau est animée par des vers polygastriques, des cyclidies et des orphrydines. Là pullulent les animalcules phosphorescents, les *mammaries*, les *noctiluques miliaires*, les *péridines*, *les néréides*, dont les innombrables essaims, attirés à la surface par diverses circonstances météorologiques, transforment chaque vague en une écume lumineuse et laissent derrière les navires des sillons phosphorescents.

D'ailleurs, au sein des mers, les prodiges se pressent au point de lasser l'admiration. Si le fond est semé de parterres vivants, composés des anémones aux nuances brillantes, des actinies couleur de feu, des méduses aux blanches clochettes, ou des gorgones aux éventails lilas, les polypes mycroscopiques, réunis en d'innombrables armées, s'assimilent les sels calcaires et le silex tenus en suspension dans les eaux salées et élèvent par leur travail et par les débris de leurs corps infiniment petits ces admirables palais de corail dont les débris nous servent d'ornement, ou ces bancs dont la masse nous stupéfie, en rendant impraticables des parages de l'Océan que les navires traversaient précédemment à pleines voiles.

Ces polypiers gigantesques deviennent parfois des îles, des continents; et les géologues nous enseignent la puissance de ces *faiseurs de mondes*, comme les appelle Michelet, qui ont remanié et modifié la surface de notre globe à certaines époques antédiluviennes. Ainsi la vieille Germanie et ses sombres forêts reposent sur un lit de corail; de nos jours, le détroit de Torrès, en Australie, qui ne comptait, il y a peu d'années, que vingt-six îlots madréporiques, en offre aujourd'hui cent cinquante; et le jour n'est pas loin où le passage sera complétement comblé par les infatigables zoophytes qui ont commencé, avec ce siècle, la construction de cette immense digue moins célèbre, mais plus durable que celles d'Alexandre le Grand ou de Richelieu.

Dans un ouvrage remarquable intitulé l'*Univers*, M. Pouchet, l'un des plus habiles défenseurs de la théorie des *générations spontanées*, nous dit :

« L'eau n'est pas le seul domaine des animalcules microscopiques; on en rencontre aussi dans la terre des amas dont la puissance dépasse toutes les supputations du calcul. Certaines espèces, dont la petitesse n'égale peut-être pas la 1,500^e partie d'un millimètre, constituent sous le sol de quelques endroits humides de véritables couches vivantes qui ont parfois plusieurs mètres d'épaisseur. Ainsi la ville de Berlin est bâtie sur un banc d'animalcules de plus de 15 mètres de profondeur. Ces êtres sont d'une telle ténuité qu'il en faut 1,111,500,000 pour faire un gramme!

« Mais la vie microscopique n'envahit pas seulement l'eau, l'air et la terre; on la retrouve encore, pleine de puissance et d'animation, à l'intérieur des animaux et des plantes; aucun de leurs appareils les plus profondément protégés ne peut s'y soustraire. Quelques microzoaires, mêlés aux globules sanguins, semblent vivre même à l'aise au milieu du tourbillon incessant de la circulation, qui parcourt chaque jour plus de 2,800 fois son circuit du cœur aux extrémités et des extrémités au cœur.

« L'homme lui-même ne s'imagine pas quelle population invisible le dévore d'une manière incessante, et finit parfois par le tuer. On découvre toujours dans ses intestins des masses de *vibrions*, véritables anguillules microscopiques. Les innombrables légions d'un autre ver plus petit, la *trichine*, envahissent parfois à notre insu tous nos organes charnus. Celui-ci se multiplie tant dans notre économie qu'on en a compté jusqu'à vingt-cinq dans l'un des muscles de l'intérieur de l'oreille, qui ne dépasse pas la grosseur d'un grain de millet. »

Mais arrêtons-nous dans cette étude si attrayante et si pleine de charmes de la création, avec la persuasion que notre sujet ne serait jamais épuisé. Ne cherchons plus désormais le merveilleux dans le surnaturel, puisque la nature, avec ses innombrables mystères, est pour les générations présentes et futures une source intarissable de découvertes admirables et de méditations sublimes.

Il est vrai que le sentiment de notre humilité nous subjugue en présence de ces infinis de l'espace, de cette infinie divisibilité de la matière organisée, aussi bien que de l'éternité du temps; chaque pas que fait l'homme dans la carrière lui dévoile sa faiblesse : mais aussi son intelligence, cette émanation divine, le soutient en lui décelant sa puissance et sa suprême origine, et en lui permettant de croire que, seul dans l'ordre des êtres créés, il peut admirer l'univers et rendre hommage à son auteur.

FIN DE LA DEUXIÈME PARTIE.

TROISIÈME PARTIE

MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE

GÉOMÉTRIE AMUSANTE

ETC.

CHAPITRE PREMIER

LA SCIENCE ET LE HASARD DES JEUX.

SOMMAIRE. — Classement des jeux. — Les joueurs de profession. — La ruine décrétée par l'algèbre. — Une maladie incurable. — Le prédicateur et l'usurier. — Boileau et Louis XIV. — Les jeux instructifs et amusants.

On peut ramener tous les jeux qui ont été inventés et tous ceux que l'on pourra encore inventer à quatre classes différentes : la première comprend ceux qui dépendent absolument des combinaisons des nombres ou des figures : tels sont les échecs, les dames et quelques autres dont la pratique présente un véritable travail d'esprit : la seconde, ceux dont les résultats sont dus au hasard seul comme les dés, certains jeux de cartes, les loteries, etc.; la troisième, ceux qui exigent de l'adresse seulement : comme les boules, le tir, la paume, le billard ; la quatrième enfin, ceux qui dépendent à la fois du hasard et de l'adresse du joueur : comme le tric-trac, les dominos, les cartes, etc.

Dans les jeux à chances égales, où l'habileté ne joue qu'un rôle secondaire ou nul, un joueur de profession peut être sûr de se ruiner. C'est la conclusion mathématique que l'on tire de l'examen des circonstances dans lesquelles il se trouve placé. Ce qu'il appelle *bonheur*, *chance*, *bonne étoile*, *bonne veine*, ne saurait retarder l'accomplissement d'un arrêt prononcé au nom de l'algèbre; c'est ce que nous allons essayer de démontrer.

Entre deux personnes également riches, la proportionnalité des enjeux aux chances de gain ne saurait être mise en question : l'équité établit cette base des opérations des joueurs; l'usage l'a consacrée et leur amour-propre n'en accepterait pas d'autre. Les mêmes causes font que cette règle doit être maintenue lorsque les fortunes des adversaires sont inégales, parce qu'ils sont supposés ne devoir faire qu'un nombre de parties assez borné pour que la fortune de l'un ou de l'autre ne soit pas sensiblement altérée par ses gains ou par ses pertes. Il est vrai qu'ils ne se tiennent jamais dans les limites de ce qui est raisonnable, et que le principe subsiste, bien qu'il cesse d'être juste, lorsque l'un des joueurs en arrive à risquer la plus grande partie de son avoir, tandis que son partner plus heureux n'engage qu'une portion insignifiante de sa fortune.

S'il s'agit, comme dans ce cas, d'un nombre indéfini de parties, la possibilité de tenir le jeu plus longtemps donne au plus riche un avantage incontestable qui croît très-vite en même temps que la différence des fortunes. Le désavantage d'un joueur devient immense si son adversaire est immensément plus riche que lui, et c'est le cas du joueur de profession qui accepte toutes les parties. Le monde entier des joueurs en face duquel il se pose peut alors être considéré comme un joueur unique doué d'une fortune illimitée et toujours en état de tenir la partie. Voilà pourquoi l'on ne voit jamais de joueur passionné acquérir de grandes richesses ou garder quelque temps celles qu'il a acquises.

Dans les maisons de jeux et dans les loteries, les *espérances mathématiques* des joueurs sont toujours inférieures à celles de l'entrepreneur, de telle sorte que celui-ci doit toujours, en fin de compte, s'enrichir aux dépens de ceux-là. A la loterie, d'après un calcul de M. Léon Lalanne, l'*extrait simple*, ne rendait que 15 fois la mise, quoiqu'il eût dû rendre 18 fois cette mise; l'*ambe*, 270 au lieu de 400 fois; le *terne*, 5,500 au lieu de 11,748; le *quine*, 1000,000 au lieu de 43,949,268.

L'immoralité flagrante de ces jeux publics, dont le résultat certain était d'appauvrir la masse des joueurs, les a fait interdire depuis longtemps, et tous les gens sensés ont applaudi à la suppression de ces exploitations, dont le succès était basé sur les mauvaises passions et sur l'ignorance d'individus qui cherchent la richesse ou simplement des moyens d'existence ailleurs que dans un travail utile à la société

Mais voilà que depuis quelques années on voit reparaître, sous une autre forme moins dangereuse à la vérité, ces colossales spéculations. Leur succès est d'autant plus grand que la valeur des billets est moindre ; le gouvernement les autorise parce que les bénéfices qu'elles produisent sont destinés à des œuvres charitables. Nous savons que l'aumône, sous quelque forme qu'elle se produise, est toujours respectable, et nous nous abstiendrions d'attaquer ces institutions si la spéculation n'y trouvait encore sa part, et s'il n'entrait pas dans notre tâche de mettre nos lecteurs en garde contre des combinaisons du même genre dont le but pourrait être moins louable.

Rien n'est plus aisé d'ailleurs que de se convaincre que la propriété des joueurs pris en masse est compromise par ces loteries. Supposons que le nombre des billets soit de 1,000,000 et le prix du billet 1 franc; la somme déposée entre les mains des entrepreneurs est de 1,000,000 de francs; mais les frais d'administration absorbent d'abord une partie de cette somme; puis le but pour lequel la loterie est organisée exige que l'on prélève sur ce capital une somme importante : soit en tout 350,000 fr Il reste donc à distribuer entre les joueurs 650000 francs: c'est encore beaucoup dire, car la valeur totale des lots n'atteint presque jamais cette proportion. Chaque joueur ayant donné un franc n'aurait donc plus droit, si la répartition se faisait également, qu'à 650,000 divisé par 1,000,000, soit à 0, fr. 65. Le billet de 1 franc ne vaut donc réellement que ce prix de 0 fr. 65, et tout le surplus de la valeur du billet multiplié par le nombre des billets revient aux entrepreneurs et à leur œuvre. Autrement dit : la mise des joueurs étant 1,000,000, le gagnant devrait avoir ce nombre de fois sa mise, tandis qu'il ne l'a que 650,000 fois. Le but que l'on atteint peut faire excuser ces moyens, mais ceux-ci ne sont pas équitables.

Quant aux chances de gain dans les jeux de hasard en général, nous ne saurions toutes les déterminer ici; nous nous contenterons d'énoncer la loi des probabilités relative aux grands nombres. — Au milieu des causes variables et inconnues que nous désignons par le mot de hasard, dit M. Léon Lalanne, et qui rendent incertaine et irrégulière la marche des événements, tant qu'on ne considère que les cas particuliers, on voit naître à mesure qu'ils se multiplient une régularité frappante. Concevons, par exemple, une urne qui renferme des boules blanches et des boules noires, et supposons que l'on remette dans l'urne la boule que l'on vient d'en tirer, chaque fois que l'on va procéder à un nouveau tirage. Le rapport du nombre des boules blanches extraites au nombre des noires sera le plus souvent très-irrégulier dans les premiers tirages; mais les causes variables de cette irrégularité, se détruisant mutuellement dans un grand nombre de tirages, laissent de plus en plus apercevoir le rapport des boules blanches aux boules noires contenues dans l'urne, ou les possibilités respectives d'en extraire une boule de l'une de ces couleurs à chaque tirage.

Il suit de là que les rapports des effets de la nature sont à peu près constants quand ces effets sont considérés en grand nombre. Ainsi, malgré la variété des années, la somme des productions pendant un nombre d'années considérable est sensiblement la même; c'est à l'homme à répartir également entre tous les temps les biens que la nature produit chaque année avec une inégalité apparente.

Beaucoup d'effets dus à des causes morales sont eux-mêmes soumis à la loi des grands nombres.

Le rapport des naissances annuelles à la population et celui des mariages aux naissances n'éprouvent que de très-petites variations. A Paris, le nombre des naissances annuelles est toujours à peu près le même. On a observé à Paris et à Londres que, dans les temps ordinaires, le nombre des lettres mises au rebut pour défaut dans les adresses change peu chaque année.

On voit encore que, dans une série d'événements indéfiniments prolongés, l'action des causes régulières et constantes doit finir par l'emporter sur celle des causes irrégulières. C'est ce qui rendait les gains de la loterie aussi certains pour l'entrepreneur que les produits de l'agriculture; les chances qu'il se réservait lui assuraient un bénéfice dans l'ensemble d'un grand nombre de mises.

« Ainsi, des chances favorables et nombreuses étant constamment attachées à l'observation des principes éternels d'humanité, de justice et de raison qui fondent et maintiennent les sociétés, ce seul motif devrait suffire pour que l'on ne s'en écartât jamais. La régularité frappante qui se manifeste dans la succession indéfiniment prolongée des événements du même genre, ajoute M. Léon Lalanne, a toujours été considérée à juste titre comme une manifestation de la Providence. C'est en vain qu'on a nié la réalité des bases de cette croyance si générale et si consolante en prétendant substituer des lois aveugles à une volonté intelligente. N'est-il pas évident qu'admettre ces lois, c'est rendre tacitement hommage à l'intelligence suprême, qui seule peut les avoir établies? »

On peut consulter sur ce sujet l'*Essai d'analyse des jeux de hasard* par de Montmort, le *Calcul des probabilités* de

M. Lamé ou les *Considérations sur la théorie mathématique du jeu* par Ampère; mais nous doutons que tous les raisonnements des savants, que les conseils même de l'expérience, parviennent jamais à corriger les amateurs de jeux de hasard; nous n'en citerons pour preuve que ce fait, que nous extrayons des œuvres d'Arago :

« Je connaissais à Paris, dit le savant mathématicien, il y a quelques années, un étranger de distinction, à la fois très-riche et très-mal portant, dont les journées étaient régulièrement partagées entre d'intéressantes recherches scientifiques et le jeu. Je regrettais vivement que le savant expérimentateur donnât à la moitié de sa vie une destination aussi peu en harmonie avec une capacité intellectuelle que tout le monde se plaisait à reconnaître. Malheureusement, quelques intermittences de gains et de pertes, momentanément balancés, lui avaient persuadé que les avantages des banques contre lesquelles il jouait n'étaient ni assez assurés ni assez considérables pour qu'on ne fût pas en droit d'attendre une *bonne veine*. Les formules analytiques des probabilités offrant un moyen radical, le seul peut-être, de dissiper cette illusion, je proposai, le nombre des coups et des mises m'étant donné, de déterminer d'avance de mon cabinet à combien se monterait, non pas assurément la perte d'un jour, non pas même la perte d'une semaine, mais la perte de chaque trimestre. Les calculs se trouvèrent si régulièrement d'accord avec la diminution correspondante des banknotes dans le portefeuille de l'étranger que le doute ne lui était plus permis. Le savant gentleman renonça donc au jeu. Pour toujours? Non, pendant une quinzaine.

« Après ce temps, il déclara que mes calculs l'avaient complétement convaincu; qu'il ne serait plus le tributaire inintelligent des tripots de Paris; qu'il continuerait le même genre de vie, mais non plus avec les folles espérances qui le berçaient jadis. « Je n'ignore plus, disait-il, que je perdrai tous les ans cinquante mille francs de ma fortune que je puis consacrer au jeu. J'y suis parfaitement résigné. Ainsi personne désormais n'aura le droit de me considérer comme la dupe d'une ridicule illusion; je continuerai à jouer parce que mes cinquante mille francs de superflu, employés de toute autre manière, n'exciteraient pas dans mon corps débile, miné par la douleur, les vives sensations qu'il éprouve en présence des combinaisons variées, tantôt heureuses, tantôt fatales, qui se déroulent tous les soirs sur un tapis vert. »

« Je ferais tort aux sciences mathématiques, ajoute Arago, si j'essayais de les justifier de ne pas avoir prévu dans leurs formules que l'espèce d'orage intérieur et poignant qui résulte du jeu obtiendrait la préférence sur la satisfaction douce, morale, attendrissante, que les hommes riches peuvent journellement se donner en soulageant de cruelles misères. Les passions, quoique d'institution divine, sont des protées que le calcul essayerait en vain d'enlacer dans ses filets réguliers et méthodiques; c'est à une autre puissance qu'il faudrait s'adresser pour obtenir ces prodiges. »

Lesage, dans son *Diable boiteux*, nous raconte qu'un usurier, sur le point de conclure un prêt de sa façon avec un officier dans la gêne, interrompit tout à coup ses pourparlers avec son client pour l'entraîner au sermon, où sa qualité de *bon chrétien* l'obligeait à assister. Le prédicateur tonna précisément contre les prêteurs à gage et leur sordide avarice; dans son éloquence véhémente, il montrait les portes de l'enfer ouvertes à deux battants pour les recevoir après leur mort et dépeignait les horribles supplices qui les attendaient dans l'éternité... L'officier riait dans sa barbe, tandis que son compagnon, directement mis en cause, se courbait humblement sous les anathèmes du prêtre. — « Que dites-vous de ce prédicateur, demanda malicieusement l'emprunteur, à sa sortie du saint lieu ? Quelle éloquence et quel accent convaincu ! Comme il sait bien effacer le doute et inspirer la crainte !... — Un homme d'un talent admirable, en effet, répondit l'usurier, il fait supérieurement son métier ; allons faire le nôtre. »

L'histoire, plus féconde encore que la légende en modèles de ce genre, nous rapporte que Colbert voulut un jour détourner de la guerre le monarque qu'il servait avec tant de dévouement et diminuer ainsi l'influence de Louvois, qui flattait au contraire les passions belliqueuses de Louis XIV. Boileau se mit du complot et promit de seconder le ministre ; il adressa au roi la belle épître où se trouve une peinture si entraînante des douceurs de la paix et, entre autres passages remarquables, celui que tout le monde connaît sur l'empereur Titus :

> Qui rendit de son joug l'univers amoureux ;
> Qu'on n'alla jamais voir sans revenir heureux ;
> Qui soupirait le soir si sa main fortunée
> N'avait par ses bienfaits signalé sa journée.

Ces beaux vers allèrent au cœur du roi ; il se les fit redire à plusieurs reprises, puis... il ordonna de seller ses chevaux et partit pour l'armée.

On aura beau dire, l'homme parfaitement sage, c'est-à-dire assez fort pour vaincre ses passions, est encore à trouver ; tout au plus voit-on quelques *philosophes*, c'est-à-dire des amis de la sagesse... d'autrui. Longtemps encore les joueurs se ruineront à la roulette ou aux loteries.

Les jeux d'adresse, au contraire, ont tant de rapports avec les principes de la mécanique que ce n'est que faute d'en bien connaître les règles ou de les bien mettre en usage que l'on ne gagne pas toujours dans ces jeux. Il y a même peu de jeux mêlés de hasard et d'adresse où le succès ne dépende d'un calcul dans lequel on ferait entrer le nombre, le poids ou l'étendue des figures. Le joueur qui imprime le mouvement pourrait déterminer le résultat, s'il était parfaitement habile. Bien que la perfection semble refusée à l'homme, aussi bien dans la totalité de sa personne que dans une quelconque de ses facultés, il est certain qu'on pourrait établir des règles infaillibles pour toujours gagner au billard, aux échecs et à d'autres jeux qui mettent uniquement en œuvre notre intelligence ou notre adresse manuelle. Ces règles, personne ne les a trouvées, et nous ne croyons pas qu'on les trouve jamais, parce qu'il faudrait tenir compte d'un trop grand nombre de circonstances pour les établir; mais il suffit qu'un point de perfection soit possible pour qu'on trouve quelque plaisir à cette recherche.

Ainsi, les jeux peuvent procurer, indépendamment des émotions plus au moins vives qui accompagnent toujours les pertes ou les gains, d'agréables récréations scientifiques. Les balles, les billes, les toupies, que l'on met entre les mains des enfants, deviennent pour eux comme pour nous des applications très-simples des lois de la physique et de la mécanique. Nous avons pensé qu'on pouvait utilement profiter de ces amusements bien connus, qui excluent toute idée de spéculation, pour étudier ces lois, et c'est ce que nous avons essayé de faire dans quelques-uns des chapitres suivants.

CHAPITRE II.

A PROPOS DE BALLES ET DE BILLES.

Sommaire. — La pomme de Newton. — Les surprises. — La force et le mouvement. — Apparence et réalité. — La chute des corps. — Le sou et le rond de papier. — Ascension et descente d'une balle. — La bille et les résistances passives.

On rapporte que Newton découvrit la loi qui préside au mouvement des corps célestes en voyant tomber une pomme. Nous n'oserions affirmer que la seule observation d'un semblable phénomène, si fréquent à toutes les époques, conduisit l'illustre mathématicien à établir que *tous les corps dans l'univers s'attirent en raison directe de leurs masses et en raison inverse du carré de leurs distances;* mais l'anecdote, fût-elle de pure invention, n'en est pas moins acquise à l'histoire des sciences. Il est certain que l'on a vu de tous les temps les enfants jouer à la balle et aux billes sans se rendre compte des mouvements dont ces corps étaient animés, sans se demander même pourquoi ils tendaient toujours à tomber. On est si habitué à voir les choses se passer ainsi, qu'on ne peut se figurer qu'il puisse en être autrement, et la moindre dérogation à cette manière d'être de la matière excite la plus vive surprise. Avec quelle admiration les populations ne voient-elles pas les aérostats s'élever dans les airs? Quel étonnement ne manifeste pas l'écolier qui apprend que dans le moment où en France il marche la tête haute et les pieds au sol, il y a là-bas, dans la Nouvelle-Zélande, *aux antipodes*, des hommes qui marchent non moins sûrement dans une position relative tout à fait inverse : de telle sorte que si la terre se réduisait à un point, les Fanrçais et les Zélandais seraient symétriquement placés pieds contre pieds ? Quelle peine n'éprouve-t-on pas à se figurer la terre isolée dans l'espace, sans appui, sans support et ne *tombant* sur rien, à se convaincre qu'il n'y a ni haut ni bas dans l'univers, à s'imaginer un système de mondes circulant autour d'un corps central sans autre lien entre eux que cette force d'attraction qui devient *la pesanteur* quand il s'agit de la terre seulement?

Un corps tombe, dit-on, parce qu'il est pesant; mais ici on prend l'effet pour la cause, et la dernière idée qui vienne à l'esprit est d'attribuer les chutes à l'action d'*une force.* Il n'y a pourtant pas de *mouvement* sans *moteur* visible ou invisible, et le proverbe *il n'y a pas de fumée sans feu* est beaucoup moins vrai.

Nous l'avons dit ailleurs : défions-nous de nos sens; si la physique nous a fourni de nombreux arguments à l'appui de ce précepte, la mécanique aussi nous fera découvrir bien des illusions là où nous avions coutume de voir la réalité. Le voyageur qui se repose dans une cabine de navire, par exemple, ne sera stationnaire que par rapport aux diverses parties du bâtiment et à ses habitants, mais en réalité il se déplacera par rapport au rivage; si cet homme marche, au contraire, de l'avant à l'arrière avec une vitesse égale à celle du vaisseau, c'est-à-dire s'il parcourt ce vaisseau dans toute sa longueur pendant que celui-ci s'avance d'une égale quantité, il sera en mouvement pour le bâtiment et en repos pour le rivage. En mécanique, on doit donc distinguer le mouvement *absolu* du mouvement *relatif*, et l'on peut dire en général que le repos absolu n'existe pas sur la terre.

Qu'on ne croie pas en effet que les sens soient toujours capables de discerner les deux sortes de mouvement que nous venons de distinguer, aussi aisément que dans l'exemple précédent. Les aéronautes ne s'aperçoivent jamais de leur mouvement ascensionnel; il leur semble que c'est la terre qui fuit au-dessous d'eux à mesure qu'ils s'élèvent; puis, lorsqu'ils sont à une grande hauteur, ils n'ont aucun sentiment du mouvement de rotation que les courants d'air leur font éprouver; le baromètre et la boussole doivent suppléer alors à l'insuffisance de leurs sens.

Ce serait un long travail que celui qui aurait pour but de déterminer le chemin parcouru en grandeur et en direction par un de ces monuments aux formes massives et aux assises profondes, *immobiles* sur notre sol. Entraînées par la terre dans son mouvement quotidien et en même temps dans son mouvement de translation autour du soleil, ces masses fixes se dirigent encore avec celui-ci et tout son cortége de planètes vers un point du ciel situé dans la constellation d'Hercule. La complication ne se borne peut-être pas encore à ces trois mouvements simultanés. Rien de tout cela n'est apparent, et longtemps l'immobilité de la terre a été admise en principe. C'est que nous sommes généralement avertis du mouvement auquel nous sommes soumis par les obstacles que nous rencontrons et les résistances que nous devons vaincre, mais que nous perdons cette notion quand ces résistances et ces points de comparaison disparaissent.

Suivons le mouvement d'une balle dans sa chute; nous pourrons faire les observations suivantes :

Pendant la 1^{re} seconde, la balle parcourt 4^m, 9

—	Les 2 premières secondes	4 fois	4^m, 9 ou	19, 6
—	Les 3 — —	9	4, 9	44, 1
—	Les 4 — —	16	4, 9	68, 4
—	Les 5 — —	25	4, 9	122, 5

Or, les nombres 1, 4, 9, 16, 25, etc. sont précisément les carrés des nombres de secondes 1, 2, 3, 4, 5, etc. On pourra donc dire en général qu'*une balle livrée à elle-même parcourt dans sa chute des espaces qui sont proportionnels aux carrés du temps de cette chute.*

Ou bien, en remarquant que :

Pendant la 1re seconde la balle parcourt.						4m, 9
—	La 2e	—	—	3 fois 4m,	9 ou	14, 7
—	La 3e	—	—	5	4, 9	24, 5
—	La 4e	—	—	7	4, 9	34, 3
—	La 5e	—	—	9	4, 9	44, 1

On voit que *les espaces parcourus dans les secondes successives de la chute sont proportionnels aux nombres impairs* 1, 3, 5, 7, 9, etc.

Mais ce qui est vrai pour une balle sera-t-il vrai pour une masse de plomb comme pour un morceau de papier? Nous étonnerons encore quelques-uns de nos lecteurs en leur affirmant qu'il ne saurait en être autrement, et que la pesanteur agit de même sur tous les corps. Les lois posées par le Créateur sont les seules immuables, et la matière *inerte* ne saurait se soustraire à leur action et changer par elle-même son état de repos ou de mouvement. Si une balle de plomb, une feuille de papier et une plume lancées ensemble d'une grande hauteur n'arrivent pas en même temps sur le sol, c'est qu'une autre force que la pesanteur intervient et s'oppose à la marche de ces corps suivant d'autres lois. Cette force est la *résistance de l'air*.

Il semble difficile d'admettre de prime abord que des corps de poids différents doivent tomber avec la même vitesse si la résistance de l'air est supprimée; c'est pourtant ce que le raisonnement démontre et ce que l'expérience confirme. Si l'on fait le vide avec la machine pneumatique, dans un long tube de verre tenu verticalement et renfermant du plomb, du papier, des plumes, etc., et que l'on retourne brusquement le tube de manière à changer les extrémités de bout en bout, on n'observera aucun retard dans la marche des corps les plus légers; mais à mesure que l'air rentrera, ce retard sera de plus en plus marqué. C'est que le poids d'un corps n'est en réalité que la résistance qu'on éprouve à vaincre la force d'attraction de la terre en le retenant; mais les corps n'ont pas tous le même volume et ne renferment pas tous la même quantité de matière : une bille de pierre, par exemple, peut peser autant qu'une grosse éponge, parce que la matière de la première est plus condensée que celle de la seconde : or, la pesanteur agissant sur chaque parcelle ou chaque *molécule* des corps proportionne naturellement son action à la masse de matière à entraîner pour que la vitesse soit la même.

Prenons un sou et un morceau de papier ayant exactement la même forme ; il est certain que si on les laisse tomber tous deux en même temps, le métal viendra le premier toucher la terre; car la résistance de l'air, bien que s'exerçant sur la même surface, est plus aisément vaincue par la pièce de monnaie qui renferme une plus grande quantité de molécules sur lesquelles l'air n'a aucune action. Mais soustrayons le papier à cette action de l'air en l'appliquant exactement sur la pièce et recommençons l'expérience ; cette fois, les deux corps arriveront en même temps sur le sol.

Le jeu de balle offre cette particularité que le projectile ralentit son mouvement à mesure qu'il s'élève; qu'il s'arrête à une certaine hauteur d'autant plus grande que la force initiale était plus énergique ; qu'il redescend enfin en accélérant son mouvement suivant les lois que nous avons fait connaître, de telle sorte qu'il a acquis au moment de son arrivée au niveau duquel il est parti la vitesse qu'il avait d'abord en sens inverse.

Nous avons là à la fois un exemple du *mouvement uniformément retardé* tout d'abord, puis du *mouvement uniformément accéléré*. Ces deux sortes de mouvements sont toujours la conséquence de l'action de forces continues telle qu'est la *pesanteur*.

Quand une bille est lancée sur un plan horizontal, elle roule d'abord avec une assez grande vitesse sous l'influence de la force qui a agi *instantanément* à son départ; mais on remarque que le mouvement se ralentit peu à peu, puis qu'il cesse bientôt. Plus le sol est uni, plus la bille va loin; ce n'est donc pas la bille qui change son état de mouvement; nous savons d'ailleurs que la matière est inerte, et par conséquent incapable de modifier ainsi son état. Nous devons donc faire encore intervenir ici l'action de forces qui sont le frottement et la résistance de l'air. Si on pouvait soustraire le mobile à toute sollicitation de ce genre, on le verrait se mouvoir *uniformément* dans le même sens sans jamais s'arrêter. Mais il est impossible de réaliser cette hypothèse sur la terre; jamais on ne soustraira complétement les organes des machines, pas plus que les billes des joueurs, à ces *résistances* dites *passives*, qui détruisent à chaque instant une partie de l'effet produit par les forces utiles, et le *mouvement perpétuel* ne sera jamais réalisé.

CHAPITRE III.

QUELQUES PROPRIÉTÉS DE LA MATIÈRE.

Sommaire. — Le caillou et le puits. — Les différents poids d'un même corps. — Ce que pèse un kilogramme à la surface du soleil et des planètes. — La tour de Babel. — Les corps sans poids. — Peser avec le moins de poids possible. — La cloche à plongeur et l'eau suspendue. — L'épaisseur d'une toile d'araignée, etc.

Le Puits et le Caillou.

Nous avons appris à mesurer la distance d'un orage dont nous voyons les éclairs et dont le grondement frappe nos oreilles. Comme la lumière et le bruit se produisent simultanément, que la vitesse de la première peut être considérée comme instantanée, tandis que le son parcourt 340 mètres environ par seconde, il suffit de multiplier ce nombre par le temps écoulé exprimé en secondes pour avoir en mètres la distance à laquelle s'est produit le *tonnerre*. A défaut de montre, on peut se servir pour compter les secondes des battements du pouls, dont le nombre est d'environ 65 à la minute pour un adulte et de 68 pour un enfant.

La loi de la chute des corps nous donne un procédé semblable pour mesurer la profondeur d'un puits.

Supposons, par exemple, qu'un observateur ait compté trois secondes entre le moment de la chute d'une pierre qu'il a laissé échapper de sa main à l'orifice du puits et l'instant du choc sur la surface liquide; il pourrait écrire d'après une des lois générales précédemment énoncées

Espace parcouru pendant la 1re seconde.	4m, 9
Pendant la 2e seconde	3×4,9 ou 14, 7
Pendant la 3e seconde	5×4,9 ou 24, 5
Profondeur du puits.	44, 1

Ou mieux : puisque l'espace parcouru en une seconde est de 4m, 9 en 3 secondes, il sera de 3×3 ou 9 fois 4,9, soit 44m, 1.

Si le bruit seul de la chute avait pu être perçu et non plus le moment de l'immersion dans l'eau, on aurait dû rigoureusement tenir compte du temps que le son aurait mis à remonter le puits ; mais l'erreur commise en négligeant ce temps est assez peu importante. La valeur véritable serait, dans le cas présent, 40m, 69 au lieu de 44, 1 que nous avions trouvé ; mais il ne s'agissait pas ici de déterminer une profondeur bien exacte ; nous voulions seulement mettre à profit la plus importante propriété de la matière, la *pesanteur*.

A l'aide du procédé que nous venons d'indiquer, on peut aussi déterminer la hauteur à laquelle s'élève une balle lancée en l'air. Les temps d'ascension et de descente étant égaux, on n'a en effet qu'à compter le nombre de secondes qui s'écoulent entre le départ de la balle et son retour ; la moitié de ce nombre fera connaître la hauteur à laquelle elle s'est élevée, en faisant le même calcul que pour le puits.

***

Les mêmes corps n'ont pas toujours le même poids.

Ceci semble un paradoxe ; rien n'est pourtant plus exact et le même corps peut passer par tous les poids depuis 0. Nous savons en effet que la pesanteur a son centre d'action au milieu de l'axe de la terre ; mais tous les points de la surface ne sont pas également éloignés du centre, puisque la terre est renflée à l'équateur et aplatie aux pôles. En ces derniers points, la force d'attraction doit donc avoir plus d'énergie, tandis qu'elle sera plus faible à l'équateur. Une autre cause vient augmenter encore cette différence; c'est l'influence de la force centrifuge développée par la rotation de la terre. A l'équateur, les points tournent avec une vitesse de 470 mètres par seconde; la force développée est considérable, et si le mouvement de rotation était dix-sept fois plus rapide, la pesanteur serait nulle; si cette vitesse augmentait encore, les objets et les êtres placés entre les tropiques seraient rejetés au loin, comme la pierre par la fronde, ou comme les corps placés sur une toupie en mouvement. Mais à mesure que l'on s'avance sur la surface de la terre en se dirigeant de l'équateur vers un pôle, les parallèles se rétrécissent; les cercles à parcourir par les divers points en vingt-quatre heures sont de moins en moins grands et avec eux diminue la force centrifuge, qui devient nulle enfin sur les points fixes situés aux pôles mêmes.

La distance de l'objet attiré à la surface du sol est encore une cause de diminution de poids. Pour de très-petites distances, cette diminution n'est pas apparente, et dans les conditions où l'homme est placé, nous avons pu dire que tous les corps parcourent dans la première seconde de leur chute $4^m,9$; mais quand la hauteur est considérable, l'intensité de la pesanteur n'est plus sensiblement la même, et il arrive un moment où elle devient nulle.

De ces raisonnements, confirmés par l'expérience, on conclut les faits suivants :

Un corps qui pèserait 194 kilogrammes à l'équateur en pèserait 195 au pôle.

Un objet pesant 500 kilogrammes à la surface de la terre n'en pèserait plus que 499 à une hauteur de 5 kilomètres et demi. A la distance où est placée la lune, le poids serait réduit à la 3,600e partie de sa valeur.

Si nous nous proposions de déterminer à quelle hauteur eût dû atteindre la tour de Babel avant que les matériaux portés à son sommet eussent perdu toute pesanteur, nous devrions tenir compte aussi de la force centrifuge, et nous trouverions qu'il ne serait pas nécessaire d'aller jusqu'à l'orbite lunaire. Sous la latitude de 30 degrés, qui est à peu près celle des plaines de la Mésopotamie, où se rassemblèrent les descendants de Noé pour se livrer à leur folle entreprise, les corps entraînés par la terre dans son mouvement diurne arriveraient en effet à ne plus avoir de pesanteur à une distance de six fois le rayon de la terre, c'est-à-dire le dixième de la distance de la terre à la lune. Mais le sommet de la tour aurait alors dépassé de beaucoup la limite de notre atmosphère, et cette seule circonstance eût bientôt arrêté les ouvriers dans leur travail, si la *confusion des langues* ne les avait déjà dispersés

Un corps pesant 1 kilogramme à la surface de la terre pèserait à la surface

Du Soleil	55	kilogr.	300	gr.
De Mercure	2	—	140	—
De Vénus.	2	—	»	—
De la Lune.	0	—	456	—
De Mars.	0	—	860	—
De Jupiter.	5	—	»	—
De Saturne.	2	—	400	—
D'Uranus.	1	—	900	—

Enfin, d'après une loi posée par Archimède, les corps plongés dans les liquides perdent une partie de leur poids égale au poids du liquide déplacé. Tout le monde sait avec quelle facilité on soulève dans l'eau et on y fait mouvoir des masses considérables; certains corps même y perdent tout leur poids; c'est le cas des flotteurs, des aréomètres et de tous les navires.

*
* *

Peser avec le moins de poids possible.

C'est une question curieuse et d'une assez grande utilit dans la pratique, que l'on peut résoudre en prenant un série de poids dont chacun est le double du précédent. Ainsi avec des poids de 1, 2, 4, 8, 16 et 32 grammes, on peut composer tous les poids entiers, depuis 1 jusqu'à 63 grammes, (le double du dernier nombre de la série moins 1). Ainsi 3 sera formé avec 2 et 1 ; 5 avec 4 et 1 ; 6 avec 4 et 2 ; 7 avec 4, 2 et 1 ; 9 avec 8 et 1 ; 10 avec 8 et 2 ; 11 avec 8, 2 et 1, etc. Mais si l'on suppose que les poids puissent être distribués entre les deux plateaux d'une balance de manière à détruire en partie leur effet, au lieu de la série précédente on pourra prendre la progression 1, 3, 9, 27, 81 etc., dans laquelle chaque poids serait trois fois plus fort que le précédent. Avec les 6 poids de la première série on ne formait que les 63 premiers poids entiers, mais avec la nouvelle série et la convention de mettre à volonté des poids dans les deux plateaux, il suffira des cinq premiers que nous avons écrits pour mesurer tous les poids jusqu'à 121 inclusivement. On formera 5, par exemple, en mettant 9 dans un plateau, 3 et 1 dans l'autre avec le corps à peser ; 6 avec 9 d'un côté et 3 de l'autre ; 9 et 1 d'une part et 3 d'autre part formeront 7, et ainsi de suite.

Cette dernière progression est donc celle qui permet de peser les corps les plus lourds avec le moins de poids différents.

La propriété curieuse dont jouissent les deux séries de nombres que nous venons d'indiquer, de reproduire tous les nombres entiers possibles par l'addition et la soustraction de leurs différents termes, et cela *d'une seule manière*, a exercé la sagacité de plusieurs mathématiciens, en particulier de Leibnitz et d'Euler ; nous avons eu occasion de citer d'autres résultats semblables dans nos *Récréations arithmétiques ;* mais nous sommes convaincu que, bien avant les calculs de ces grands hommes, beaucoup d'honnêtes commerçants, semblables en cela à M. Jourdain, avaient fait, *sans le savoir*, un usage fréquent de ce procédé fondé, en dernière analyse, sur une belle propriété des nombres.

⁂

Les corps sont impénétrables.

On entend par cette expression, consacrée dans la science, que deux corps ne peuvent pas occuper à la fois la même partie de l'espace. Quand on enfonce un clou dans une planche, le clou semble se substituer au bois ; mais ce n'est là qu'une apparence, car les fibres du bois se resserrent ; les espaces libres qui les séparent, souvent invisibles pour notre œil, diminuent seuls, et la matière garde en réalité son volume absolu. De ce qu'une éponge se réduit sous la pression de la main à un volume apparent 20 ou 30 fois plus petit que son volume primitif, nous ne devons pas conclure que la matière de cette éponge peut s'anéantir, mais seulement que le corps qu'elle compose est *compressible* à un plus haut degré que les autres corps en général.

L'air même dans lequel nous nous déplaçons si aisément doit avoir sa place propre, que l'on ne saurait lui enlever complétement et qu'il tend à reprendre si on est parvenu à la lui restreindre en le comprimant. Citons quelques expériences.

Enfoncez dans l'eau un verre dont l'ouverture est en dessous ; l'eau ne pourra pas prendre la place de l'air contenu dans ce verre et si le liquide entre un peu en-dessous, c'est que, sous la pression de la masse liquide extérieure, l'air se contracte. La *cloche à plongeur* n'est pas autre chose que ce petit appareil établi dans de plus grandes proportions et muni d'accessoires nécessaires pour le maintenir vertical et pour permettre aux hommes qu'il renferme de se livrer aux recherches ou aux observations qu'ils ont en vue.

Cette expérience nous montre l'eau emprisonnant l'air dans un petit espace d'où il ne peut s'échapper; on peut inversement mettre l'air dans des conditions telles qu'il empêche une masse d'eau de s'écouler d'un vase renversé.

Remplissez complétement d'eau un flacon ou un verre, puis posez sur la surface liquide une feuille de papier qui dépasse les bords de tous côtés. Appliquez ensuite la main sur le papier pour le maintenir,et retournez le vase sens dessus dessous, vous pourrez ôter la main sans crainte de voir le liquide se répandre; la pression extérieure le maintiendra dans le vase. La feuille de papier sert ici à donner une certaine consistance à la surface de l'eau. Autrement, cette surface pourrait être divisée par l'air, et le liquide se répandrait; mais, l'air ne divisant pas les colonnes liquides d'un petit diamètre, le papier ne serait pas nécessaire si le vase avait une ouverture très-étroite. Tout le monde sait que pour faire couler le vin d'un tonneau muni d'un robinet à sa partie inférieure, il ne suffit pas d'ouvrir ce robinet; il faut encore donner accès à l'air par le haut.

***

Divisibilité de la matière.

Les corps sont tous composés de parties très-petites nommées *particules*, *molécules* ou *atomes*, séparées les unes des autres par des espaces de dimensions variables quoique toujours très-petits nommés *pores*. On est conduit par la théorie des équivalents chimiques que nous avons fait connaître ailleurs à admettre que ces atomes sont indivisibles, c'est-à-dire que la division des corps a une limite. Mais combien elle est éloignée de ce que nos sens peuvent apprécier !

Les poudres impalpables vues au microscope deviennent des blocs énormes qui semblent attendre le choc du marteau pour se diviser encore.

Les feuilles d'or battu peuvent se réduire à un millième de millimètre d'épaisseur tout en gardant une certaine consistance, et elles deviennent alors si légères qu'elles s'envolent au vent, bien que l'or soit dix-neuf fois plus lourd que l'eau.

Le docteur Wollaston à réduit des fils de platine au moyen de la *filière* à l'épaisseur, insensible à l'œil nu, de un douze-centième de millimètre.

La fibre du bois le plus grossier, composée encore de particules divisibles, a un vingtième de millimètre d'épaisseur et la fibre la plus fine seulement un soixantième.

Le diamètre d'un fil de soie tel que le ver le produit est à peu près de cinq millièmes de millimètre. Un fil d'araignée est encore cinq ou six fois plus tenu, et il suffirait d'une livre de ce fil pour faire le tour du globe terrestre.

Un seul grain de musc d'un centigramme suffit pour parfumer une chambre pendant vingt ans ; et pourtant l'odeur n'est perçue que par le contact des atomes échappés du grain pendant toute la durée de ce temps.

Une goutte de liquide, contenant à peine un milligramme de substance colorante, bleu de Prusse ou carmin, suffit pour donner une teinte sensible à une masse liquide de plusieurs litres. En se répandant dans cette masse la goutte à dû diviser ainsi la substance colorante en particules infiniment petites.

La peau de notre corps est percée d'une innombrable quantité de petits trous ou *pores* qui sont les orifices de vaisseaux excrétoires d'une finesse inouïe contenant eux-mêmes des liquides encore composés d'atomes, puisque c'est par ces pores que s'effectue la *transpiration* ou *respiration cutanée*. Un patient naturaliste évalue le nombre de ces ouvertures dont notre corps est criblé à 2,304,000; encore reste-t-il assurément au-dessous de la vérité.

Enfin certains animaux nommés *infusoires*, *microzoaires* ou *protozoaires* sont tellement petits qu'il faut employer de puissants microscopes pour les apercevoir; et pourtant ils ont des organes analogues aux nôtres, susceptibles de division et dont l'existence recule encore bien loin pour notre pensée, qui poursuit alors seule ses recherches, la limite à laquelle doit s'arrêter la divisibilité de la matière.

CHAPITRE IV

LA MÉCANIQUE DES JEUX

SOMMAIRE. — La fronde et la force centrifuge. — L'escarpolette et le pendule. — L'émigrant, le diable et les vitesses acquises. — Le bilboquet et les projectiles.

La fronde et la force centrifuge.

L'histoire rapporte que les habitants des îles Baléares étaient si habiles à manier la fronde qu'ils formaient dans les armées de l'antiquité des corps spéciaux très-redoutables. Les mères, se faisant un point d'honneur de conserver intacte la réputation de la nation, forçaient de bonne heure leurs enfants à acquérir une grande dextérité dans le maniement de cette arme, en ne leur donnant que la nourriture qu'il pouvaient abattre du haut d'une poutre où elle était placée.

On sait que c'est une troupe de jeunes *frondeurs* qui commençèrent les hostilités pour le compte des mécontents dans la guerre civile qui signala les premières années du règne de Louis XIV.

Aujourd'hui la fronde n'est plus qu'un dangereux instrument de jeu dont les parents interdisent prudemment l'usage à leurs enfants.

L'adresse du joueur consiste à abandonner la pierre dans son mouvement en un point convenable, pour que, partant de ce point suivant la tangente au cercle, puis décrivant une parabole sous l'action de la pesanteur, elle puisse arriver au but que l'on veut atteindre. Est-il besoin de dire que c'est la *force centrifuge* qui se développe de plus en plus énergique avec la rapidité croissante du mouvement de rotation qui tend à chaque instant à entraîner le projectile loin du centre de rotation, et qui le lance dans l'espace lorsque l'on vient tout à coup à lâcher l'un des côtés de la corde qui le retenait? Les effets de cette force sont bien connus : si l'on suspend par son anse un petit seau plein d'eau, et qu'on le fasse osciller, puis tourner dans un plan vertical en tenant fortement à la main une extrémité de la corde fixée d'autre part au seau, il ne se répandra pas une seule goutte de liquide, bien qu'à chaque tour le seau soit dans la position la plus convenable pour cet écoulement, l'ouverture en dessous et le fond en dessus.

Lorsqu'un écuyer se tient sur un cheval qui parcourt rapidement le contour d'un cirque, il ne peut pas rester debout verticalement, la force centrifuge le rejetterait hors de l'enceinte du manège. L'homme et l'animal s'inclinent naturellement vers le centre du cirque, et cette inclinaison est d'autant plus prononcée que le cheval va plus vite.

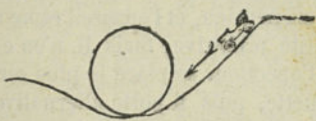
Dans les mêmes circonstances, on voit l'écuyer assis de côté ne poser que contre le flanc du cheval sur lequel la force centrifuge l'applique fortement.

Sous l'influence de la même force, il arrive quelquefois que des meules de grès animées de mouvements rapides de rotation, se brisent en éclats qui sont lancés de tous côtés avec une grande vitesse.

La plus curieuse application que l'on ait faite de la force centrifuge dans ces dernières années est, sans contredit, celle qui a pour but de sécher en quelques minutes le linge récemment lavé sans le soumettre à aucune pression, à aucune torsion et sans l'exposer à un foyer de chaleur. *L'essoreuse* des lavoirs, tel est le nom de la machine dont nous voulons parler, consiste en un grand tambour de cuivre dressé verticalement et traversé par un axe à pivot qui le supporte seul.

Pour sécher le linge, on fait tourner rapidement le tambour au moyen d'un système d'engrenages jusqu'à ce qu'il atteigne une vitesse d'environ 1500 tours à la minute. Ce mouvement de rotation développe une force centrifuge très-grande sur chaque molécule du linge et de l'eau dont il est imprégné; le linge est appliqué fortement contre la paroi latérale du tambour, l'eau sort par les petits trous dont cette paroi est criblée et, au bout de quinze ou vingt minutes, il suffit de le retirer et de l'exposer à l'air pendant quelques instants pour qu'il soit parfaitement sec.

On a fait une application singulière de la force centrifuge avec le petit chemin de fer aérien qui fut quelque temps exposé dans les théâtres aux regards du public français, il y a plusieurs années, et qui sert encore d'instrument d'expérience dans quelques cabinets de physique. Deux barres de fer disposées parallèlement forment d'abord un plan incliné puis se recourbent en forme d'anneau pour se terminer ensuite par un second plan incliné moins élevé que le premier et dirigé en sens inverse. Un petit chariot, monté par une ou deux personnes suivant les dimensions de l'appareil, est placé sur une plate-forme qui surmonte le premier plan, descend rapidement sur les deux rails qui le guident, fait intérieurement le tour de l'anneau et remonte le second plan en haut duquel il s'arrête; les voyageurs ont donc un instant la tête en bas et ils ressentent pendant leur rapide trajet une indéfinissable impression. La crainte que l'on doit éprouver dans ce périlleux voyage est d'ailleurs justifiée par les accidents qui signalèrent les premiers essais, et l'on a renoncé dans les fêtes publiques à ce genre de divertissement.



*
* *

L'escarpolette et le pendule.

L'appareil qui porte ce nom et qui est plus vulgairement appelé *balançoire* consiste en un siége suspendu à des cordes qui oscille autour de la ligne horizontale passant par les points de suspension.

Si un homme placé sur l'escarpolette ne faisait aucun mouvement propre, une fois que celle-ci aurait reçu une première impulsion, les oscillations deviendraient de moins en moins grandes par suite de la résistance de l'air et du frottement aux points de suspension, et l'appareil reprendrait bientôt son immobilité primitive; mais il n'en est pas généralement ainsi : l'opérateur se place le plus souvent debout sur la banquette, puis il porte alternativement son corps en avant et en arrière en se levant à chaque demi-oscillation ascendante et se baissant au contraire lorsque l'appareil redescend. De ces deux actes il résulte que les amplitudes des oscillations vont en augmentant et l'on se rendra bien compte de ce fait si l'on se rappelle les lois du *pendule* que nous énonçons ici.

Les oscillations dont l'amplitude n'est pas considérable sont *isochrones*, c'est-à-dire ont la même durée. C'est d'après ce principe que l'on emploie les *balanciers* ou *pendules* pour régulariser la marche des horloges au lieu des ailettes tournantes qui ne servent plus guère qu'à retarder par leur frottement contre l'air le mouvement rotatoire des tournebroches. Les premiers appareils construits avec le pendule pour régulateur furent nommés *horloges à pendule*; puis, plus tard, par abréviation, ce dernier mot seul fut employé pour désigner les instruments destinés à mesurer le temps, et il prit le genre du premier; de sorte qu'on dit *une pendule* et non plus *un* pendule.

Dans un même lieu, les pendules de même longueur exécutent leurs oscillations dans le même temps. A Paris par exemple, tous les pendules qui auraient 0^m, 994 de long battraient exactement la seconde à chacun de leurs mouvements. Nous avons dit à Paris, parce que l'intensité de la pesanteur n'étant pas la même en tous les points du globe, la longueur des pendules à seconde devrait être un peu plus grande au pôle et un plus petite à l'équateur.

Si l'on observe les mouvements de plusieurs pendules dont les longueurs sont différentes, les durées des oscillations sont proportionnelles aux racines carrées de ces longueurs. Ainsi, si la longueur d'un pendule devient 4, 9, 16 fois plus petite, la durée de chaque oscillation sera 2, 3, 4 fois plus courte et le nombre des oscillations dans le même temps sera, par conséquent, 2, 3, 4 fois plus considérable. Si l'on voulait, par exemple, un pendule qui battît les demi-secondes, il faudrait lui donner une longueur quatre fois plus petite qu'à celui qui bat les secondes, c'est-à-dire 0,994 : 4 ou 0^m, 2485.

La dernière loi que nous venons d'indiquer peut servir à mesurer la hauteur d'une voûte à laquelle serait suspendue une lampe en observant la durée des oscillations de cette lampe. Bornons-nous pour le moment à cette indication, et n'entrons pas dans des calculs qui, bien qu'instructifs, pourraient bien n'avoir rien d'amusant.

***

L'émigrant et le diable.

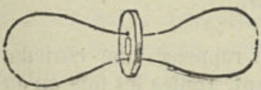
L'émigrant consiste en deux disques de bois maintenus l'un près de l'autre par un axe cylindrique très-court;

on peut le comparer à un bouton double dont les têtes seraient extrêmement larges ou à une poulie dont la gorge très-étroite serait profondément creusée. Une ficelle est enroulée sur le petit axe intérieur de cette poulie ; et si, tenant entre les doigts l'extrémité libre de la ficelle, on laisse échapper la piece de bois, celle-ci descend en tournant sur elle-même jusqu'à ce que le fil soit complétement déroulé; elle remonte ensuite d'un mouvement rapide pour redescendre encore et continuer ainsi indéfiniment. Ce jeu nous offre un exemple de *l'inertie de la matière* ; la roulette, en descendant, est forcée de prendre un mouvement de rotation qui s'accélère sous l'action de la pesanteur ; arrivée au bas de sa course, elle continue à tourner en vertu de la vitesse acquise et elle s'enroule par cela même autour du fil qui la supporte jusqu'à ce que, cette vitesse acquise étant détruite par le frottement, elle recommence un mouvement inverse.

Après la chute de Robespierre au 9 thermidor, les esprits longtemps contraints et attristés par le régime de la Terreur semblent tout-à-coup sortir de leur accablement pour tomber dans des excès d'un autre genre. La réaction contre-révolutionnaire se montre audacieusement ayant à sa tête ceux-là mêmes qui naguère tremblaient sous le terrible pouvoir du comité de salut public. Le luxe ridiculement exagéré des *muscadins* et des *incroyables* se substitue aux ignobles haillons dont les sans-culottes se faisaient gloire ; le *bal des victimes* contraste avec les sanglantes saturnales de l'échafaud, et les sombres préoccupations de la patrie en danger et en deuil font place dans les salons à un verbiage efféminé et aux puériles satisfactions que procure ce jeu frivole importé d'Angleterre par des réfugiés français et que pour cette raison on appelle l'*émigrant*. Les élégants du jour auraient cru manquer aux lois du seul tyran dont ils voulaient désormais reconnaître la puissance, la mode, s'ils n'avaient entretenu dans un mouvement perpetuel, chez eux, dans les rues ou dans les salons, ce petit instrument qui ne les quittait plus.

C'est ainsi que l'on vit la sabarcane et le bilboquet, à l'époque de la Ligue, faire les délices des mignons du roi Henri III; les oisifs de la cour de Louis XIII faire ronfler avec une sorte de fureur soutenue les toupies importées d'Allemagne, et les seigneurs de la cour de Louis XV se reposer des orgies de la Régence en faisant danser de petits pantins de bois suspendus à quelque bouton de leur pourpoint brodé.

Un grand nombre de joujoux sont construits d'après le même principe que l'émigrant; le *diable*, par exemple, consiste en un disque de bois percé de deux trous assez rapprochés de son centre. Un fil sans fin passe par ces deux trous en formant de chaque côté une large boucle. Si l'on prend une boucle à chaque main et qu'on fasse tourner d'abord le disque dans son plan sans tendre la ficelle, celle-ci se tord en suivant le mouvement et, lorsqu'on tendra cette ficelle en écartant les mains, la distorsion qui se produira nécessairement fera tourner la disque en sens inverse avec une vitesse croissante qui agira encore lorsque la ficelle sera revenue à sa position primitive. Il y aura alors torsion en sens inverse si l'on rapproche les mains, et ainsi de suite alternativement.



Nous pourrions encore citer le petit moulin dont les ailes ne sont pas mises en mouvement par le vent, mais par une ficelle enroulée autour d'un axe horizontal; ce jouet est très-connu et repose absolument sur le même principe.

Les toupies, les sabots et plusieurs autres jouets ne continuent ainsi à se mouvoir qu'en vertu de la vitesse acquise à la suite d'une impulsion directe; si aucune résistance n'intervenait, le mouvement se continuerait indéfiniment. On a vu ainsi des toupies tourner dans le vide pendant plus de deux heures; mais dans l'émigrant, le diable et le moulinet, les impulsions sont renouvelées de temps en temps, et il faut une certaine adresse pour ne pas arrêter brusquement la ficelle au moment où elle est complétement déroulée, car le choc subit anéantirait alors la vitesse acquise et paralyserait aussitôt le mouvement.

*
* *

Le bilboquet.

Ce jeu nous offre l'occasion de rappeler une curieuse propriété des corps en mouvement. Toutes les fois qu'un projectile se déplace en vertu d'une impulsion primitive, il est très-rare que cette impulsion ne lui ait pas communiqué aussi un mouvement propre dont l'effet nuit plus ou moins à son mouvement primitif; si le projectile par exemple prend un mouvement de rotation autour d'un axe qui ne soit pas perpendiculaire à la direction dans laquelle il se meut, les mouvements de progression et de rotation agissent ensemble d'un côté, tandis qu'ils sont en opposition de l'autre côté; ils seront par conséquent différemment affectés par la résistance de l'air qui augmente avec la vitesse. Pour atteindre un but avec un projectile, il convient donc de lui donner un mouvement propre convenable qui ne nuise pas à sa marche, et c'est ce que les équilibristes et les joueurs habiles ne manquent pas de faire. L'expérience pour eux supplée à la science. Le joueur expert au bilboquet, afin de forcer sa bille à rester dans une position verticale convenable pour que le trou placé à la partie inférieure vienne se placer exactement sur la pointe qui termine la tige qu'il tient à la main, aura soin de lui imprimer d'abord un mouvement de rotation autour d'un axe vertical. Le joueur de palet atteindra plus sûrement son but s'il fait tourner dans son plan le disque qu'il lance; les balles des fusils rayés droit sont maintenues, pendant leur trajet le long du canon de l'arme, dans une direction fixe qui les empêche de prendre ensuite aucun mouvement propre; mais il vaut encore mieux, comme l'expérience l'a démontré, leur imprimer un mouvement de rotation suivant un axe qui est leur direction même, ce qui s'obtient en traçant les rainures en spirale. Les jongleurs à cheval communiquent un mouvement semblable aux balles dont ils se servent, et les équilibristes enfin sont bien plus sûrs de maintenir les objets qu'ils superposent dans des positions stables s'ils font rapidement tourner, pendant toute la durée de leurs opérations, les plats, les balles et les baguettes dont ils se servent.

CHAPITRE V

L'ÉLASTICITÉ ET LES RESSORTS.

SOMMAIRE. — Elasticité des solides, des liquides et des gaz. — Dureté et ténacité. — Les Espagnols au Pérou et les diamants. — La pierre est aussi élastique que l'acier et le caoutchouc. — L'élasticité dans l'industrie et les ressorts dans la nature.

Les corps comprimés ou déformés sous l'action d'une force reprennent, lorsque cette force cesse d'agir d'une manière plus ou moins complète, les dimensions et les formes qu'ils avaient primitivement. Cette propriété générale s'appelle *élasticité*.

Les plus élastiques de tous les corps sont sans contredit les gaz, qui reprennent toujours exactement leur volume primitif s'ils sont placés de nouveau dans les mêmes conditions. Les canonnières, les sarbacanes, les ballons nous fournissent des preuves amusantes de cette propriété de l'air; les machines à vapeur nous présentent d'autre part la plus utile application que l'on ait faite de la force élastique des corps aériformes. Les solides jouissent de la même propriété à des degrés très-différents; mais on peut dire que nous ne connaissons pas de corps qui soient absolument durs, mous ou élastiques; tous le sont plus ou moins, et quelque faible que soit cette propriété, pour le plomb, l'acier et l'argile par exemple, elle n'en existe pas moins pour eux comme pour l'air, bien que d'une manière moins sensible. Rappelons à ce sujet que l'on confond souvent l'élacticité avec la mollesse, comme la dureté avec la ténacité. De ce que le diamant raye le verre et les corps les plus résistants on conclut que le diamant est le plus dur des corps; ce n'est pas à dire pour cela qu'il soit très-tenace.

Lorsque les compagnons de Pizarre firent la conquête du Pérou, de grandes richesses de toutes sortes tombèrent en leur pouvoir; les pierres précieuses en particulier tentaient leur cupidité parce qu'elles pouvaient se transporter aisément, et que sous le poids et le volume les plus faibles, elles représentaient la plus grande valeur; mais comment auraient-ils pu distinguer les diamants des pierres moins précieuses, ces aventuriers qui avaient mené jusqu'à cette époque une existence aussi misérable que pleine de périls? Trompés par le préjugé qui attribue au diamant une ténacité exceptionnelle, ils frappaient à grands coups de marteau les brillants qui leur tombaient sous la main et ne gardaient que ceux qui résistaient à cette grossière épreuve. Les Espagnols perdirent ou détruisirent ainsi des trésors bien autrement considérables que ceux dont ils s'emparèrent, car le diamant pour être dur n'en est pas moins cassant. Le verre, si fragile, est pourtant assez dur pour rayer tous les métaux et en particulier le fer qui de son côté supporte bien mieux la traction et les chocs; de même, la craie, quoique bien friable, sera capable d'user le verre plus aisément que ne le ferait le métal le plus tenace; l'acier si dur, si inusable, qui sert à fabriquer les aiguilles et les instruments de chirurgie se casse au contraire avec une très-grande facilité.

Parce qu'un corps est mou et fléchit mieux sous la main, nous ne devons pas non plus croire qu'il est plus élastique, car l'élasticité n'est parfaite qu'autant qu'il n'y a pas déformation; sous ce rapport les liquides, bien que très-peu compressibles, sont parfaitement élastiques; leur volume n'est jamais altéré à la suite d'une compression, quelque grande que soit la force qui agissait. Le caoutchouc et l'acier trempé sont aussi très-élastiques;

mais il ne faut pourtant pas dépasser de certaines limites de pression pour que les objets composés de ces substances ne soient pas altérés dans leurs formes. Une bille de pierre, au contraire, ne cédera pas aisément sous la pression ; mais si cela arrive,elle reprendra sa forme primitive avec une très-grande énergie ; nous n'en donnerons pour preuve que la violence avec laquelle elle rebondit si elle est projetée sur une plaque de marbre. On pourrait mettre en doute la déformation de la bille dans cette expérience ; il est pourtant facile de se convaincre qu'elle s'aplatit au contact de la surface horizontale, en recouvrant cette surface d'une mince couche d'huile. Après le choc la bille est imprégnée du liquide, non pas en un point comme cela devrait être s'il y avait eu simplement contact, mais sur la zone assez large qui a coïncidé un instant avec la surface du marbre au point où la chute s'est produite.

Les *ricochets* que les enfants produisent avec des pierres lancées très-obliquement à la surface de l'eau tranquille doivent être en partie attribués à l'élasticité parfaite que possède le liquide ; mais c'est la force avec laquelle la surface de ce liquide reprend sa position horizontale d'équilibre un moment troublé par le choc qui est la principale cause du phénomène.

L'élasticité des corps est utilisée en bien des circonstances, et il existe peu de machines dans lesquelles cette propriété ne soit mise à profit, ne serait-ce que par les ressorts de formes variées qui entrent dans ces machines.

La nature elle-même l'a souvent appliquée dans ses productions organiques. Ce sont de véritables ressorts, parfaitement distincts au microscope, qui permettent à certains insectes de sauter à de grandes hauteurs et aux puces en particulier de s'élever à deux cents fois la longueur de leur corps. Par un mécanisme semblable, certains poissons remontent les cataractes les plus élevées; le plus souvent c'est en reployant leur queue qu'ils tendent ensuite subitement; d'autres fois aussi c'est à l'aide d'un appareil spécial qu'ils accomplissent ces étonnantes ascensions.

C'est encore au moyen d'un ressort que quelques plantes dispersent au loin autour d'elles les graines arrivées à maturité, et la variété dans la construction de ces organes automoteurs n'est pas moins admirable que le but providentiel auquel ils sont destinés.

CHAPITRE VI

LES CENTRES DE GRAVITÉ.

SOMMAIRE. — L'équilibre et les centres de gravité. — Stabilité. — L'art de porter un seau d'eau. — Le balancier des danseurs de corde. — La canne dressée sur un doigt. — Les échasses. — La science des acrobates. — Le cheval rétif. — Le rapprochement difficile. — Le seau d'eau au bout d'un bâton. — Fort comme un turc. — L'œuf de Christophe Colomb. — Les Prussiens. — Une épingle sur une aiguille.

Si l'on incline graduellement un corps placé debout tel qu'une chaise, une bouteille etc., ce corps tend d'abord à revenir à sa position primitive; mais si l'écart devient trop grand, au lieu de se redresser comme auparavant, le corps tend à se coucher sur le sol ou à tomber; mais on remarque qu'il existe une position intermédiaire pour laquelle il y a indécision entre les deux mouvements contraires que nous venons d'indiquer. Les diverses parties de l'objet se contrebalancent de chaque côté de la ligne ou du point d'appui, et le corps est, comme on dit communément, *en équilibre*. On conçoit que pour tous les objets, il existe ainsi un point particulier autour duquel les parties pesantes peuvent s'équilibrer quelle que soit la position du corps. Ce point auquel toutes les actions de la pesanteur semblent condensées, est ce qu'on nomme le *centre de gravité*.

Pour qu'un corps soit en équilibre il suffit que son centre de gravité soit soutenu.

Un corps suspendu se mettra rapidement en équilibre stable, car son centre de gravité se placera après quelques oscillations au-dessous du point de suspension. Mais si le corps repose sur un plan, il faudra, pour qu'il soit en équilibre, que la verticale passant par son centre de gravité repose sur la base d'appui ; si cette condition n'est pas remplie, le corps se renversera et le centre de gravité tendra à descendre le plus bas possible.

On conçoit immédiatement qu'un corps est plus ou moins stable suivant que sa base est plus ou moins étendue relativement à sa hauteur ; de là la difficulté de maintenir une canne sur son extrémité, un cerceau sur sa circonférence ou une toupie sur sa pointe, tandis qu'il est assez difficile de renverser un pain de sucre, une carafe pleine, une boîte large, etc. ; de même les voitures dont l'impériale est très-chargée ont plus de tendance à verser que celles qui ont à l'intérieur la plus grande masse de leur fardeau.

La connaissance du centre de gravité est extrêmement importante dans l'étude du mouvement et de l'équilibre des corps. Elle nous permettra de nous rendre compte de certains faits usuels et d'arriver à la solution de quelques questions amusantes que nous examinerons ensuite.

Un porteur chargé sur le dos se penche en avant pour que son centre de gravité soit toujours au-dessus de la surface limitée par ses pieds. Quand une servante porte un seau d'eau, elle étend le bras resté libre pour ramener dans sa position normale le centre de gravité d'abord porté de côté par le poids additionnel. Pour la même raison, il est plus aisé de porter un seau de chaque main. parce que l'un équilibre l'autre ; le porteur dans ce cas n'a qu'à soulever son fardeau, et non plus à faire en même temps des efforts pour se maintenir dans une position verticale. Lorsqu'on charge une voiture, on a soin de disposer les objets à transporter de telle sorte que le centre de gravité soit sur l'essieu ; de cette manière, l'avant et l'arrière se faisant équilibre, le cheval n'a qu'à tirer et non à soulever et à tirer à la fois.

Les danseurs de cordes recouvrent de craie le câble sur lequel ils font leurs exercices ainsi que la semelle de leurs chaussures ; ils augmentent ainsi l'adhérence de leurs pieds avec la corde ; mais pour se tenir aisément debout ils se munissent d'un long balancier qu'ils maintiennent horizontalement dans un sens perpendiculaire à la corde. La moindre déviation de l'acrobate est aisément corrigée par un faible déplacement du balancier en sens inverse. Nous employons le même procédé lorsque l'un de nos pieds venant à manquer d'appui nous étendons instinctivement le bras de l'autre côté.

Nous ferons remarquer en même temps qu'il est plus aisé de maintenir une canne debout sur l'extrémité du doigt si la pomme est en haut. Le centre de gravité d'un corps semblable est en effet plus rapproché de la pomme que de la pointe, puisque la première est plus lourde et que le bois est plus épais de son côté. Il s'en suit que pour un assez grand déplacement du centre de gravité, l'angle de déviation de la canne sera toujours assez petit et que l'équilibre sera aisément rétabli par un léger mouvement du doigt. Le contraire aurait lieu si l'extrémité la plus lourde était en bas ; aussi est-il plus facile de maintenir en équilibre une longue perche qu'une petite baguette, et plus aisé de marcher avec de longues échasses qu'avec de courtes : avec les premières en effet, le centre de gravité est très-élevé au-dessus du sol ; l'opérateur s'aperçoit facilement de sa déviation avant que l'angle que fait sa direction avec la verticale soit trop grand, et un déplacement de jambe lui suffira pour le ramener dans la position normale.

Les Landais ont acquis une telle habitude à se servir de leurs longues échasses qu'ils courent, sautent, se baissent et dansent avec elles plus aisément que s'ils étaient portés par leurs jambes seules. Ils ont d'ailleurs recours, quand ils veulent rester au repos, à une longue perche qu'ils tiennent à la main et dont ils se fond comme un troisième pied : ils figurent ainsi une pyramide triangulaire dont leur tête est le sommet.

Nous pouvons dire, d'une manière générale, que tous les tours d'équilibre reposent sur cette notion très-simple du centre de gravité; mais il est certain aussi que l'existence de ce point est parfaitement ignorée des acrobates, des servantes qui portent des seaux, des charretiers qui chargent les voitures et des bergers landais qui évitent avec leurs échasses de marcher dans l'eau pendant l'hiver et de se brûler les pieds pendant l'été au contact de leur sol sablonneux, tout en augmenant l'étendue de leur horizon et se mettant en état de surveiller leurs troupeaux à de grandes distances. C'est que la science n'exclut pas la dextérité par cela seul qu'elle explique ses moyens d'action; l'exercice et l'expérience suppléent souvent, au contraire, au raisonnement, et le plus savant physicien ne sera jamais aussi habile que le saltimbanque dont il remarque les ruses, de même qu'un mathématicien très-expert à découvrir les propriétés des nombres, à grouper dans les formules les rapports des grandeurs et à résoudre les problèmes les plus compliqués, calculera moins vite qu'un garçon de banque exercé ou qu'un commis aux écritures d'une importante maison de commerce.

*
* *

Le cheval rétif.

Si sous le corps d'un cheval de carton on fixe un fort fil de fer recourbé, comme le représente la figure ci- contre, et qu'à l'extrémité du fil de fer on place une balle de plomb, cette balle portera le centre de gravité du système un peu en arrière du point d'appui. On aura beau rabattre le cheval pour le faire poser sur ses quatre

pieds, toujours il se redressera sur ceux de derrière pour prendre l'attitude d'un cheval cabré.

*
* *

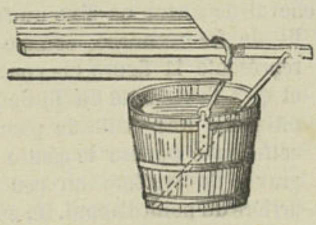
Le rapprochement difficile.

Il est une pénitence que l'on inflige aux *jeux innocents*, qui trouve naturellement sa place ici. Deux personnes qui veulent racheter des gages sont condamnées à se mettre à genoux en face l'une de l'autre, mais en se posant sur un seul genou, l'autre jambe devant être soulevée à une petite distance du sol. L'on donne à tenir à l'une une bougie allumée et à l'autre une bougie éteinte, et le supplice doit durer jusqu'à ce que la seconde personne ait allumé sa bougie à la flamme de l'autre. Des efforts même que l'on fait pour rapprocher les deux flambeaux il résulte un déplacement du centre de gravité qui rend l'opération assez difficile.

*
* *

Le seau d'eau suspendu à l'extrémité d'une règle.

Placez une règle sur une table, de telle sorte qu'une extrémité dépasse cette table ; posez ensuite l'anse du seau sur l'extrémité libre et inclinez-la comme le représente la figure. Il sera aisé de faire tenir le seau dans cette position au moyen d'une autre règle qui, partant du fond du seau à gauche s'appuiera contre le bord de

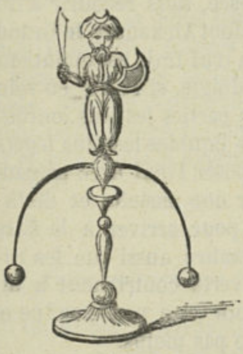


droite et aboutira dans une échancrure faite à l'avance dans l'extrémité de la première règle. Le centre de gravité du seau sera alors sous la table, et comme le seau est invariablement lié aux deux règles, on pourra le remplir d'eau sans qu'il tende à tomber.

***

Fort comme un turc.

Nous n'avons pas à rechercher ici l'origine de cette expression ni à soutenir son exactitude. Nous affirmerons pourtant qu'elle peut parfaitement s'appliquer à la figure que nous présentons ici. De quelque côté que vous penchiez ce turc, (et beaucoup de jouets sont construits comme lui) toujours il se dressera sur son pilier de bois en brandissant son sabre peu redoutable. C'est que les deux balles de plomb reportent son centre de gravité au-dessous du point de suspension.



***

Le problème de Christophe Colomb.

Des jaloux de la gloire de Christophe Colomb contestaient au milieu d'un repas, devant ce grand homme, le mérite de sa découverte, en disant qu'elle était bien simple et qu'il n'avait pas fallu de grands efforts d'imagination pour la concevoir, ni un talent supérieur pour la réaliser. Le Génois, déjà rudement éprouvé par l'ingratitude de la cour d'Espagne et peu ému de ces nouvelles attaques qui lui montraient encore le peu de cas que l'on faisait des services rendus, répondit par un apologue : « Faites tenir un œuf debout sur la table. » dit-il en désignant du doigt une assiette garnie. Tout le monde essaya, mais en vain. « C'est impossible! » s'écria-t-on enfin d'une seule voix ; « Voici comment on peut s'y prendre, » reprit Colomb ; et, frappant fortement le sien sur la table, il aplatit un des bouts qui servit alors d'assise à l'œuf dressé. Rien n'était plus simple, mais il fallait le trouver.

Le célèbre navigateur aurait pu simplement aborder la question telle qu'il l'avait posée, sans recourir à un stratagème qui rappelle la façon dont Alexandre le Grand délia le nœud gordien. Quand un œuf frais est maintenu assez longtemps dressé entre les doigts, si l'on a eu soin surtout de l'agiter auparavant, les parties les plus lourdes descendent, tandis que l'air et les liquides les plus légers vont en haut. Il suffit alors de poser l'œuf avec précaution sur une table ou même sur une assiette et de tâtonner pendant quelque temps pour arriver à le faire tenir en équilibre ; il faut reconnaître aussi que les rugosités dont la coquille est couverte contribuent à lui donner une base d'appui qui, pour être peu étendue et peu sensible à la vue, n'en existe pas moins.

Si la solution de Colomb prouve que les découvertes sont souvent le fait d'un esprit supérieur et non celui du hasard, la seconde peut nous montrer aussi que la patience et l'étude peuvent guider vers un semblable résultat et suppléer parfois au génie.

*
* *

Les Prussiens.

La petite figure ci-contre représente un soldat en moelle de sureau dont les pieds sont collés sur un hémisphère de plomb. Une troupe de fantassins bâtis sur ce modèle serait immortelle ; nouveaux Antée, ils semblent recouvrer leurs forces en touchant la terre et l'on a beau les renverser, ils se relèvent d'eux-mêmes, toujours au port d'arme. Est-ce cette belle tenue qui leur a fait donner le nom des *Prussiens* sous lequel on les vend à Paris ? Nous ne saurions le dire, mais nous croyons bien que ce jouet nous est venu d'Allemagne avec le nom des troupes qui y ont acquis la plus haute réputation de valeur.

On a construit, d'après le même principe, des écrans qui restent dressés malgré les chocs auxquels ils sont soumis. Nous n'insisterons pas davantage sur ce sujet et nous terminerons par un tour d'équilibre assez surprenant et très-facile à exécuter.

*
* *

Faire tourner une épingle sur une aiguille.

Enfoncez par la tête une aiguille dans un bouchon posé sur une bouteille, de telle sorte que la pointe soit en haut. Placez ensuite sur cette pointe d'aiguille une épingle piquée dans un second bouchon. L'équilibre ne sera pas possible, si on laisse les choses en cet état ; mais si l'on fixe de chaque côté du second bouchon deux couteaux de table semblables et pointus dont les manches aillent en divergeant et en s'abaissant un peu, il sera très-aisé de trouver le point de l'épingle qui posé sur la pointe de l'aiguille mettra tout le système en équilibre. On pourra

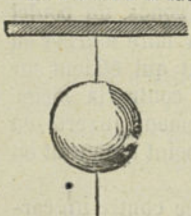
ensuite imprimer un mouvement de rotation de plus en plus rapide à cet assemblage d'épingle et de couteaux sans qu'il se produise de chute ; l'aiguille d'acier aura rapidement creusé dans l'épingle de cuivre étamé une petite chape dans laquelle elle s'engagera de manière à augmenter la stabilité de l'appareil. La délicatesse des supports se joint ici à l'apparence du déplacement du centre de gravité pour exciter la surprise des spectateurs.

CHAPITRE VII

LES CHOCS.

Sommaire. — Effets de la percussion brusque. — Influence de la vitesse — Quantité de mouvement. — Une balle peut arrêter un boulet. — L'utilité de la résistance de l'air. — Le jeu de bouchon. — Les boulets et les cuirasses des navires. — Les freins et les accidents de chemin de fer. — La danse sur l'eau et le pois volant. — Le jeu de billard.

L'étude des chocs est une des parties les plus importantes et les plus utiles de la mécanique. Notre but n'est pas de développer ici complétement ce sujet qui trouve sa place dans tous les traités spéciaux : nous nous bornerons à indiquer les faits les plus curieux et à expliquer les expériences amusantes auxquelles donne lieu la connais-des lois qui président à la rencontre brusque des corps.



Et d'abord il faut un certain temps pour qu'un corps se soumette au mouvement qu'on lui imprime brusquement : cela tient à ce que les premières molécules qui éprouvent l'effet du choc prennent de suite un mouvement rapide avant que ce mouvement se soit transmis au reste de la masse. Si l'on suspend par exemple un lourd boulet par un fil assez faible, puis qu'au-dessous on suspende aussi un fil de même épaisseur, on pourra, en tirant lentement ce second fil, amener la rupture du premier. Si au contraire on tire brusquement par un coup sec le fil inférieur, il sera rompu avant que la traction ait eu le temps de se communiquer au fil supérieur.

Ces deux effets très-différents produits sur un même corps suivant la vitesse plus ou moins grande avec laquelle il est choqué se retrouvent dans bien des circonstances qui se passent sous nos yeux. Si l'on frappe la tige élevée d'une plante d'un coup de canne vivement lancé, cette tige sera coupée au point où aura lieu le choc, et la partie supérieure tombera sans être projetée bien loin. Si le mouvement de la canne eût été plus lent, la tige se serait simplement courbée à son contact.

Un boulet de canon rencontrant obliquement dans sa volée une grille de fer, de manière à heurter dans sa marche plusieurs barreaux, coupera aussi nettement que pourraient le faire des cisailles le premier de ces barreaux ; mais la vitesse du boulet, ralentie par cette rencontre ne produira pas sur le second un choc aussi violent : il y aura peut-être aussi rupture, mais le mouvement aura eu le temps de se communiquer sur une certaine longueur; les extrémités restées libres seront tordues dans le sens du mouvement. Pour une vitesse moindre encore, la déformation se serait étendue à tout le barreau.

Bien qu'une porte en bois ne soit retenue par rien qui puisse l'empêcher de tourner sur ses gonds, un boulet lancé par un canon la traversera sans la faire tourner en emportant avec lui les parties seulement qui étaient sur son passage. Le même boulet, projeté contre la même porte avec les mains, l'aurait certainement ouverte en produisant une légère déformation au point où aurait eu lieu le choc.

Une balle de plomb légèrement lancée contre un carreau de fenêtre rebondit à cause de l'élasticité des deux corps heurtés sans qu'il y ait rupture. Lancée plus fortement, cette balle traversera le carreau en déterminant un grand nombre de fentes qui rayonneront tout autour du trou par lequel elle aura passé. Enfin si la balle sort d'une arme à feu, elle percera dans le carreau un trou strictement nécessaire à son passage sans le briser autrement.

L'effet produit dépend par conséquent à la fois de la masse du corps frappé et de la vitesse de celui qui vient à sa rencontre. Si le corps choqué a une faible masse, il cédera facilement à l'action du choc, puisque toutes les molécules recevront le mouvement presque instantanément ; c'est le cas où l'on voudrait enfoncer à coups de marteau un clou dans une planche mince : la planche cédera au choc si l'on n'a soin d'augmenter sa masse en plaçant derrière un fort morceau de bois ou de fer qui empêchera la planche de s'écarter de sa position.

La considération de la vitesse des projectiles nous amène à parler de ce qu'on appelle en mécanique la *quantité de mouvement*; on peut la définir ainsi : c'est la force avec laquelle un corps en mouvement vient en frapper un autre; elle se mesure en multipliant le poids du corps par sa vitesse. Il suit de là que la quantité de mouvement peut être toujours la même lorsqu'on diminue la vitesse, pourvu que le poids augmente, ou inversement. Ainsi une balle de plomb de 30 grammes arrêtera exactement un boulet dit de 48 ou pesant 24 kilogrammes, si sa vitesse est 800 fois plus grande que celle du boulet. On a, en effet, la relation $30 \times 800 = 24000$. Cela revient d'ailleurs à dire qu'un corps en mouvement peut gagner en vitesse ce qu'il perd en poids, ou inversement; et nous retrouvons ici une loi analogue à celle qui préside au mouvement des organes des machines, leviers, engrenages, poulies etc., qui s'énonce : Ce que l'on gagne en force on le perd en vitesse ou en chemin parcouru.

On comprendra maintenant comment les immenses machines de guerre des anciens, béliers ou catapultes, produisaient à peu près les mêmes effets que nos canons : on augmentait la masse des projectiles aux dépens de la vitesse, et les murailles les plus solides résistaient difficilement au choc de leviers énormes mus par des centaines de soldats.

Pour la même raison, un corps léger comme une plume ou mou comme une chandelle pourrait agir comme un corps dur et résistant si sa vitesse était assez grande; mais la résistance de l'air rend l'essai difficile; nous avons vu en effet que cette résistance augmente à mesure que le poids du corps diminue.

La résistance qu'oppose l'air au mouvement des corps et à la marche des machines se retrouve à chaque instant dans l'étude de la mécanique, et l'on serait tenté de la déplorer, si l'on n'était pénétré d'admiration pour l'harmonie qui règne dans la nature à quelque point de vue qu'on se place. Sans cette résistance en effet une goutte de pluie, un grêlon qui descendent des nuages avec une vitesse croissante acquerraient une telle quantité de mouvement qu'ils nous frapperaient comme une balle de fusil et détruiraient tout sur leur passage.

Qu'on se rappelle la fable du gland et de la citrouille.

*
* *

Expériences et observations

Placez une pièce de monnaie sur une feuille de papier et poussez cette feuille en avant d'abord lentement, puis en accélérant le mouvement. Si, brusquement, vous arrêtez la feuille dans sa marche, la pièce de monnaie continuera à se mouvoir en vertu de la vitesse acquise et abandonnera la feuille.

Ramenez la pièce de métal sur le papier et tirez celui-ci d'un coup sec ; le mouvement n'aura pas le temps de se communiquer à la pièce qui tombera sur la table sans avoir exécuté de mouvement de progression sensible.

Lorsqu'au jeu de bouchon le palet d'un des joueurs, lancé d'une main habile, prend le bouchon par le milieu de sa hauteur, celui-ci est vivement repoussé au loin tandis que la somme dont sa tête était chargée et qui constitue l'enjeu tombe à la même place, par cela seul qu'elle manque de support. La rencontre brusque du palet et d'une des pièces peut au contraire chasser celle-ci sans déranger l'équilibre du bouchon.

Placez une carte sur un bouchon et immédiatement au-dessus une pièce de dix centimes, en donnant du doigt une brusque impulsion à la carte, celle-ci partira seule et laissera la pièce se poser directement sur le bouchon sans qu'il y ait de chute.

Dans les récentes expériences faites en Angleterre pour éprouver la résistance des cuirasses des navires de guerre et la force de perforation des boulets coniques il s'est présenté un fait singulier. Lorsque la vitesse du projectile n'était pas suffisante pour que celui-ci pût se frayer un passage à travers les plaques de fer qui servaient de but, il se produisait une déformation du boulet qui différait de l'aplatissement auquel on devait s'attendre. Le cône terminal se retournait pour ainsi dire, et, au lieu de former comme avant le choc une saillie en avant, se creusait dans la masse même du boulet en une cavité symétrique. Or voici ce qui se passait : La pointe, venant d'abord frapper le bouclier résistant, se projetait en arrière avec une vitesse égale, tandis que les autres parties du boulet continuaient à se mouvoir dans la direction qui leur avait été imprimée; les parties les plus éloignées de l'axe du projectile ressentaient les dernières l'effet du contre-coup et continuaient aussi le plus longtemps leur mouvement progressif. On se rendra parfaitement compte de ce fait en projetant perpendiculairement sur une table une bande de papier contournée en spirale serrée. La percussion brusque aura pour effet de ramener dans l'intérieur du papier cette sorte de ressort que formaient les premières spires, et les choses resteraient en cet état, s'il y avait la même cohésion entre les diverses parties du papier qu'entre les molécules du métal qui constitue le boulet.

Lorsqu'un corps en mouvement vient se heurter contre un obstacle au repos, les effets du choc sont les mêmes que si c'était l'obstacle qui fût animé d'un mouvement semblable et le corps au repos. Les accidents de chemin de fer nous offrent de tristes applications de cette loi. Un train au repos heurté par un autre train en mouvement éprouve les mêmes désordres que s'il était lancé lui-même avec une vitesse égale et que par suite d'un déraillement il vînt se heurter contre un obstacle.

Deux trains en marche se dirigeant l'un vers l'autre avec des vitesses égales produisent en se rencontrant un choc aussi violent que si l'un deux était au repos et que l'autre vînt le heurter avec une vitesse double de celle dont il est animé. Aussi lorsque deux convois passent à côté l'un de l'autre se dirigeant en sens inverse, il est difficile aux voyageurs de l'un d'eux de se rendre compte de la vitesse absolue de leur marche, car cette vitesse paraît double de ce qu'elle est en réalité.

Il semble au vulgaire que le moyen le plus efficace pour éviter les accidents sur les chemins de fer consisterait à construire un frein capable d'arrêter instantanément la marche des trains lorsqu'il se trouveraient en présence d'un danger; mais outre que la réalisation d'une telle idée est impossible, le remède dans ce cas serait aussi dangereux que le mal. L'arrêt brusque du train produirait des collisions entre les wagons, et les voyageurs seraient projetés avec violence sur les parois de leurs voitures, absolument comme s'il y avait eu un choc véritable. Qu'on se rappelle avec quelle facilité un cavalier est désarçonné si son cheval prend brusquement le galop, ou si, après une course rapide, celui-ci s'arrête tout à coup devant un obstacle!

Nous n'insisterons pas davantage sur ce sujet, et nous passerons de suite à des observations plus réjouissantes.

Si l'on place sur l'ajutage d'un jet d'eau une figure de liége ou de bois léger creusée en dessous d'un trou conique, aussitôt que l'on aura donné passage à l'eau du jet, la figure s'élèvera au sommet de la colonne liquide et s'y maintiendra en équilibre en exécutant quelques mouvements giratoires, et en suivant les oscillations de cette colonne.

Une boule creuse de métal placée dans les mêmes conditions flottera aussi au sommet du jet en tournant rapidement sur elle-même.

L'expérience suivante repose sur le même principe. Prenez un tube de porte-plume ou un tuyau de pipe que vous maintiendrez verticalement; placez ensuite sur l'orifice supérieur un pois sec ou une boulette de mie de pain : si l'on souffle avec la bouche par l'orifice inférieur avec une vigueur croissante, le poids s'élèvera graduellement jusqu'à une assez grande hauteur. En diminuant ensuite peu à peu la force du souffle, on pourra faire revenir le poids dans sa position primitive.

***

Les chocs au billard.

Lorsqu'une bille est lancée sur une surface horizontale, elle est toujours animée de deux mouvements : l'un de translation vers le but qu'on veut lui voir atteindre, l'autre de rotation autour d'un axe dont la direction dépend de la manière dont la bille a été frappée.

L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion, dit-on pour indiquer la direction des rayons lumineux, des rayons calorifiques ou des rayons sonores qui sont venus frapper une surface sur laquelle ils se réfléchissent. Cette loi n'est exacte pour la bille de billard qui vient frapper une bande que tout autant que l'impulsion a été donnée à cette bille au milieu et en haut, car l'angle de réflexion serait sensiblement altéré vers la droite ou vers la gauche, suivant que la bille aurait été touchée de l'un ou de l'autre de ces côtés.

Quand une bille frappée en haut et au milieu en rencontre une autre *pleine* c'est-à-dire en son milieu, elle lui communique son mouvement de translation; mais, comme elle. a reçu en outre un mouvement de rotation dans le même sens, elle pourra ensuite continuer sa marche et *suivre* la bille qu'elle a heurtée.

Quand la bille lancée la première à été frappée en son milieu elle n'aura reçu aucun mouvement de rotation dans un sens déterminé; si elle heurte dans ces conditions une bille qui se trouve exactement dans sa direction, elle lui communiquera tout son mouvement et restera immobile, à la place où elle a produit son choc.

Enfin, si la première bille est touchée avec *la queue* du joueur en dessous et au milieu, elle recevra un mouvement de rotation inverse de son mouvement de translation; en sorte que lorsqu'elle rencontrera une autre bille, elle lui communiquera le dernier de ces mouvements, puis, se trouvant seulement soumise à l'action du premier, elle reviendra sur la route qu'elle a déjà parcourue, produisant ainsi ce que les joueurs appellent un *effet rétrogade*. Cet effet est absolument le même que l'on obtient lorsque saisissant un cerceau à la main on le lance en avant de soi tout en le faisant tourner en sens inverse de cette direction. Il se produit contre le sol, après la projection de ce cerceau, un frottement considérable qui annule rapidement la force de projection, et bientôt le cerceau, soumis à son seul mouvement de rotation, revient de lui-même vers la personne qui l'a lancé.

Nous n'avons pas la prétention d'apprendre au lecteur l'art de faire des points à ce noble jeu de billard qui fut mis à la mode en France par Louis XIV. Si la connaissance des principes de la mécanique peut faciliter les débuts d'un commençant, la pratique, un coup d'œil sûr et l'adresse de la main lui feront acquérir plus rapidement l'habileté qu'il demanderait en vain à la théorie seule. D'ailleurs cette théorie est bien plus compliquée qu'on ne se le figure de prime abord et nous ne saurions l'aborder ici, nous nous en tiendrons donc aux simples notions que nous venons d'indiquer.

CHAPITRE VIII

EXPÉRIENCES DIVERSES.

SOMMAIRE. — Le marteau d'eau. — Le grain de raisin animé. — Le vin et l'eau séparés dans un même verre. — Changement apparent de l'eau en vin. — La figure sensitive. — Baromètres et hygromètres naturels. — Le cadran solaire dans la main. — Le serpent tournant. — Le pont de couteaux.

Le marteau d'eau.

La résistance de l'air qui s'oppose au mouvement des projectiles et des organes des machines a aussi son utilité ; sans l'interposition de ce corps les gouttes de pluie tombant des nuages avec une vitesse croissante nous feraient de graves blessures et la grêle deviendrait un fléau aussi redoutable que la pluie de feu qui détruisit Sodome et Gomorrhe.

Prenez un tube de verre à moitié plein d'eau fermé par un bout et dont l'autre côté se termine en pointe ; faites bouillir l'eau dans le tube et après dix minutes, c'est à-dire lorsque l'air contenu dans le tube se sera entièrement écoulé avec la vapeur qui se dégage, fermez à la lampe la pointe de verre. Si le tube refroidi est tourné brusquement de bout en bout, l'eau que l'air ne divise plus tombera d'une seule masse sur le fond et produira un choc comparable par sa violence et le bruit qui l'accompagne à celui d'un marteau de fer. Des secousses trop énergiques produiraient certainement la rupture de l'enveloppe.

*
* *

L'utilité du frottement.

Le frottement, si nuisible au mouvement des machines par la résistance qu'il oppose sans utilité à la puissance qui les fait agir, présente encore plus d'avantages que d'inconvénients. Sans frottement, nous ne pourrions nous tenir debout qu'avec une grande difficulté ; ceux qui ont marché sur la glace se rendront compte des efforts qu'ils seraient obligés de faire dans cette hypothèse. Les clous ne tiendraient pas dans les murailles, ni les vis dans leurs écrous ; nos ponts, nous murailles et nos grands monuments s'écrouleraient avec une facilité déplorable et un amas de corps solides acquerrait la fluidité d'un liquide.

*
* *

Le grain de raisin animé.

Placez un grain de raisin frais ou sec dans un verre à champagne rempli de vin mousseux; vous verrez alternativement, à une minute environ d'intervalle, ce grain monter, descendre, puis remonter pour redescendre encore et ainsi de suite pendant un temps assez long.

Voici l'explication de ce phénomène : Le raisin a une densité de très-peu supérieure à celle du vin. Or, quand on le jette dans ce liquide, il va d'abord au fond en vertu de son excès de poids sur le poids du vin qu'il déplace ; mais il s'entoure bientôt d'une couche d'acide carbonique gazeux dont l'addition a pour effet de rendre la densité du globule total plus faible que celle du vin. A ce moment le grain s'élève à la surface du liquide où il vient flotter ; les bulles de gaz se dégagent alors dans l'air et le grain, débarrassé de sa petite atmosphère et devenu plus lourd, retombe pour recommencer un mouvement ascensionnel déterminé par une nouvelle addition de bulles gazeuses.

*
* *

Le vin et l'eau séparés dans un même verre.

Lorsque plusieurs liquides de densités différentes sont versés dans un même vase, ils se rangent par ordre de densité, le plus lourd étant au fond et le plus léger en haut. C'est ainsi qu'on peut avoir dans un même verre des couches successives de mercure, d'eau, d'huile et d'alcool. Agitez ensemble dans un flacon du mercure, de l'eau et de l'huile ; lorsque le flacon sera reposé, les trois liquides reprendront toujours leur place dans l'ordre que nous indiquons ; mais si ces liquides se mêlent il n'en est plus ainsi. On peut pourtant faire tenir de l'alcool ou du vin sur de l'eau en versant avec précaution. Pour cette dernière expérience en particulier, on mettra d'abord l'eau dans le verre ; à sa surface on fera surnager un zest de citron ou une petite croûte sèche de pain, enfin on versera le vin sur ce flotteur et goutte à goutte en le faisant arriver le long d'une lame de couteau. Les deux couches liquides seront alors parfaitement tranchées et l'expérience sera plus frappante à cause des différences de couleur.

*
* *

Changement apparent de l'eau en vin.

On se sert pour cette expérience d'un entonnoir à double paroi ; l'intervalle compris entre les deux lames de métal ne communique par en haut avec l'air extérieur que par un petit trou pratiqué à la partie supérieure près de l'anse et qu'on peut aisément boucher avec le pouce. Cet orifice étant ouvert, on plonge l'entonnoir dans du vin : le double fond se remplit de ce liquide, on bouche l'ouverture, on enlève l'entonnoir et, en le tenant en main, on y fait verser de l'eau par quelqu'un des spectateurs en annonçant que cette eau va se changer en vin. En effet, en soulevant le doigt, on laisse couler ce dernier liquide qui se mêle à l'eau et rougit assez pour produire l'illusion annoncée.

*
* *

La figure sensitive.

Si l'on place sur la main ouverte une figure découpée dans une lame mince de gélatine, la chaleur dilatera la surface inférieure de cette figure tandis que l'autre ne changera pas de dimensions ; il s'ensuit que les extrémités se relèveront et s'enrouleront d'autant plus vite que la température de la peau sera plus élevée. Une feuille de parchemin produirait des mouvements contraires et se soulèverait au milieu. On s'est quelquefois servi d'images ainsi préparées pour tirer la bonne aventure ou pour rendre des oracles ; on peut juger de la valeur que pouvaient avoir ces sortes de prédictions.

*
* *

Baromètres et hygromètres naturels.

Nous renvoyons aux Traités ordinaires pour la description et l'usage des instruments de précision connus sous ces noms. Pour les physiciens chacun d'eux à une destination spéciale que son étymologie même indique ; mais pour le vulgaire ils semblent uniquement destinés à marquer la pluie et le beau temps. A ce point de vue, il existe des appareils moins précis dans leurs indications, moins compliqués dans leur construction, mais dont l'exactitude est encore suffisante et qui sont autant des jouets que des instruments de physique. De ce nombre sont les figures de cartons dont certaines parties, mobile autour d'un point fixe, sont soulevées ou abaissées par une corde à boyau qui s'allonge par l'humidité et se raccourcit en se tordant par la sécheresse. On voitainsi des figures de capucin se couvrir de leur capuchon en temps de plúie et montrer leur crâne à découvert lorsqu'il fait beau.

Si l'on suspend une figurine de plâtre au milieu d'une chambre, au moyen d'une corde de violon, les variations de la température et du degré d'humidité de l'air feront tourner la corde sur elle-même; par suite la figure prendra, suivant le temps, diverses positions correspondant à des états particuliers de l'atmosphère.

Nous pourrions citer beaucoup de baromètres et d'hygromètres dont la construction n'est pas plus compliquée : mais il en est un grand nombre d'autres que l'on appelle *naturels*, que l'on trouve toujours tout établis en soi ou auprès de soi et dont les indications sont non moins exactes. C'est ainsi que les personnes affectées d'asthmes, de rhumatismes, ou seulement de cors aux pieds, celles qui ont reçu des blessures d'armes à feu et celles qui sont d'un tempérament très-nerveux, ressentent vivement les variations atmosphériques assez longtemps avant que les instruments ordinaires n'aient averti les physiciens des changements de temps qui doivent s'opérer à la surface terrestre. Les animaux surtout, doués d'un instinct plus sûr que celui de l'homme, témoignent une certaine agition aux approches de la pluie, les hirondelles descendent des régions élevées et rasent la terre de leur vol pour faire la chasse aux insectes; les lézards se cachent; les chats font leur toilette et passent la patte sur leurs oreilles; les oiseaux lustrent leurs plumes ; les mouches piquent plus fortement; les poissons sautillent hors de l'eau; les oiseaux aquatiques battent des ailes; la grenouille *rainette*, qui se perche d'autant plus haut qu'il fait plus sec, plonge dans l'élément liquide.

Les limaçons ont aussi des facultés hygrométriques surprenantes; ces animaux ne boivent jamais; pendant la pluie, ils absorbent l'humidité qu'ils rendent ensuite par la transsudation. L'espèce dite *helix alternata* rend sur-le-champ toute son humidité; sa couleur passe alors du rouge clair au rouge foncé, puis au brun. On ne la rencontre jamais dehors qu'au moment où la pluie va venir; elle grimpe sur les plantes et s'attache aux feuilles pour ne les abandonner qu'après l'averse. D'autres espèces montent sur les arbres deux jours avant la pluie; si elle doit être abondante et continue, ces animaux se mettent à l'abri sous la feuille; au contraire, ils se placent en-dessus si elle doit être de peu de durée.

Lorsqu'il doit faire du vent ou de la pluie, l'araignée raccourcit beaucoup les derniers fils auxquels sa toile est suspendue. Doit-il faire beau, l'insecte allonge ses fils : plus ceux-ci sont longs et plus la pluie tardera à venir. Mais s'il se remet au travail pendant le mauvais temps c'est que celui-ci sera de courte durée.

La sangsue n'est pas un guide moins sûr du temps à venir. Reste-t-elle au fond de son bocal roulée sur elle-même et sans mouvements, le temps sera beau et sec. Si dans la journée il doit pleuvoir ou neiger, elle monte à la surface de l'eau et y reste jusqu'à ce que le beau temps soit proche. S'il doit régner un grand vent, elle s'agite dans sa demeure liquide avec une vivacité qui croît avec la violence de la tempête probable.

La nature végétale donne aussi des indications hygrométriques dont il est utile de tenir compte : on connaît des feuilles d'arbres qui, à l'approche d'une pluie faible se tournent en volute de manière à retenir l'eau et qui, par une pluie abondante se plissent en forme de gouttières de façon à la laisser échapper. Quand l'air se charge d'humidité, certaines tiges comme celles du trèfle et des légumineuses s'en pénètrent aussitôt et se redressent; parmi les fleurs, les unes se ferment comme celles de l'*hibiscus trionum* d'autres s'ouvrent comme la pimprenelle. Linnée assure que le souci d'Afrique (*calendula humilis*) ouvre ses fleurs le matin entre six et sept heures et les ferme à quatre heures du soir par un temps sec tandis qu'il reste fermé en temps de pluie; c'est le contraire qui a lieu pour le laiteron de Sibérie (*lonchus Sibericus*); lorsqu'il ferme sa fleur pendant la nuit on a du beau temps le lendemain; mais on peut s'attendre à de la pluie si elle reste ouverte.

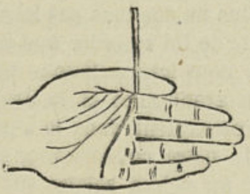
Nous ne multiplierons pas les exemples. L'expérience a pu faire connaître à plusieurs de nos lecteurs d'autres signes analogues précurseurs du temps; l'habileté avec laquelle des paysans fort ignorants du reste arrivent à prévoir les variations de l'atmosphère quelques heures d'avance d'après des données semblables, prouve que ce ne sont pas là de vaines spéculations de l'esprit.

*
* *

Cadran solaire simple.

Quelques auteurs anciens ont prétendu que l'homme à l'état de nature n'a besoin d'aucun instrument pour connaître la marche du temps que Dieu lui a donné à dépenser et qu'une horloge est autant une superfluité inventée pour les besoins d'une civilisation efféminée que le chapeau qui fait double emploi avec la chevelure pour couvrir le crâne ou la cravate qui se substitue à la barbe pour garantir la gorge au froid. Diogène, à la vue d'un enfant qui buvait dans le creux de sa main, jeta loin de lui l'écuelle de terre qui lui servait à puiser l'eau et se priva ainsi volontairement du dernier ustensile de cuisine qu'il eût jugé indispensable. Un examen approfondi des proportions du visage dans le type grec pur conduisit un disciple du cynique philosophe à proscrire de même les sabliers et les clepsydres dont usaient ses concitoyens. Il suffisait, pensait-il, qu'un homme aux traits réguliers ouvrit la bouche grande en tournant la face vers le sud pour que l'ombre de son nez sur telle ou telle dent indiquât l'heure à ses compagnons. Les solitaires auraient dû, bien entendu, renoncer à l'emploi de cette horloge économique.

Une autre méthode un peu plus précise, bien qu'elle laisse encore beaucoup à désirer, consiste à considérer la main comme un cadran tout établi. Il faut l'étendre horizontalement; puis rapprocher le pouce de l'index et dresser entre ces deux doigts, un peu au-dessous de l'origine du second, un brin de paille ou un morceau de bois dont la longueur soit exactement celle de l'index. Ce morceau de bois sera le style de l'horloge. Il faut ensuite orienter l'appareil. Êtes-vous versé dans la science de la main ou chiromancie? Vous savez alors que la *ligne de vie* est le pli qui sépare le muscle charnu du pouce de la paume de la main, que la *ligne de table* est le pli transversal qui commence sous la naissance de l'index et qui finit sous l'origine du petit doigt, que la *ligne du chef* enfin est dans une position diagonale entre les deux autres et passe par conséquent au milieu de la main. Eh bien, tournez vous de telle sorte



que la ligne de table soit dans la direction de la méridienne; l'extrémité du bâtonnet portera sur la main une ombre dont la direction et la portée donneront à peu près l'heure exacte. Lorsque cette ombre se terminera au bout de l'index, il sera 5 heures du matin ou 7 heures du soir; au bout du doigt du milieu, 6 heures du matin ou 6 heures du soir; au bout de l'annulaire 7 heures du matin ou 5 heures du soir; au bout du petit doigt 8 heures du matin ou 4 heures du soir; à la première jointure du petit doigt, vers l'extrémité, 9 heures du matin ou 3 heures du soir; à la seconde jointure, 10 heures du matin ou 2 heures après midi; à la naissance de ce doigt, 11 heures du matin ou 1 heure après-midi. Enfin l'ombre arrive à midi sur la *ligne de table*, puisque celle-ci est dans la direction de la méridienne.

Nos lecteurs trouveront aisément par eux-mêmes les détails complémentaires que nous ne donnons pas ici sur cette petite opération, de crainte de lui accorder une importance qu'elle n'a pas; mais nous les avertissons qu'il faut employer la main gauche avant midi et la droite après midi, sans quoi ils se trouveraient dans la situation de ce riche propriétaire de notre connaissance qui fit bâtir avec le plus grand soin un cadran solaire sur la façade de son hôtel. Les lois de la géométrie avaient été scrupuleusement observés dans ce travail; il avait pourtant un léger défaut, la façade de l'hôtel étant tournée au nord, le soleil se gardait bien de lui rendre jamais visite.

*
* *

Le serpent tournant.

Lorsqu'on place sur le feu un vase plein d'eau, les couches inférieures du liquide s'échauffent et se dilatent les premières; en vertu de la légèreté relative qu'elles acquièrent, elles montent et sont remplacées par des couches plus froides qui s'échauffent et s'élèvent à leur tour. Il s'établit ainsi un mouvement continuel de circulation qui tend à établir une température uniforme dans toute la masse.

Des mouvements analogues se produisent dans l'air lorsqu'un foyer de chaleur exerce son action en un point particulier de l'atmosphère. Si l'on fait du feu dans un poêle, l'air qui touche le tuyau produira un mouvement ascensionnel que l'on pourra constater par l'expérience suivante.

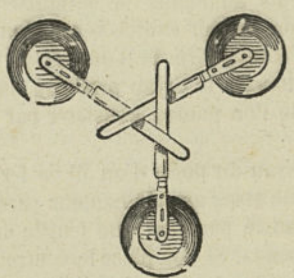
Entourez le tuyau du poêle d'un fil de fer qui se relèvera ensuite à une assez grande hauteur parallèlement au tuyau. Tracez d'autre part sur une feuille de papier une spirale et découpez-la. Si l'on place le centre de la spirale déroulée sur la pointe du fil de fer, l'air, en venant presser la bande de papier qui se présente partout obliquement sur son passage lui communiquera un mouvement de rotation autour de la verticale qui passe par son point d'appui.

*
* *

Le pont de couteaux.

Terminons le chapitre par la petite combinaison suivante :

On propose de réunir deux à deux trois points disposés comme les sommets d'un triangle équilatéral avec des pièces de bois égales mais plus courtes que les trois cotés du même triangle. On pourra réaliser cette hypothèse au moyen de trois verres espacés les uns des autres de plus que la longueur d'un couteau et se proposer de jeter un pont entre ces trois verres avec les trois couteaux. Il suffira de donner à ceux-ci la disposition indiquée par la figure ci-dessous. Trois faibles morceaux de bois, ajustés de la même manière, sont capables de supporter un poids beaucoup plus considérable qu'on n'est disposé à le croire.



CHAPITRE IX

EXPÉRIENCES ET PHÉNOMÈNES DIVERS.

SOMMAIRE. — Autour d'une chandelle. — Toucher un fer rouge sans se brûler. — Corps incombustibles et imperméables. — Récréations magnétiques.

Arrière ceux dont la bouche souffle le chaud et le froid, a dit le bon La Fontaine, comparant à tort un fait physique dans lequel l'anomalie n'est qu'apparente au défaut moral du fourbe et du menteur ; s'il n'est pas permis en effet de dire ou de déguiser la vérité suivant les besoins de sa cause, il est très-juste au contraire que, suivant les circonstances, le souffle soit chaud ou froid.

Le corps de l'homme est un véritable fourneau qui consume de l'oxygène, un véritable foyer au milieu duquel s'opèrent constamment des réactions chimiques, dont l'effet est d'entretenir la chaleur extérieure à une température constante de 36°. Que, sous l'influence d'un état morbide, cette chaleur s'abaisse de 5 ou 6 degrés et l'on verra bientôt le sujet sur lequel s'opère ce phénomène s'affaisser et mourir.

Les gaz provenant de la respiration et qui ont été un certain temps en contact avec les organes internes viennent donc dans l'atmosphère avec une température de 36°, toujours supérieure à celle de l'extérieur, et l'épiderme doit éprouver une sensation de chaleur lorsqu'il est mis en contact immédiat avec ces gaz. Mais cette sensation de chaleur se change en une sensation de froid si l'air est chassé avec violence. Dans ce cas, en effet, il éprouve une dilatation brusque en s'échappant des lèvres;

la chaleur concentrée dans un petit volume du gaz se répartit tout à coup sur un espace beaucoup plus étendu, et chaque partie de la masse ne contient plus qu'une faible fraction de la chaleur totale; la température doit donc s'abaisser. Si l'on souffle sur la main, on augmente en outre la transpiration qui se produit toujours plus ou moins abondamment à la surface de la peau; et si c'est sur un liquide, l'évaporation de sa surface est considérablement accélérée. Or, on sait que toute production de vapeur est accompagnée d'un grand abaissement dans la température du liquide qui lui donne naissance.

Continuons donc, malgré l'anathème du fabuliste, à diriger notre haleine sur nos doigts engourdis pour les réchauffer, et à souffler sur notre soupe trop chaude, pour la réfroidir; la morale n'aura rien à y voir; la civilité seule aura parfois le droit de nous fermer la bouche.

Puisqu'un souffle un peu violent produit du froid, il sera possible, en réunissant des conditions que l'on devine, d'amener la mèche d'une chandelle à une température assez basse pour que la combustion s'arrête. Votre chandelle est morte; c'est un fait vulgaire qui n'a pas besoin d'autre explication. Mais il reste là un lumignon fumeux qui répand dans l'atmosphère un brouillard épais et nauséabond; vous soufflez plus vivement qu'auparavant pour l'éteindre à son tour : le résultat répond si peu à votre attente que la chandelle se rallume. C'est que cette fois vous avez fait arriver beaucoup d'air et par conséquent d'oxygène sur ces points en ignition que vous vouliez faire disparaître; la combustion lente qui se produisait en émettant ces vapeurs si blessantes pour votre odorat s'est activée, comme le feu d'une cheminée sous l'action d'un soufflet; il y a eu inflammation. Vous auriez obtenu le même effet en agitant vivement la chandelle encore munie de sa petite mèche embrasée; mais la mèche s'use vite à ce jeu et lorsque les points encore rouges de feu sont trop rares le refroidissement causé par le contact brusque avec l'air froid l'emporte sur la chaleur qui se dégage par la combinaison de l'oxygène avec la matière combustible et toute trace d'ignition disparaît rapidement.

Puisque nous en sommes sur ce sujet, disons de suite pourquoi les bougies n'ont pas besoin d'être mouchées. C'est un fait que les consommateurs se plaisent à constater, mais dont ils se rendent rarement compte. Il en est ainsi d'ailleurs de beaucoup de phénomènes qui se passent autour de nous : s'ils étaient rares, ils exciteraient notre admiration ; mais nous restons indifférents en présence de leur production fréquente. Que de curieux sujets d'étude ne laisse-t-on pas ainsi passer inaperçus ; que de merveilles échappent à notre observation plus disposée à s'exercer sur des faits accidentels !

Une flamme se compose toujours d'un noyau assez froid, humide et obscur, entouré d'une enveloppe brillante et chaude. On peut s'en convaincre en plaçant une allumette horizontalement dans la flamme d'une chandelle ; au bout de quelques secondes, les côtés de la flamme auront mordu dans le bois en le carbonisant en deux points éloignés de un ou deux millimètres ; le milieu sera au contraire resté à peu près intact ; on peut ainsi conserver quelque temps de la poudre au centre d'une flamme sans qu'il y ait déflagration. C'est vers la pointe que la chaleur est la plus intense.

Cette disposition naturelle de la flamme a servi de modèle pour la construction de nos appareils d'éclairage. On sait en effet que les becs à huile ou à gaz les mieux installés portent le corps combustible sur une couronne au centre et autour de laquelle circule un courant d'air froid.

Sans doute que la flamme d'une bougie est beaucoup plus chaude que celle d'une chandelle et que la combustion de la mèche doit s'y faire plus aisément; mais ce n'est pas la cause véritable de sa disparition complète; on doit surtout chercher cette cause dans la préparation même de la mèche en tresses et non plus en corde. C'est grâce à cette légère modification, en effet, que le sommet de la mèche d'une bougie s'incline toujours sur le côté et vient se présenter à l'action énergique comburante des parties latérales de la flamme.

Concluons qu'il vaut mieux brûler de la bougie que de la chandelle, puisque, grâce aux progrès de la science, à l'activité de l'industrie, on ne peut plus même invoquer le bon marché en faveur de celle-ci, et que l'on ne doit pas, dans tous les cas, *souffler sa chandelle*, mais la coiffer, pour l'isoler du contact de l'oxygène, du modeste ustensile que nous figurons ici.

Incombustibilité et imperméabilité.

Il est peu de personnes qui n'aient fait avec ou sans intention l'expérience que nous allons indiquer. Versez de l'eau sur une plaque de métal chauffée au rouge blanc; le liquide se formera en globules sphériques, comme s'il était versé sur un corps gras, ou comme le mercure sur une lame de verre; puis, au lieu de bouillir avec violence comme on aurait pu s'y attendre, ces globules éprouvent un mouvement giratoire très-rapide; ils diminuent de volume; enfin, lorsque la plaque métallique passe au rouge sombre, ils s'étalent, mouillent la plaque et le liquide est projeté bruyamment de tous côtés par la violence d'une ébullition subite. Ce phénomène connu sous le nom de *caléfaction* a été observé par M. Boutigny d'Évreux qui l'a étudié avec détails et qui, remarquant que le liquide restait pendant son état sphéroïdal à une température inférieure à celle de son point d'ébullition, a résolu le curieux problème qui consiste à faire congeler de l'eau dans le même foyer où l'or et l'argent sont amenés à leur point de fusion. Pour cela, il fait chauffer au rouge blanc une capsule de platine, y jette quelques grammes d'acide sulfureux liquéfié, et plonge enfin dans ce liquide à l'état sphéroïdal quelques gouttes d'eau qui sont immédiatement congelées.

Dans ces circonstances, la goutte d'eau s'entoure d'une sorte d'atmosphère de vapeur qui la soutient, et s'oppose au contact avec le métal surchauffé; cette couche transmet d'ailleurs difficilement au liquide la chaleur du foyer; elle lui sert d'isoloir à la manière de ces poignées en laine dont les repasseuses se munissent la main pour saisir leurs fers brûlants.

Ces expériences confirment et expliquent certains faits longtemps regardés comme faux ou entachés de supercherie. On a vu des hommes *incombustibles* marcher sur des lames de fer chauffées au rouge blanc, se passer sur la langue des tiges de métal sortant de fourneaux embrasés, se laver les mains dans du plomb fondu sans témoigner la moindre douleur; c'est que probablement ces hardis faiseurs de tours mouillaient d'abord la partie du corps qui devait être mise en contact avec le métal dans une dissolution de savon, d'alun ou de sel ammoniac et se livraient à leurs exercices avant que le liquide ne fût complétement évaporé.

M. Boutigny lui-même a pu impunément et sans aucune préparation préalable plonger un doigt et même la main entière dans un jet de fonte en fusion, ou dans un bain de plomb ou de bronze fondu. Sous l'influence de la chaleur intense de ces liquides, il se forme instantanément autour de la peau, et aux dépens de son humidité naturelle, une couche de vapeur assez épaisse pour s'opposer au contact. Ce physicien fait d'ailleurs observer qu'il ne faut, dans ces périlleuses expériences, passer la main ni trop vite, ni trop lentement : sinon, dans le premier cas, la couche de vapeur pourra céder et laisser établir le contact; dans le second cas, la chaleur aura le temps d'exercer son action à distance. M. Boutigny recommande enfin à ceux qui voudraient répéter cette *épreuve du feu* de plonger préalablement leurs doigts dans de l'eau pure, ou dans une dissolution de sel ammoniac.

L'homme peut donc être rendu *incombustible* jusqu'à un certain point. On a cherché à résoudre le même problème pour les substances végétales, et en particulier pour celles qui servent à la fabrication des tissus. Or, il n'existe pas à proprement parler de corps incombustibles, mais seulement des corps qui résistent plus ou moins énergiquement à l'action du feu. L'amiante lui-même, ce composé de silice, de magnésie et de chaux que l'on recueille dans les fissures de certaines roches et qui possède à la fois la souplesse du lin et le brillant de la soie, n'est réfractaire, malgré sa réputation bien ancienne, que jusqu'à de certaines limites. Tout ce qu'on peut donc faire est de rendre les substances ininflammables et de ralentir ainsi la combustion de celles qui se consument. Dans ce but, on imprègne les objets de dissolutions salines dont les préférables sont le phosphate d'ammoniaque et les silicates solubles. Les bois, les toiles et les tentures de théâtre sont généralement mis par ce procédé à l'abri des incendies auxquels ils sont si exposés; mais il faut reconnaître que ces apprêts appliqués aux vêtements légers leur ôtent la souplesse et l'éclat qui font leur principal mérite. Aussi les dames refusent-elles de recourir aux préparations chimiques pour rendre leurs robes de bal incombustibles, et les journaux ont-ils à enregistrer chaque année les tristes récits des nombreux accidents qui sont la conséquence de cette opposition.

On est également parvenu à rendre les tissus imperméables en les plongeant dans une dissolution d'acétate d'alumine préparée en mélangeant 1,500 grammes d'alun et autant d'acétate de plomb dans 50 litres d'eau. Les étoffes imperméabilisées par ce procédé laissent dégager de légères vapeurs peu odorantes d'acide acétique, et l'eau, qui ne mouille pas plus l'acétate d'alumine que la graisse, ne peut ni pénétrer, ni traverser le tissu, même quand il est peu serré. Ces étoffes présentent d'ailleurs sur les toiles vernies et les caoutchoucs, cet avantage important qu'elles laissent circuler l'air et ne s'opposent pas à la transpiration; elles doivent donc être préférées pour la confection des vêtements.

*
* *

Récréations magnétiques.

Il ne s'agit ici que de magnétisme terrestre et non de cette prétendue relation sympathique ou antipathique entre les esprits ou entre les âmes qui est la base du spiritisme et sur laquelle les charlatans, les sorciers, les médium, etc., ont fondé toute une théorie qu'ils nomment une science. Qu'il nous soit permis, jusqu'à *preuve* du contraire, de nier les phénomènes d'attraction, de double-vue, d'apparitions, etc., dont on nous rapporte, il est vrai, des milliers d'exemples, mais dont les *initiés*, les *croyants*, les gens *convaincus d'avance* en un mot, ont été seuls acteurs, témoins ou narrateurs. Nous nous sommes déjà prononcé, dans une autre partie de ce livre, sur la valeur qu'on devait attacher à ces manifestations du magnétisme animal, à ces conjurations, à ces évocations d'esprits dont les récits se retrouvent à toutes les époques de l'histoire des peuples. Nous répétons que ces faits qui ne tendent à rien moins qu'à bouleverser les lois immuables de la nature, posées par la volonté immuable du Créateur, seront toujours pour nous les produits de manœuvres frauduleuses, des mystifications que des imaginations complaisantes veulent prendre pour des mystères. La religion nouvelle a ses disciples, ses apôtres, ses ministres, ses victimes et ses *martyrs*; ils sont sincères peut-être ; mais nous savons bien que tous les fanatismes, même ceux qui puisent leurs forces dans les causes les plus injustes et les plus ridicules, ont engendré des héros ; faut-il rappeler en particulier les horribles supplices auxquels se soumettent de nos jours avec joie les *faquirs* de l'Inde ou les *derviches hurleurs* de l'Afrique ? Que nos inspirés sortent de leurs théâtres machinés et de l'obscurité dont ils se voilent prudemment ; qu'ils viennent en plein jour, sur la place publique, en présence de tous, crédules ou incrédules, nous montrer leur puissance ; que les incrédules surtout aient le droit de voir de près, de toucher, d'examiner à loisir, de se convaincre en un mot qu'ils ne sont dupes d'aucune supercherie, et notre conviction pourra être ébranlée. Et encore... (Voir notre chapitre, bien incomplet, sur les *illusions des sens*.)

Le magnétisme terrestre est une branche de cette partie de la physique qui traite de l'électricité. Nous n'avons pas à établir ici comment l'illustre Ampère démontra que le fluide magnétique n'était autre que le fluide électrique ; nous rappellerons seulement que l'on produit très-aisément de nos jours des aimants avec des courants électriques, et inversement.

La pierre d'aimant ou oxyde magnétique de fer est une substance noire et brillante que l'on trouve abondamment en Suède, en Norwége, à l'île d'Elbe et aux États-Unis. Lorsque l'on plonge un bloc de ce minerai dans la limaille de fer on remarque qu'il se forme des aigrettes métalliques à a surface de la pierre, mais non pas uniformément. La limaille occupe plus particulièrement deux points opposés que l'on nomme les pôles de l'aimant. Au milieu de l'intervalle qui sépare ces deux points, la force attractive est nulle; c'est la *ligne neutre*.

Les barreaux d'acier aimanté présentent nettement le même caractère. Ceux-ci sont plus usités que la pierre d'aimant parce qu'il se prêtent à toutes les formes et qu'il est très-aisé de se les procurer; mais le fer fondu connu sous le nom de *fer doux*, qui s'aimante aussi sous l'action d'un autre aimant ou d'un courant électrique, perd toute propriété attractive aussitôt que ces influences cessent. Cette propriété singulière permet de produire au loin, à l'aide d'un fil traversé par un courant électrique intermittent, des attractions successives capables de mettre en mouvement un appareil. C'est le principe de la *télégraphie électrique*.

Les deux pôles des aimants ne sont pas chargés du même fluide, car si l'on met deux barreaux magnétiques en présence, on remarque que deux extrémités, celles que l'on désigne précisément du même nom, se repoussent, tandis que deux extrémités de nom contraire s'attirent? La terre est un vaste aimant; indépendamment de cette force d'attraction commune à la matière, en vertu de laquelle nous sommes maintenus à sa surface, elle possède la propriété d'agir sur le fer et l'acier à la façon des barreaux aimantés. Si quelque dieu mythologique, renouvelant les exercices d'Atlas, s'avisait quelque jour de rouler notre globe dans une couche de limaille plus épaisse que celle que les Cyclopes et leur maître Vulcain n'auraient jamais pu balayer de leurs ateliers, une végétation métallique se presserait en longues aiguilles vers les pôles. Serrée, touffue et élevée dans ces régions glacées, elle deviendrait très-clair semée dans la zone tempérée pour disparaître avant les tropiques.

Cette action magnétique de la terre explique la direction invariable que prennent les aiguilles aimantées soutenues horizontalement sur des pivots, par la seule vertu de la loi des attractions et des répulsions que nous avons énoncée. C'est le pôle sud ou austral des barreaux aimantés qui se dirige vers le nord géographique tandis que le pôle nord ou boréal est tourné vers le sud.

Ces poissons en fer-blanc lesté que les enfants mettent dans un bocal et font venir à eux, ces canards et ces cygnes qui flottent sur l'eau et qu'ils attirent avec une tige de métal, portent dans leur tête le morceau de fer qui subit l'influence de l'aimant caché dans une baguette magique qu'on leur présente.

La tradition rapporte que Mahomet, pour convaincre même après sa mort ses nombreux disciples de sa mission divine en frappant leur esprit d'un prodige nouveau, fit construire avec des pierres d'aimant la voûte de la caverne qui devait recevoir sa dépouille mortelle, et ordonna de renfermer celle-ci dans une caisse de fer. Il fut fait suivant sa volonté, et le corps du prophète, quittant le sol sur lequel on voulait le déposer, s'élevant vers la voûte, resta suspendu dans l'espace, loin du contact impur de toute chose terrestre.

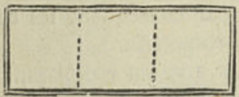
Que la caisse de métal, cédant à l'attraction d'un grand faisceau d'aimants, se soit portée vers la voûte et s'y soit fixée, c'est possible à la rigueur, bien que cela paraisse invraisemblable ; mais que cette caisse funèbre soit restée en suspension, c'est ce que nous ne saurions admettre l'équilibre dans ces conditions étant non pas instable, mais impossible.

***

La boîte magique.

Ayez une boîte A de bois ou de carton, longue à l'intérieur de 15 centimètres, large de 3 et profonde seulement de quelques millimètres. Dans cette boîte dont le couvercle est très-mince, on doit pouvoir placer sur une ligne trois tablettes semblables à celles que nous avons figurées en B. Ces tablettes carrées ont donc près de 3 centimètres de côté.

A



Or, voici comment elles sont construites : sur le bois ou le carton qui fait le corps de la tablette, on a tracé un cercle divisé en dix parties égales ; à chaque division correspond un des chiffres 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; puis, sur la première planchette, on trace une rainure, allant de 0 à 5 dans laquelle on fixe un barreau aimanté, de manière que son pôle N corresponde à 0 ; sur la deuxième planchette, on a tracé le même cadran dans

B

la même position, seulement la rainure est creusée dans le sens 1 — 6 et le pôle N du barreau aimanté que cette rainure renferme correspond au chiffre 1 ; et ainsi de suite. Il doit y avoir dix planchettes pour les dix chiffres. La face ainsi préparée est recouverte ensuite d'une mince feuille de papier sur laquelle est inscrit le numéro correspondant à l'extrémité N du barreau aimanté.

Donnez ces planchettes à une personne et dites-lui d'en

C

ranger trois à son choix dans la boîte A de manière à former le nombre qu'elle voudra. Une fois que le couvercle sera fixé sur cette boîte, il vous sera facile de trouver le nombre qu'elle renferme, bien que ce nombre ne soit connu que de celui qui l'a formé. Il suffira pour cela de poser sur le couvercle un carton tel que celui qui est représenté en C, de mêmes dimensions que la boîte, portant trois cadrans exactement semblables à ceux qui ont été tracés sur les planchettes et munis d'aiguilles aimantées mobiles sur des pivots placés aux centres. Ces aiguilles prendront immédiatement la direction des barreaux aimantés et désigneront par conséquent les chiffres cherchés sur leurs cadrans respectifs.

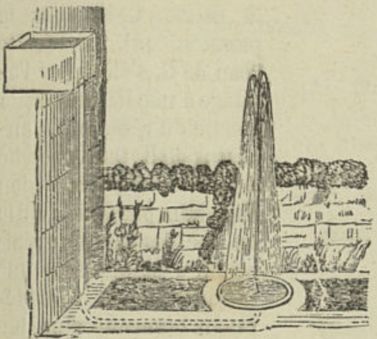
On excitera une surprise plus vive en remplaçant ce carton par un tube de papier ou d'ivoire, simulant une lunette, fermé à sa partie inférieure par un verre dépoli, et contenant une aiguille aimantée mobile sur un pivot. En posant successivement cette sorte de lunette au-dessus des trois planchettes, l'action des aimants se fera sentir à travers le couvercle et le verre et les directions que prendra l'aiguille feront connaître la réponse.

Ce jeu peut être modifié de bien des manières; on peut remplacer les chiffres par des mots et en augmenter ou diminuer nombre. Les combinaisons que l'on peut faire de cette manière sont extrêmement nombreuses; ainsi avec trois chiffres sur 10 comme nous l'indiquions tout à l'heure, on peut former 720 nombres différents; les mots du vers latin : *tot tibi sunt dotes, virgo, quot sidera cælo*, peuvent être rangés de 40,320 manières différentes, et cela sans que le sens ni la mesure du vers soient dérangés pour un grand nombre d'entre elles.

*
* *

Les jets d'eau.

La construction de cet appareil hydraulique est des plus simples ; un réservoir est maintenu plein d'eau dans les combles d'un édifice ; de la partie inférieure de ce réservoir part un tube muni d'un robinet qui descend sous le sol et aboutit aussi loin que l'on veut au centre d'un bassin, en se terminant verticalement par un ajutage effilé. Lorsque l'on ouvre le robinet de communication, l'eau du réservoir s'écoule par le tube, et lorsqu'elle est arrivée à son extrémité, elle tend à remonter à la hauteur d'où elle est descendue. Si elle n'atteint pas tout à fait

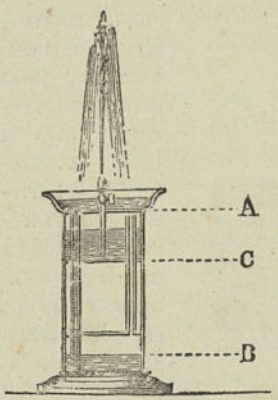


cette hauteur, c'est que l'air divise par sa résistance la colonne liquide ascendante et s'oppose à sa marche, et qu'en outre les gouttes qui retombent, en choquant celles qui montent, détruisent leur vitesse et les arrêtent avant qu'elles aient fourni toute leur course.

Les puits artésiens nous offrent en grand une disposition identique. Le sommet neigeux des montagnes, les glaciers persistants remplacent le réservoir, les couches perméables du sol comprises entre d'autres couches imperméables de glaise ou de calcaire servent de conduit, et le trou profond que l'on perce depuis le sol jusqu'à la nappe liquide est l'ajutage par lequel l'eau s'élève à une hauteur d'autant plus grande que le point de départ était plus élevé.

Le niveau d'eau des arpenteurs est aussi construit d'après le même principe.

Mais on peut construire des jets d'eau sans réservoir élevé en se servant de la disposition de la *Fontaine de Héron*. Trois réservoirs A,B,C dont le premier seul est ouvert, communiquant entre eux par des tubes comme l'indique la figure. A et C sont d'abord remplis d'eau ; le liquide de A en s'écoulant dans le réservoir B chasse l'air dans la caisse C et sous la pression qui en résulte l'eau de C, s'élève par l'ajutage à une hauteur égale à celle du réservoir A au-dessus de B. On a cherché à utiliser cette disposition pour faire parvenir l'huile au bec des lampes ; mais on lui a bientôt substitué le système dit à modérateur beaucoup plus simple de construction et plus régulier dans sa marche.



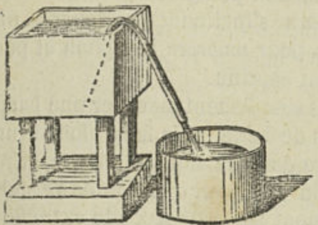
On sait que c'est par la seule pression d'un piston à ressort sur la masse liquide que l'huile monte jusqu'au niveau qu'on veut lui faire atteindre, en sorte que *remonter la lampe*, c'est relever le piston au moyen d'une crémaillère. Il va sans dire que le même mécanisme peut servir à faire jouer de petits jets d'eau d'appartement.

Ajoutons que l'on peut voir deux fois par jour l'arc-en-ciel sur tous les jets d'eau. Il suffit pour cela de se placer le matin, une heure après le lever du soleil, et le soir une heure avant son coucher, devant la gerbe liquide en tournant le dos au soleil. On sera ainsi dans la position la plus convenable pour que les rayons solaires réfractés et réfléchis à travers les gouttes d'eau paraissent à l'œil avec leurs nuances variées.

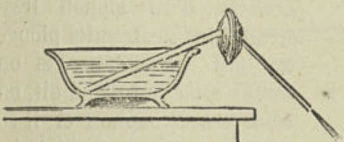
*
* *

Le siphon.

Le siphon est un tube recourbé dont une branche est plus courte que l'autre. Si l'on remplit ce tube d'eau et qu'on plonge sa petite branche dans une cuve pleine du même liquide, il y aura écoulement de ce liquide par la branche extérieure, jusqu'à ce que le niveau soit descendu au ras de la petite branche. On peut donc au moyen de ce petit instrument vider un vase sans le renverser. Les marchands de vins l'emploient utilement à soutirer des vins qui ont déposé, sans remuer les barriques, et par conséquent sans ramener dans la masse liquide les matières en suspension dont elle s'était débarrassée.



Les enfants qui n'ont ordinairement pas à leur disposition des tubes recourbés se fabriquent sans frais des siphons de la manière suivante : ils usent sur une pierre les deux faces d'un noyau d'abricot jusqu'à ce que l'amande soit à découvert ; ils arrondissent ensuite avec un canif les deux trous ainsi pratiqués, puis ils réduisent en morceaux et retirent l'amande. Le noyau ainsi préparé peut déjà leur



servir de sifflet, car, en le plaçant entre les dents et les lèvres, ils en tirent par insufflation ou par aspiration des sons très-aigus. Il leur suffit ensuite de faire pénétrer dans chacune des petites ouvertures l'extrémité d'un chalumeau sans nœuds pour que le siphon soit constitué. Quand un des chalumeaux plongera dans l'eau d'une cuvette, l'autre chalumeau s'inclinant en dehors, une simple aspiration suffira pour *amorcer* le siphon et pour déterminer un écoulement continu.

On pourrait encore plus simplement mouiller une bande de lisière ou un long bas de laine, puis faire plonger une extrémité de cette lisière dans le liquide, l'autre extrémité pendant en dehors du vase, pour que liquide s'écoulât tout à fait quoique lentement par cette seconde extrémité.

*
* *

Clepsydre ou horloge d'eau.

Le siphon va nous permettre de construire une horloge à eau des plus simples.

Faites passer à travers le bouchon d'un flacon plein d'eau un tube droit descendant profondément dans le liquide, et la plus courte branche d'un siphon très-étroit dont l'extrémité plonge un peu au-dessous. Si on souffle dans le tube droit, on amorcera le siphon et il se produira, par son extrémité libre, un écoulement uniforme d'autant moins rapide que la différence de niveau des deux tubes dans le flacon sera moindre. En recueillant le liquide écoulé dans une éprouvette graduée, on pourra mesurer le temps écoulé par la hauteur de l'eau.

*
* *

La capillarité.

Lorsqu'on plonge dans l'eau un tube très-étroit, ouvert par les deux bouts, le liquide s'élève dans le tube à une hauteur d'autant plus grande que le diamètre est plus petit. On peut constater ainsi que si le tube a 1 millimètre de diamètre, l'eau monte à 3 centimètres ; pour un diamètre de 1/10 de millimètre, elle s'élève à 3 décimètres ; enfin pour 1/100 de millimètre, à 3 mètres.

Voilà pourquoi l'eau monte rapidement dans un morceau de sucre qui ne touche pourtant sa surface libre que par un point ; pourquoi aussi la séve monte dans les plantes avec une énergie d'autant plus grande que leur tissu est plus serré.

CHAPITRE X.

LA SCIENCE DES SONS.

SOMMAIRE. — Définition de la musique. — Son influence. — Monge Malbrough et les Égyptiens. — La Marseillaise et le Ranz des vaches — Loi des combinaisons des sons. — Longueurs et vibrations des cordes. — Les sons perceptibles. — Verre vibrant seul. — La flûte de Pan, etc. — Analogie des sons et des couleurs.

La musique est le plus spiritualiste de tous les arts : d'une part, en effet, elle ne nous émeut pas comme l'architecture, la peinture et la sculpture, en nous présentant des œuvres matérielles ; d'autre part, si, comme la poésie, elle agit sur notre âme par l'intermédiaire de l'ouïe, le son du moins reste à l'état *pur* et ne devient pas la *parole*, c'est-à-dire l'expression d'une pensée ou d'une idée déterminée.

La musique ne s'adresse pas spécialement à une de nos facultés intellectuelles, mais au sentiment seul; elle saisit l'âme dans ce qu'elle a de plus intime et de plus profond, et c'est avec raison qu'on l'a définie : *l'art qui a pour but d'émouvoir l'âme par la combinaison des sons.*

Les moyens essentiels dont se sert la musique pour atteindre son but sont : la *mélodie*, qui comporte la *mesure*, et le *rhythme*, puis l'*harmonie*, qui réside dans la simultanéité de sons combinés suivant de certaines lois.

Tout le monde a ressenti à des degrés différents l'influence de la musique ; mais il faut reconnaître que, chez les natures peu cultivées, les impressions les plus vives sont plutôt causées par les souvenirs que rappelle l'œuvre musicale, par les pensées qu'elle réveille, que par les beautés particulières à l'art. Il faut que le sentiment du beau soit développé par l'étude pour que l'auditeur puisse apprécier à leur juste valeur les œuvres des grands maîtres et pour qu'il puisse atteindre aux régions sereines où le talent du compositeur, uni à l'habileté de l'exécutant, est capable de le transporter.

Lorsque Bonaparte eut soumis par la force les musulmans d'Egypte, il chercha à compléter sa victoire par le spectacle de notre civilisation, ou la propagation des œuvres de nos savants et de nos artistes. Sur l'avis de Monge, l'immortel président de l'Institut d'Egypte, on chercha à conquérir les sympathies de la population même par les charmes de la musique. Un orchestre nombreux, composé d'artistes habiles, se réunit un soir sur une des places du Caire et exécuta, en présence des dignitaires du pays et de la foule, tantôt des morceaux à instrumentation savante, tantôt des mélodies simples, suaves, tantôt, enfin, des marches militaires, des fanfares éclatantes. Soins inutiles : les Egyptiens, pendant ce magnifique concert, restèrent tout aussi immobiles que les momies de leurs catacombes; Monge s'en montrait outré.

« Ces brutes, s'écria-t-il en s'adressant aux musiciens, ne sont pas dignes de la peine que vous vous donnez; jouez-leur *Malbrough s'en va-t-en guerre*; c'est tout ce qu'ils méritent. » *Malbrough* fut joué à grand orchestre, et aussitôt des milliers de figures s'animèrent, un frémissement de plaisir parcourut la foule et l'on crut un instant que jeunes et vieux allaient se précipiter dans les vides de la place et danser, tant ils se montraient agiles et gais. « L'expérience plusieurs fois renouvelée, dit M. Arago qui rapporte cette anecdote, eut toujours le même résultat. »

La prédilection des Egyptiens pour l'air de *Malbrough* n'est pas si dépourvue de sens qu'elle le paraît tout d'abord. D'après une tradition recueillie et commentée par M. de Chateaubriand, il résulte que l'air de *Malbrough* a une origine arabe; que la chanson elle-même appartient au moyen âge; que, suivant toute probabilité, elle fut rapportée en Espagne et en France par les soldats de Jaime Ier d'Aragon et de saint Louis, et que c'était une sorte de légende d'un croisé vaillant, mais peu connu, nommé Mambron. La nourrice du fils de Louis XVI, dont l'histoire a conservé le nom, madame Poitrine, chantait un jour en berçant son royal nourrisson, les couplets que nous connaissons, et qui étaient presque aussi populaires à cette époque; Marie-Antoinette l'entendit et déclara que l'air lui plaisait assez pour qu'elle le mît à la mode, ce qui fut fait. C'est donc à tort que l'on substitue le nom du célèbre général anglais Marlborough, vainqueur de Malplaquet, à celui du véritable, mais peu connu, héros de la ballade. Les Egyptiens furent probablement émus, quand on leur joua *Malbrough*, comme l'étaient les Suisses quand ils entendaient leur *Ranz des vaches*, ou comme le sont encore les conscrits bretons au son du biniou qui leur rappelle leurs bruyères et leur clocher.

Le mathématicien Monge, qui espérait tirer les Egyptiens de leur apathie par la musique, était lui-même fort sensible à ses accents. A la suite de grands malheurs, nous rapporte encore Arago, il perdit totalement ses facultés intellectuelles, et ses amis pensèrent que rien ne pouvait produire en lui une émotion plus vive et plus salutaire à la fois que l'hymne patriotique dont les accents sublimes avaient fait vibrer si énergiquement la fibre nationale.

La *Marseillaise* produisait sur Monge des effets indicibles d'enthousiasme; aussi le général Bonaparte, son ami, manquait rarement dans les banquets diplomatiques, en présence même des Autrichiens, de faire jouer pour le savant cet hymne guerrier. Mais, sous l'influence de la maladie, la *Marseillaise* laissa Monge complètement impassible; et dès ce moment le mal fut jugé incurable.

Les Grecs estimaient que la musique devait faire partie de toute éducation libérale ; aussi apprenaient-ils tous à chanter et à jouer de quelque instrument. Chez eux, le le mot *amousikos*, sans musique, servait à qualifier un homme sans goût, sans éducation, sans instruction. Les Romains, au contraire, abandonnaient la culture de cet art aux esclaves et aux étrangers. On a souvent comparé le caractère des Français à celui des Athéniens; mais nous ressemblons beaucoup aux Romains par notre façon d'aimer la musique. Peu d'entre nous la cultivent en effet ; certaines classes de la société ont, il est vrai, l'habitude d'en entendre, mais cela ne veut pas dire de la comprendre et notre éducation est à faire sous ce rapport.

C'est à tort que l'on juge souvent l'étude des arts proprement dits incompatible avec celle des sciences. Ces deux études sont au contraire le complément l'une de l'autre et le goût trop exclusif que quelques-uns affectent pour l'une des connaissances qui rentrent dans ces deux grandes divisions est toujours le fruit d'une instruction superficielle, ou d'un préjugé qu'il faut combattre. Faut-il rappeler que le sculpteur et le peintre doivent connaître particulièrement les lois de la perspective géométrique, que pour l'architecte les constructions les plus élégantes sont aussi celles qui remplissent le mieux les conditions d'équilibre indiquées par la statique ? Nous montrerons surtout en quoi les règles de l'harmonie musicale, fixées uniquement par ce sentiment du beau que les nations délicates tiennent de Dieu, reposent sur des lois mathématiques très-simples et comment les savants ont analysé les sensations des musiciens.

Lorsque l'on affirme que le son est produit par les vibrations des corps sonores, on ne surprend personne ; tout le monde a vu les oscillations précipitées des cordes d'une harpe, d'un piano, d'une guitare, senti frémir sous le doigt le timbre que l'on venait de frapper, ou arrêté par le contact les mouvements rapides qui accompagnent le tintement des verres à boire. Mais que l'on ait pu compter ces vibrations, voilà ce qui est bien digne d'exciter la surprise et ce qui a pourtant été réalisé très-exactement par MM. Savart et Cagniard-Latour. Ce dernier physicien en particulier a résolu le problème à l'aide d'un instrument de son invention appelé *sirène* que nous ne pouvons décrire ici, et qui n'a de commun avec la divinité mythologique dont il porte le nom que la propriété de *chanter* dans l'eau; encore les airs qu'il fait entendre n'ont-ils rien d'attrayant ni de mélodieux.

Or, voici les principaux résultats de l'observation. Les sons les plus graves que l'oreille humaine puisse percevoir correspondent à 16 vibrations simples par seconde et les plus aigus à 4,000. Le *la* du diapason, usité jusqu'au 16 février 1859, correspondait à 880 vibrations simples par seconde, et celui du *diapason normal*, fixé par arrêté de ce jour, à 870 vibrations. Il est probable pourtant qu'en dehors des limites ainsi assignées, il existe encore des sons qui deviennent perceptibles dans des circonstances particulières. Des pincettes que l'on tient par la poignée et que l'on frappe de la main ne rendent aucun son ; mais qu'on les suspende à une corde qui fasse le tour de la tête en passant sur les oreilles, qu'on couvre celles-ci avec les mains et qu'on frappe ensuite les branches de métal contre un corps quelconque, le son sera parfaitement perçu, et l'on croira entendre soit les grondements d'une cloche énorme, soit les décharges répétées d'une formidable artillerie.

Mais, entre ces deux limites, il y a une infinité de sons qui se succèdent en passant par des nuances insensibles. La voix humaine est merveilleusement disposée pour saisir ces nuances ; elle possède en outre l'avantage d'émettre les sons avec un *timbre* et une *expression* que l'on ne retrouve dans aucun des instruments construits de main d'homme ; mais elle ne saurait parcourir toute la série des sons perceptibles ; elle ne peut répéter les sons les plus graves de la contre-basse ni les plus aigus du violon, c'est-à-dire que le souffle des poumons, combiné avec le jeu des muscles de la glotte et du larynx ne peut faire exécuter à l'air expulsé, sinon dans des cas très-exceptionnels, plus de 340 vibrations à la seconde (fa^2) et moins de 96 (sol^1) chez un homme, et plus de 856 (la^3) ou moins de 288 ($ré^2$) chez une femme.

De plus, ces divers sons en nombre infini, pris au hasard et énoncés soit successivement, soit simultanément, ne feront une mélodie, ou de l'harmonie, que dans un petit nombre de cas. Le sentiment est seul juge de cette question, sans doute ; mais ce qu'il y a de remarquable, c'est qu'il assemble les sons suivant une loi qui a l'analogie la plus frappante avec celle qui préside à la combinaison des corps simples dans la nature. (Voir la loi des *proportions multiples* en chimie). Cette loi peut s'énoncer ainsi : *Quand des sons se succèdent, ou s'unissent pour former une mélodie ou un accord, les nombres des vibrations qui correspondent à chacun d'eux sont dans un rapport simple.*

Le sentiment musical, par exemple, nous a appris à composer la gamme avec les sons bien connus *do*, *ré*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, *si*, *do*. Or, on peut prendre à volonté, dans la série des sons, le premier degré *do* de cette échelle, puis, le nombre des vibrations correspondant à cette note étant connu, les nombres qui correspondront aux notes suivantes de la gamme seront dans les rapports suivants :

NOTES :	do	ré	mi	fa	sol	la	si	do.
RAPP. DES VIBRATIONS :	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

C'est-à-dire que, en prenant pour type la gamme qui se trouve complétement dans les limites de la voix de l'homme, l'on aura les nombres :

NOTES :	do, ré, mi, fa, sol, la, si, do.
NOMB. DES VIBR. :	128, 144, 160, 170, 192, 214, 240, 256.

Quand la même note est produite deux fois simultanément, il y a *unisson* ; les vibrations se confondent puisqu'elles sont produites en nombre égal dans le même temps et l'on obtient l'accord le plus parfait possible

L'intervalle de *do* à *do*, qui comprend toute la gamme, est une *octave*; nous avons vu que dans ce cas l'une des notes donne par seconde 2 fois plus de vibrations que l'autre, c'est-à-dire 2 pendant que l'autre en produit 1. La coïncidence fréquente des vibrations, coïncidence que l'oreille saisit, est la cause du charme de cet accord, le plus parfait après l'unisson.

Le *sol*, d'après le tableau ci-dessus, donne *trois* vibrations pendant que *do* en donne *deux;* il peut encore y avoir *accord*, seulement la corde qui produit *sol* fera une vibration entre les deux de *do*. C'est ce qu'on nomme une *quinte* (accord de la cinquième note).

Le *fa* qui donne quatre vibrations contre trois du *do*, peut aussi fournir un accord (de quarte) agréable à l'oreille.

Le *mi* qui donne cinq vibrations quand le *do* en donne quatre (tierce); et le *la* qui en donne cinq tandis que *do* en donne trois (sixte), forment des accords moins satisfaisants.

Enfin, la *seconde* et la *septième* données par *ré* et par *si* sont tout à fait désagréables à l'oreille, parce que les rapports $\frac{9}{8}$ et $\frac{15}{8}$ des nombres des vibrations correspondant à ces notes étant trop compliqués, la coïncidence des vibrations arrive trop rarement.

C'est pour des raisons semblables que l'oreille perçoit avec plaisir *l'accord parfait majeur* ut, mi sol, *l'accord parfait mineur* la, do, mi, *l'accord de quinte diminuée* si, ré, fa, *l'accord de quinte augmentée* do, mi, la, etc.

Les nombres des vibrations d'une corde tendue sont en raison inverse des longueurs de cette corde;

NOTES :	*do*,	*ré*,	*mi*,	*fa*,	*sol*,	*la*,	*si*,	*do*.
LONGUEUR DES CORDES :	1.	$\frac{8}{9}$,	$\frac{4}{5}$,	$\frac{3}{4}$,	$\frac{2}{3}$,	$\frac{3}{5}$,	$\frac{8}{15}$,	$\frac{1}{2}$

Les fractions de la seconde ligne sont les inverses de celles que nous avons écrites pour les rapports des nombres de vibrations; toutes choses étant égales d'ailleurs, la corde qui donne le *ré* n'est donc que les 8/9 de celle qui donne le *do*; celle qui donne *mi* n'en est que les 4/5 etc. Celle qui donne le *do* de la gamme suivante en est la moitié. Les nombres des vibrations correspondant à la première note des gammes successives dans la série des sons perceptibles sont donc 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, et les longueurs correspondantes de la même corde, tendue par un même poids, qui donnerait ces nombres de vibrations, seraient $2^m,56$, $1^m,28$, $0^m,64$, $0^m,32$, $0^m,16$, $0^m,08$, $0^m,04$, $0^m,02$, $0^m,01$. On peut tenir compte de ces longueurs dans le piano et dans la harpe qui ont de grandes dimensions; mais dans le violon, la guitare, le violoncelle et la contre-basse, toutes les cordes ont la même longueur; il faut modifier le nombre de leurs vibrations par un autre procédé. Or, si deux cordes sont à *l'unisson*, qu'on soulève la première par un chevalet placé en son milieu, tandis que l'on quadruplera le poids qui tend la seconde, elles seront encore toutes deux à *l'unisson*, seulement cet unisson sera à *l'octave* du premier. Si l'on avait réduit la première corde au quart de sa longueur pour qu'il y eût encore unisson, il aurait fallu multiplier la tension de la seconde corde par 16, et ainsi de suite. Il faut aussi tenir compte du diamètre et de la densité des cordes, quand elles sont composées de substances différentes. Il est certain, en effet, que les plus grosses et les plus lourdes doivent vibrer plus lentement et donner des sons plus graves. On supplée donc à la différence de longueur des cordes dans les violons, en entourant les basses d'un fil de métal, en les fixant à des clés qui permettent d'augmenter leur tension, enfin, en appliquant les doigts, pendant l'exécution, sur divers points de leur longueur.

Le plus étendu de tous les instruments de musique est l'orgue, qui parcourt toute la série des sons perceptibles, ou qui peut avoir 9 octaves. Ensuite vient le piano; quand il a sept octaves, l'*ut* inférieur donne 32 vibrations; celui de 6 octaves 1/2 commence par le *fa* de 43 vibrations. La grosse corde d'un violon donne le *sol* de 192 vibrations, etc.

On conçoit qu'il nous faudrait consacrer à ces questions une étendue plus considérable que celle d'un simple chapitre pour les traiter complétement; nous sommes donc obligés de nous arrêter dans cette voie en nous bornant aux observations suivantes :

On peut faire une gamme, construire une flûte de Pan par exemple, en mettant à côté l'un de l'autre sept tuyaux dont les longueurs soient entre elles comme les nombres

$$1, \quad \frac{8}{9}, \quad \frac{4}{5}, \quad \frac{3}{4}, \quad \frac{2}{3}, \quad \frac{3}{5}, \quad \frac{8}{15}.$$

Si les tuyaux sont fermés, ils donneront, à longueur égale, des sons qui seront à l'octave au-dessous des sons produits par les tuyaux ouverts.

Deux cordes, montées à l'unisson à une petite distance l'une de l'autre, vibrent toutes deux quand on pince l'une d'elles. Il en est ainsi d'ailleurs des corps sonores capables de produire par le choc une note déterminée lorsque cette note se fait entendre auprès d'eux. On peut ainsi faire vibrer un verre à pied sans le toucher, en poussant un cri qui soit à l'unisson du bruit que produirait le verre, ou en parcourant sur un violon la série des sons jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la note cherchée.

Les noms des notes ont été tirés par l'Arétin des premières syllabes de chaque hémistiche de l'hymne de saint Jean :

> *Ut* queant laxis, *Re*sonare fibris,
> *Mi*ra gestorum, *Fa*muli tuorum,
> *Sol*ve polluti *La*bii reatum
> *S*ancte *J*oannes

Bien que la musique constitue à un certain point de vue une branche de la physique, et que des savants se soient appliqués à l'étudier comme telle, il faut reconnaître que ces savants n'ont jamais été rangés au nombre des artistes. C'est qu'il y a loin de la connaissance et de la juste appréciation des faits à leur exécution. Le chimiste sait les poids de carbone, d'azote, d'oxygène et d'hydrogène qui entrent dans un grain de blé ; mais il est impuissant à constituer de toutes pièces un de ces grains. Le médecin connaît le mécanisme du corps humain, il voit où est le siége de la vie, comment les sensations se transmettent au cerveau, et comment les mouvements s'exécutent; mais il ne saurait animer ce corps une fois qu'il est réduit à l'état de cadavre, bien que le scalpel lui fasse voir qu'il ne manque aucun organe indispensable. C'est que c'est l'âme qui fait l'homme, et l'inspiration qui fait l'artiste, et que toutes deux échappent à l'analyse. Vouloir connaître par quel procédé la musique habilement jouée fait éprouver un sentiment de joie ou de tristesse, c'est se demander quelles sont les relations de l'âme et de la matière, se poser le problème contre lequel viennent se heurter fatalement les savants qui prétendent toujours remonter des effets aux causes, problème dont Dieu, comme pour manifester sa présence, s'est réservé le secret.

Depuis l'antiquité on cherche à connaître la nature de la lumière et celle de la chaleur. On peut dire aujourd'hui que cette question est résolue, et que si un pareil résultat a pu être obtenu, c'est parce qu'on a parfaitement reconnu ce qu'était le son. Nous savons en effet que ce dernier phénomène est produit par des vibrations de l'air. Un diapason vibrant, par exemple, transmet à l'air qui l'entoure des ondulations qui se propagent de tous côtés avec une rapidité déterminée, viennent frapper la membrane du tympan, ébranlent le nerf acoustique, et éveillent dans le cerveau la sensation du son. Un sourd qui plonge la main dans une cloche au moment où elle rend un son, sent, par l'intermédiaire des nerfs du toucher, ces tremblements qui, lorsqu'ils viennent frapper le nerf acoustique d'une oreille saine, se traduisent en son. Il y a plusieurs manières de rendre visibles ces vibrations sonores, nous en avons indiqué un en parlant de la *syrène;* ce n'est qu'après des expériences analogues que les physiciens ont adopté complétement la conviction que ce que nous ressentons comme son n'est en dehors de nous qu'une vibration de l'air. Ce fait une fois établi, on se demanda si la lumière ne serait pas produite par une agitation du nerf optique. Newton supposait des molécules lumineuses traversant les humeurs de l'œil et venant frapper la rétine; mais cette théorie longtemps soutenue par l'autorité du nom de l'homme illustre qui l'avait établie, ne subsiste plus aujourd'hui. Des expériences bien plus concluantes que celles qui purent être exécutées par le savant physicien, ont prouvé que la lumière comme le son, est due à un mouvement ondulatoire d'un fluide particulier répandu dans tout l'univers auquel on donne le nom d'*éther*.

L'existence de ce fluide insaisissable explique les phé nomènes bien plus variés et bien plus compliqués que ceux sur lesquels Newton avait basé l'existence de la gravitation universelle. La découverte de l'existence de ce fluide est l'exemple le plus étonnant de la production d'une pensée sortie du monde des sens pour entrer dans la région de la pure imagination.

De même que les ondes de l'air mises en mouvement par un diapason nous permettent d'en entendre les vibrations, ainsi les ondulations de l'éther parties du soleil, des étoiles ou même de nos lampes, nous rendent visibles ces corps éclairants. Mais ces ondulations sont si petites, qu'il en faudrait de 60,000 à 120,000 placées bout à bout pour couvrir un espace de 5 centimètres. Leur nombre cependant est une compensation de leur petitesse Des trillions de ces ondulations sont entrées dans notre œil en l'espace d'une seconde. Le rouge, qui vibre le plus lentement, fait 480 billions de vibrations par seconde. Ces nombres, à cause de leur grandeur même, sont de nature à élever quelques doutes dans l'esprit; cependant, à part quelques erreurs relativement très-petites dont ils peuvent être entachés, on peut les regarder comme exacts.

Tel est le résultat certain des recherches modernes, résultat qui n'a pu être soupçonné et atteint que parce qu'on a d'abord étudié avec soin le mode de propagation du son et qu'on est parvenu à mesurer la dimension et la vitesse des ondes sonores.

Nous avons vu que le ton d'une note de musique dépend de la rapidité des vibrations ou, en autres termes, de la longueur des ondes. Le *ton* de la note correspond à la couleur de la lumière. Ainsi tout le monde sait qu'en faisant passer un faisceau de lumière blanche à travers un prisme triangulaire de verre, on obtient une image colorée nommée spectre solaire. A une extrémité de ce spectre, nous avons une lumière rouge, à l'autre extrémité une couleur violette ; entre les extrémités se trouvent toutes les autres couleurs de l'arc-en-ciel. En nous avançant du rouge au violet, le *ton* de la lumière devient plus élevé, la sensation du violet étant produite par une succession d'ondulations plus rapide que celle qui produit l'impression du rouge. Les vibrations du violet ne sont pas tout à fait deux fois aussi rapides que celles du rouge, en d'autres termes l'étendue du spectre visible ne comprend pas tout à fait une octave.

Notre oreille, lorsqu'elle est exercée à percevoir les sons, arrive à acquérir une habileté merveilleuse dans l'appréciation du nombre des vibrations de deux sons différents. Ainsi, le physicien Seebeck, qui s'occupa beaucoup d'acoustique, avait deux diapasons dont il avait déterminé scientifiquement le nombre de vibrations; pendant que l'un d'eux faisait 1,200 vibrations, l'autre en exécutait 1,201; cet intervalle, exprimé en langage musical, comporte un quinzième de comma. Seebeck distinguait lui-même l'un de ces sons de l'autre, et deux musiciens auxquels il les fit entendre n'hésitèrent pas un instant à déclarer lequel des deux sons était le plus aigu. Nous ferons remarquer pourtant que tous les musiciens ne possèdent pas cette finesse de l'ouïe ni surtout une délicatesse parfaite du sens musical, et nous en trouvons la preuve dans le fait suivant.

Les tons ne se partagent pas exactement en demi-tons égaux, bien qu'on le dise communément. Le *ré dièze* n'est pas la même chose que le *mi bémol*, et les chanteurs tiennent parfaitement compte de la différence, puisque dans la gamme dite *chromatique*, la voix parcourt successivement de l'ut à l'ut toutes les notes de la gamme, en intercalant les sons que donnent ces mêmes notes *diézées* ou *bémolizées*. C'est que la voix est un instrument parfait et que, pour son usage comme pour celui du violon et des instruments à son variable, on peut tenir compte des nuances. Mais sur les instruments à son fixe on est obligé de les négliger, et c'est probablement cette circonstance, autant que l'usage immodéré que l'on fait de nos jours du piano, qui rend cet instrument si désagréable. Ici en effet les *dièzes* sont trop élevés et les *bémols* trop baissés; on agit ainsi pour qu'ils se confondent en une seule note et cette altération des sons prend le nom de *tempérament*.

En partageant l'octave en douze parties égales comme l'a proposé un physicien, on aurait entre la gamme vraie et la gamme tempérée la différence suivante :

	ut	ré	mi	fa	sol	la	si	ut
Gamme vraie :	0	2,04	3,86	4,98	7,02	8,84	10,88	12.
— tempérée :	0	2	4	5	7	9	11	12

L'oreille souffre ces altérations quand elles sont faibles, mais elle les tolère plutôt qu'elle ne les admet.

La même délicatesse qu'un musicien acquiert à distinguer deux sons très-rapprochés se trouve chez le peintre habitué à composer des nuances. La lumière rouge et la lumière bleue, par exemple, ne diffèrent que parce que dans l'une les vibrations s'exécutent plus rapidement que dans l'autre. Et si, en comparant la série des couleurs de l'arc-en-ciel avec les sons de la gamme, nous prenons le rouge, dont le nombre des vibrations est moindre, pour le son fondamental, le jaune tombe un peu en deçà de la tierce mineure; le vert répond à la tierce majeure; le bleu à la quarte, le violet à la quinte; le violet extrême qu'on distingue encore nettement correspond à la sixte mineure et si, le nombre des vibrations du violet extrême n'étant que le double du même nombre pour le rouge extrême, nous ne percevons ainsi qu'une *octave* dans les couleurs, cela tient à ce que les perceptions de notre œil sont limitées, de même que notre oreille ne perçoit pas de sons lorsque les corps produisent moins de 16 vibrations, ou plus de 4,000 par seconde. Des expériences que nous ne pouvons rappeler ici ont prouvé en effet que l'éther est capable d'exécuter encore des vibrations qui s'étendent au delà de l'intervalle que nous indiquons ; il fait surtout beaucoup de vibrations plus lentes que celles du rouge le plus sombre.

Si, d'autre part, l'on considère l'analogie qui existe entre le mode de propagation de la chaleur et celui de la lumière, on sera porté à croire que ces deux phénomènes ont une cause identique. Cette hypothèse deviendra une certitude si l'on considère que en frottant deux corps l'un contre l'autre ils s'échauffent, que les outils, le foret et la scie, par exemple, acquièrent pendant le travail une température si élevée qu'on ne peut les toucher, que l'eau s'échauffe lorsqu'elle est agitée, faits qui sont inexplicables si l'on considère la chaleur comme un corps, et qui, au contraire, ne nous surprennent plus si nous la supposons le résultat d'un mouvement vibratoire des molécules des corps.

En résumé, ces mêmes vibrations de l'air qui produisent le son, donneront de la chaleur et de la lumière si elles s'exercent sur le fluide particulier répandu dans tout l'univers et que l'on nomme éther, et inversement ce son, cette chaleur et cette lumière pourront à leur tour être transformés en mouvement.

Nous n'irons pas plus loin dans l'exposé des analogies du son, de la lumière et de la chaleur ; nous ne chercherons pas non plus à prouver l'identité de la lumière, de la chaleur et du mouvement, bien que les preuves à l'appui soient irrécusables. Mais nous devions au moins indiquer cette magnifique conception de la science moderne. Quelques personnes trouveront peut-être que ces considérations sont un peu abstraites, et l'on demandera quelle est l'application pratique de ces travaux purement spéculatifs. Tout d'abord nous répondrons que les gens qui ne demandent à la science que des usages pratiques, oublient, ou ne savent pas qu'elle aussi est excellente comme moyen d'éducation ; que la connaissance de ce merveilleux univers est une chose profitable en elle-même, et qu'il n'est besoin d'aucune application pratique pour justifier cette étude.

Mais à côté de ce bien intellectuel produit par les études qui ne semblent pas avoir pour but immédiat une application utile, vient tôt ou tard se placer le bien matériel, car l'histoire est là pour attester que les plus grands triomphes pratiques n'ont été que des épisodes de la recherche des vérités naturelles. L'électricité ne fut pendant bien des siècles qu'un sujet d'amusement ou de discussions plus ou moins scientifiques. Galvani croit un moment avoir trouvé le fluide vital et Volta répond à son hypothèse erronée en construisant sa pile ; nous n'énoncerons pas toutes les découvertes utiles, pratiques, industrielles qui furent les conséquences forcées de la lutte pacifique qui s'engagea sur la nature et sur le mode de production et d'action du fluide électrique.

Il y a cent ans à peine, le chimiste suédois Scheele annonce que la lumière décompose le chlorure d'argent. Cette découverte n'avait certes rien d'utile, mais sans elle, aurions-nous aujourd'hui la photographie, c'est-à-dire une invention qui, pour Paris seulement, a produit un commerce de 24 millions ? Qu'on en soit bien convaincu : la théorie scientifique la plus abstraite porte en elle le germe d'une application, tout aussi bien, comme on le dit quelquefois, que chacun de nos soldats porte dans sa giberne son bâton de maréchal.

CHAPITRE XI

EXPÉRIENCES DIVERSES.

Sommaire. — Les changements de couleur. — Les encres de sympathie. — Les violettes blanches. — Le vin rouge devenu blanc. — Le feu éteint par le feu. — Le feu sortant de l'eau. — Volcan artificiel. — Serpents de Pharaon. — Arbres de Saturne et de Diane. — Le fer cuivré. — L'œuf dans la carafe, etc. — Poudres explosibles et mélanges détonants.

Le chimiste suédois Scheele découvrit l'oxygène, le chlore et le manganèse en traitant la magnésie noire (peroxyde de manganèse) par divers réactifs ; c'est en chauffant dans un creuset cette même substance mélangée avec de la potasse qu'il obtint le *caméléon minéral*. Si l'on prend un peu de cette poudre calcinée et qu'on la fasse dissoudre dans l'eau, on obtient une liqueur verte qui justifie bien son nom par ses propriétés singulières : l'addition d'une petite quantité d'eau la fait en effet passer successivement du vert au brun, au violet, puis au rouge ; les acides même les plus faibles produisent plus rapidement encore cet effet. Si dans la liqueur violette obtenue par un acide, on verse un alcali, de l'ammoniaque ou de la potasse par exemple, on verra aussitôt reparaître la couleur verte qui pourra à son tour disparaître encore par une nouvelle addition d'acide.

Tout le monde pourra répéter cette expérience sans recourir à la poudre de Scheele ; un grand nombre de matières colorantes organiques sont en effet altérées de manières différentes par les acides et les bases. Qu'on fasse, par exemple, une dissolution à froid de teinture de tournesol du commerce dans de l'eau ; le liquide prendra une teinte bleue violacée. Il suffira d'une goutte d'acide, (huile de vitriol, eau forte, vinaigre, etc.) pour faire passer cette liqueur au rouge, puis d'une goutte d'oxyde ou de base (ammoniaque, potasse, chaux) pour la ramener au bleu ; ainsi de suite alternativement.

La teinture jaune de curcuma, au contraire, n'est pas altérée par les dissolutions acides, mais elle est rougie par les dissolutions basiques.

La teinture violette des infusions de violettes est rougie par les acides et verdie par les bases.

Ces caractères particuliers qui peuvent donner lieu dans un salon ou dans une salle de spectacle à des expériences surprenantes, sont les premiers auxquels recourent les chimistes pour distinguer les acides des oxydes ainsi que nous l'avons dit dans une autre partie de ce livre. Une décoction de noix de galle ou une dissolution de tannin dans l'eau donne un liquide incolore et transparent. Une dissolution de sulfate de fer dans l'eau (vitriol vert du commerce) est aussi incolore ; mais le mélange de ce dernier liquide avec l'un des deux premiers, forme immédiatement un liquide d'un noir très-fixe · c'est à peu près notre encre ordinaire.

Ces changements de couleur de certains liquides sont caractéristiques aux yeux des chimistes et leur servent à déterminer la nature des dissolutions salines qui leur sont soumises. Nous donnons ici quelques exemples :

Une dissolution verdâtre d'un sel de protoxyde de fer donne avec la potasse ou la soude, un précipité blanc qui passe rapidement au vert, puis au jaune.

Avec le sulfhydrate d'ammoniaque, le précipité est noir ; c'est du sulfure de fer qui se forme.

Une dissolution jaune d'un sel de sesquioxyde de fer, dans laquelle on verse une dissolution jaune de cyanoferrure de potassium, devient immédiatement d'un bleu intense. Le précipité qui se dépose au fond du verre à expérience est le *bleu de Prusse.*

Une dissolution limpide et incolore d'un *sel d'étain*, dans laquelle on verse une dissolution également incolore d'acide sulfhydrique prend immédiatement une teinte brun foncé. Avec du chlorure d'or, substance très-employée maintenant par les photographes, on obtient une couleur rouge connue sous le nom de *pourpre de Cassius*.

Une dissolution bleue ou verdâtre d'un *sel de cuivre* mêlée à une dissolution jaune de cyanoferrure de potassium prend d'abord une nuance pourprée, puis passe au brun marron. Avec l'ammoniaque, la liqueur prend cette belle teinte bleue que le public peut admirer dans les grands bocaux que les pharmaciens ont toujours soin d'exposer à la devanture de leur officine (Boutet). Cette nuance est le *bleu céleste* du commerce.

Les sels de plomb dissous dans l'eau blanchissent au contact de la potasse et de la soude et noircissent avec l'acide sulfhydrique. Avec le chromate de potasse, ils donnent un précipité de chromate de plomb d'un très-beau jaune.

Une dissolution incolore ou légèrement jaune d'un sel de protoxyde de mercure devient noire, si l'on y verse une dissolution de potasse, de soude, d'ammoniaque, d'acide sulfhydrique. Elle se trouble et donne un précipité blanc si l'on y verse de l'acide chlorhydrique verdâtre avec de l'iodure de potassium.

Les sels de bioxyde de mercure également incolores ou jaunes, dissous dans l'eau, donnent avec le cyanoferrure de potassium un précipité blanc qui se colore ensuite en bleu au contact de l'air. L'acide sulfhydrique fait passer cette même liqueur au noir et l'iodure de potassium au rouge vif.

Les sels d'argent forment avec la potasse et la soude un précipité brun ; avec l'acide sulfhydrique un précipité noir ; avec le chromate de potasse un précipité rouge brique; avec l'acide chlorhydrique un précipité blanc caillebotté qui, sous l'action de la lumière, passe d'abord au bleu, puis au noir.

Tous les sels d'argent jouissent de cette propriété de noircir à la lumière. Ce fait a servi de point de départ pour la découverte de la *photographie*.

*
* *

Encres de sympathie.

On désigne sous ce nom des liquides avec lesquels on trace des caractères d'abord invisibles, qui apparaissent ensuite, soit lorsqu'on chauffe au-dessus d'un fourneau le papier sur lequel ils sont tracés, soit lorsqu'on soumet ce papier à l'action de certains agents chimiques.

Les encres sympathiques les plus simples ne sont que du suc d'oignon, de navet, de citron, ou d'orange; on peut remplacer ces sucs par du vinaigre blanc, du sirop de sucre très-étendu d'eau, de l'eau acidulée et en général par un suc végétal quelconque renfermant un peu de gomme et de sucre. Dans tous les cas, sous l'action de la chaleur, le suc végétal se calcine avant le papier et laisse une empreinte charbonneuse.

Les caractères tracés avec une dissolution d'acétate de plomb noircissent quand on les met en contact avec de l'acide sulfhydrique ou du sulfhydrate d'ammoniaque.

Écrivez avec une légère dissolution de sulfate de fer, passez sur le papier desséché un pinceau imbibé de cyanure jaune de potassium et vous aurez des lettres bleues. S'il est imbibé d'une décoction de noix de galle, vous aurez des lettres noires.

Écrivez avec du sulfate de cuivre et exposez le papier au-dessus d'un vase contenant de l'ammoniaque (alcali volatil,) vous aurez des lettres bleues. Si vous mouillez avec du cyanure jaune de potassium, l'écriture paraîtra cramoisie.

Écrivez avec une dissolution de chlorure d'or; mouillez avec un pinceau trempé dans une dissolution d'un sel d'étain, vous aurez des lettres d'une couleur pourpre.

La plus jolie des encres sympathiques se compose d'une dissolution de chlorure de cobalt dans une assez grande quantité d'eau. Les caractères tracés sont invisibles à froid; mais si l'on chauffe légèrement le papier, ils apparaissent en bleu; le chlorure de nickel donnerait une nuance jaune et le chlorure de fer une teinte verte. Ces nuances disparaissent par le refroidissement et reparaissent à volonté si l'on chauffe de nouveau; sous l'action d'une chaleur trop forte l'encre serait fixée. On peut varier et augmenter le nombre des nuances en faisant intervenir d'autres chlorures et même d'autres sels. Un paysage, par exemple, dessiné à l'encre noire ordinaire et représentant une vue d'hiver figurera un paysage d'été et s'animera des productions et des vives couleurs qui caractérisent cette saison, si on le chauffe après avoir dessiné les feuilles et l'herbe avec un mélange d'abord invisible de chlorure de cobalt et de nickel; les bois et les fleurs rouges avec du nitrate de cobalt; les fleurs jaunes avec du chlorure de cuivre; les fleurs bleues et certaines parties du ciel avec du chlorure de cobalt.

*
* *

Substances décolorantes.

Le chlore et l'acide sulfureux ont la propriété de détruire les couleurs; aussi ces substances sont-elles employées dans les arts pour blanchir les étoffes et pour les détacher.

Si l'on expose pendant quelques instants une rose ou un bouquet de violettes à l'action du chlore ou aux vapeurs qui se dégagent du soufre enflammé, on verra bientôt ces fleurs perdre leurs nuances particulières et devenir complétement blanches.

Le charbon est à la fois décolorant et désinfectant ; on a proposé de conserver en été la viande fraîche en l'enveloppant d'une couche de charbon pilé ; les filtres au charbon sont bien préférables aux pierres poreuses que l'on a l'habitude de placer dans les fontaines des ménages : non-seulement le charbon pulvérisé ne laisse pas passer les impuretés contenues dans l'eau et la clarifie, mais en outre, il absorbe les gaz délétères qu'elle tient en dissolution.

Si l'on filtre du vin rouge à travers du charbon animal pulvérisé, ce vin deviendra blanc et l''on aura accompli une transformation capable de surprendre les personnes qui ignorent les propriétés que nous venons de faire connaître ; mais nous devons ajouter que le vin blanc ainsi obtenu aura contracté un goût désagréable. Il n'aura conservé que sa composition chimique et non plus sa saveur ; de même que nos violettes blanchies au chlore avaient perdu tout parfum.

***

Le feu éteint par le feu.

On éteint le plus souvent les feux de cheminée en bouchant les issues qui donnent accès à l'air dans le foyer. Ce moyen est très-rationnel, puisque l'oxygène de l'air est indispensable à la combustion et qu'on l'arrête ainsi au passage. Mais on peut arriver au même résultat en projetant sur le foyer une forte poignée de fleur de soufre ; il se dégage en effet de cette petite masse de combustible d'abondantes fumées d'acide sulfureux qui remplissent le tuyau ascensionnel et qui circonscrivent immédiatement l'incendie dans le foyer où il a pris naissance.

*
* *

Le feu sortant de l'eau.

Nous avons déjà vu dans le chapitre intitulé *l'eau* que ce liquide n'éteint pas toujours le feu, qu'il l'alimente quelquefois et qu'il peut même fournir de la lumière.

Un fragment de potassium, métal très-avide d'oxygène, jeté sur l'eau décompose ce liquide et nage à sa surface en brûlant avec une belle flamme violette.

Nous rappellerons encore une expérience qui met en contact ces deux principes que l'on considère comme si opposés et si incompatibles.

Projetez quelques grains de phosphure de chaux dans un verre rempli d'eau. Immédiatement, il se dégagera du fond du verre des bulles d'un gaz, l'hydrogène phosphoré, qui viendront éclater à la surface et qui s'enflammeront spontanément à l'air. Ces bulles se résoudront alors en petites auréoles de fumée qui s'élèveront en tourbillonnant d'une manière toute particulière. Cette expérience se répète en grand dans la nature lorsque des cimetières et des marécages se dégagent les gaz provenant de la décomposition des corps organisés. L'inflammation spontanée de ces gaz produit les lueurs fugitives connues sous le nom de *feux-follets.*

*
* *

Volcan artificiel.

Certains corps simples mis en présence les uns des autres se combinent avec une grande énergie, le fer et le soufre en offrent un exemple remarquable.

Formez une pâte avec de la limaille de fer, de la fleur de soufre et de l'eau, puis enterrez une assez forte masse de cette pâte à une profondeur de quarante ou cinquante centimètres et comblez le trou avec de la terre bien tassée. Le fer et le soufre se combineront rapidement en dégageant de la chaleur et, au bout d'un temps assez court, la terre superposée sera soulevée et projetée à une petite distance en même temps que, à travers les fissures du sol, se dégageront des vapeurs chargées de soufre.

***

Serpents de Pharaon.

Il y a une dizaine d'années, le chimiste allemand Vohler avait remarqué et annoncé que le sulfocyanure de mercure donnait en brûlant un résidu qui occupait un volume plus de cent fois plus grand que celui du sel employé ; mais il n'avait imaginé de tirer aucun parti de cette curieuse observation. Or, quelques industriels ont eu la fructueuse idée d'utiliser, au grand avantage de leur bourse, cette simple remarque du savant en livrant au commerce de petites masses de sulfocyanure de mercure mélangé à du nitrate de potasse. Ces petites masses brûlent lentement en produisant des boursouflements d'un jaune verdâtre contournés en tous sens et d'un volume considérable. Les développements bizarres ainsi obtenus peuvent rappeler, l'imagination aidant, les évocations de serpents que les magiciens de Pharaon faisaient en présence de leur maître pour lutter de puissance avec le libérateur des Hébreux. Que ceux de nos lecteurs qui auront ces jouets entre les mains prennent garde à eux ; si ces serpents ne mordent pas, ils sont composés d'un poison énergique et les vapeurs qu'ils répandent sont très-délétères.

***

Fabrication artificielle de la glace.

Nos grandes villes sont toujours abondamment pourvues de glaces en été parce que l'on a soin d'y recueillir pendant l'hiver et de mettre en réserve dans des locaux spéciaux appelés *glacières* la plus grande quantité possible de celle qui s'est formée sur les lacs et les cours d'eau qui avoisinent ces villes. Si d'ailleurs l'hiver n'a pas été suffisamment rigoureux, on fait venir aisément, par les chemins de fer, des pays dont le climat a été moins hospitalier, des chargements suffisants de cette denrée devenue indispensable.

Mais dans les endroits isolés, dans les campagnes et dans les petites villes qui ne possèdent pas de glacières, il peut être bon de se procurer au besoin cette substance à la fois agréable pour le goût et souvent utile comme médicament. Nous allons indiquer les procédés employés pour la fabriquer artificiellement.

Toutes les méthodes employées pour produire la glace sont fondées sur ce principe : quand on met un sel en contact avec un corps qui a beaucoup d'affinité pour lui, ces deux corps se fondent pour se combiner et empruntent par conséquent aux corps voisins la chaleur nécessaire pour opérer cette transformation.

Ainsi lorsqu'on fait fondre simplement du sel de cuisine (*chlorure de sodium*) dans de l'eau, la température de cette eau s'abaisse. Le sel est en effet très-avide d'eau et sa fusion forcée exige une grande quantité de chaleur.

De même, l'acide sulfurique absorbe l'eau avec beaucoup d'énergie. Si l'on verse une petite quantité de cet acide sur quatre fois son poids de glace, celle-ci se fondra pour se combiner avec l'acide; il y aura d'abord une assez forte élévation de chaleur comme dans toutes les actions chimiques; mais cette chaleur ne suffira pas pour faire fondre toute la glace; celle-ci en empruntera aux corps voisins et les refroidira au-dessous de la température de congélation de l'eau.

Pour les mêmes raisons, on obtient un froid très-intense en mélangeant à poids égaux du sel marin et de la glace pilée ou de la neige, ou bien du chlorure de calcium et de la glace. Ce sont là les préparations qui servent dans les cafés pour obtenir les *carafes frappées* et pour faire geler les crêmes aromatisées que l'on y débite sous le nom de *glaces* et de *sorbets*.

Mais nous paraissons faire un cercle vicieux lorsque nous disons : pour faire de la glace prenez de la glace. Il est vrai que dans la pratique on ne fait guère autrement, et c'est ce qui justifie nos indications précédentes. On peut pourtant obtenir de la glace *a priori* de la manière suivante.

Supposons qu'il s'agisse de faire congeler l'eau contenue dans une carafe, ou, suivant l'expression consacrée, de *frapper* une carafe. Nous la placerons d'abord dans un seau de bois, ou dans un vase de verre ou de terre qui l'enveloppera complétement, de sorte que le goulot seul dépasse les bords. Nous verserons ensuite dans le seau, jusqu'à la moitié, de l'eau fraîche récemment tirée d'un puits ou venant d'une cave dont la température est peu élevée. Enfin nous remplirons le seau avec de l'azotate d'ammoniaque; au bout d'un quart d'heure la congélation de l'eau dans la carafe sera complète.

L'azotate d'ammoniaque se trouve assez difficilement dans le commerce, parce que ses usages sont peu nombreux. On pourra le remplacer par le *sel ammoniac* (chlorhydrate d'ammoniaque des chimistes), qui est à bon marché et très-commun. Mais l'abaissement de température étant moindre, il sera bon de mettre la carafe dans un premier seau en fer-blanc et celui-ci dans le seau en bois. On versera l'eau fraîche jusqu'à moitié dans chacun des deux vases ; puis l'on mettra du sel ammoniac dans le vase extérieur et ensuite dans le vase intérieur. La congélation avec cette disposition sera rapidement obtenue.

On pourra aussi prendre pour mélange réfrigérant : 8 de sulfate de soude et 5 d'acide chlorhydrique (*esprit de sel* du commerce).

Il y a beaucoup d'appareils construits spécialement à l'usage des ménages pour fabriquer la glace avec l'un des mélanges que nous venons d'indiquer. Les fabricants vendent aussi les doses de substances les plus convenables pour obtenir le résultat désiré ; mais l'appareil le plus ingénieux est certainement celui qui a récemment été inventé par M. Carré. Nous ne pouvons nous dispenser d'en indiquer succinctement la disposition et la théorie.

L'appareil Carré consiste en deux vases de métal très-résistants, se fermant hermétiquement et communiquant seulement entre eux par un long tube de cuivre qui se lie à leur couvercle. Dans le premier vase que nous désignerons par A se trouve une dissolution de gaz ammoniac dans l'eau (ammoniaque liquide), et dans le second l'on a placé, dans un récipient bien bouché, le liquide à congeler. Si l'on place un fourneau sous le vase A, le gaz ammoniac se dégage de sa dissolution à mesure que la température s'élève ; mais comme l'espace dans lequel il se répand est très-limité, puisque l'appareil est parfaitement clos de toute part, il arrive un moment où il se liquéfie dans le vase B sous sa propre pression. Quand cet effet est produit, on retire brusquement le fourneau mis en A. L'ammoniaque liquéfié en B repasse alors très-vivement à l'état gazeux pour venir de nouveau se dissoudre dans l'eau contenue en A. Ce passage brusque de l'état liquide à l'état gazeux produit en B un froid intense et congèle le liquide que l'on y avait placé à cette intention.

L'expérience peut être recommencée ainsi indéfiniment sans qu'il y ait déperdition d'ammoniaque et sans nécessiter d'autre dépense que celle qu'entraîne l'alimentation du fourneau.

Cette fabrication de la glace au moyen du feu est certainement la plus surprenante de toutes celles que nous avons indiquées. Elle est aussi la plus économique si l'on doit produire de grandes quantités de glace.

*
* *

Les dissolvants.

La Bible raconte que Moïse, après avoir reçu sur le Sinaï les tables de la loi, entra dans une sainte colère en retrouvant le peuple hébreu prosterné devant le veau d'or. Il brisa ces tables précieuses sur lesquelles il venait d'inscrire les ordres de Dieu, fit passer au fil de l'épée une grande partie des coupables et contraignit le reste à boire un liquide dans lequel il avait fait préalablement dissoudre l'idole d'or.

Quel était ce liquide, se sont demandé les chimistes modernes? Tous leurs efforts ont échoué jusqu'à ce jour devant la solution de cette question. L'or potable n'est pas encore découvert; on ne saurait en effet donner ce nom à la dissolution de perchlorure d'or dans l'éther autrefois employée en médecine, et c'est après bien des essais qu'on est parvenu à trouver un dissolvant du *roi des métaux* dans *l'eau régale*. Mais quel corrosif énergique que ce mélange d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique!

La reine d'Egypte, Cléopâtre, que sa beauté, son luxe et ses malheurs ont rendue célèbre, avala, dit-on, dans un festin et dans le seul but de dissiper en un instant une somme considérable, une pierre précieuse qu'elle fit dissoudre dans du vinaigre.

Annibal se serait de même frayé une route à travers les Alpes en répandant sur les rochers qui s'opposaient à la marche de son armée du vinaigre bouillant. Ce sont là certainement des fables acceptées par les contemporains ignorants, mais qui ne sauraient être admises de nos jours; les pierres précieuses aussi bien que les rochers résistent au vinaigre et ne sont attaqués que par les acides les plus énergiques. Il faut reconnaître pourtant que les marbres, la craie, la nacre, les perles, et en général toutes les substances qui sont en grande partie constituées par le carbonate de chaux, produisent une vive effervescence au contact du vinaigre. Mais le diamant et le caillou ne sont pas altérés par cet acide.

Les coques d'œuf sont aussi composées de carbonate de chaux; on peut profiter de cette propriété pour résoudre un problème qui, de prime abord, peut sembler impossible : faire entrer un œuf dans une carafe sans le casser. On laissera, à cette effet, séjourner l'œuf pendant plusieurs heures dans du vinaigre fort; toute la partie calcaire et solide de la coque sera bientôt dissoute, et l'enveloppe se réduira à une pellicule mince, flexible et suffisamment résistante.

L'introduction de l'œuf dans la carafe sera alors très-aisée.

*
* *

Transformation des métaux

L'air humide agit, aux températures ordinaires, sur presque tous les métaux; ainsi le fer, qui, dans l'oxygène pur et sec, peut se conserver indéfiniment sans altération, s'oxyde très-rapidement à l'air humide en formant ce corps bien connu vulgairement sous le nom de *rouille*. Mais si ce métal est mis en contact avec un autre métal plus altérable formant avec lui un *couple voltaïque* ou un élément de pile électrique, l'oxygène se porte sur ce nouveau corps et le premier est préservé. Tel est le fer dont la surface est recouverte d'une couche de zinc et qui porte le nom de *fer galvanisé* ; tel est aussi le cuivre employé au doublage des navires], lorsqu'une épaisse lame de zinc a été appliquée sur un point de cette enveloppe métallique.

L'acide carbonique de l'air facilite aussi cette oxydation des métaux. Ainsi, les statues de bronze se recouvrent à la longue d'une couche de carbonate de cuivre vert-foncé ; les couvertures de plomb et de zinc se recouvrent lentement de carbonate de plomb ou de zinc. Mais ces oxydations ne sont que superficielles, et la pellicule qui se forme tout d'abord protége les parties intérieures. Le mercure, l'or, l'argent, le platine ne s'altèrent pas à l'air, aux températures ordinaires. Cette propriété en même temps que la rareté de ces métaux les a fait considérer de tout temps comme précieux et utiliser pour la fabrication des bijoux, des monnaies et des médailles.

*
* *

La pile électrique décompose tous les sels. Pour mettre ce phénomène en évidence, on prend un tube en forme de V que l'on remplit d'une dissolution concentrée de sulfate de soude. On colore cette dissolution avec du sirop de violette, puis on plonge dans chacune des branches l'une des extrémités des deux fils qui constituent les pôles de la pile. Le courant électrique en passant à travers la dissolution décompose le sulfate de soude, et la liqueur devient rouge au pôle positif vers lequel se porte l'acide, tandis qu'elle devient verte dans l'autre branche où se rend la base. Cette séparation se maintient tant que dure l'action de la pile ; mais si on enlève les fils, le sulfate de soude se reconstitue peu à peu et la dissolution reprend sa couleur violette.

Si le courant est énergique, les oxydes métalliques sont même décomposés, et l'oxygène se rend au pôle positif tandis que le métal se porte au pôle négatif. C'est sur ce principe que reposent les procédés de galvanoplastie, de dorure et d'argenture usités de nos jours dans l'industrie.

*
* *

Une lame de fer ou de zinc plongée dans une dissolution d'un sel d'étain précipite ce métal sous forme de paillettes cristallines qui reprennent l'éclat ordinaire du métal sous l'action du brunissoir.

*
* *

Une lame de fer plongée dans une dissolution bleue d'un sel de bioxyde de cuivre se recouvre aussitôt d'une mince couche rouge de cuivre métallique. C'est pour cette raison que les plumes de fer se cuivrent lorsqu'elles ont été plongées dans une encre contenant de la *coupe-rose bleue.*

*
* *

Le fer, le zinc et l'étain précipitent le plomb de ses dissolutions sous la forme de lamelles brillantes et cristallisées. Si l'on fixe sous le bouchon d'un flacon rempli d'acétate de plomb (extrait de Saturne) un fil de zinc contourné ou recourbé irrégulièrement, les parcelles de plomb qui se fixent au fil forment des sortes de touffes arborescentes qui ont reçu le nom particulier *d'arbre de Saturne*.

*
* *

On obtient une disposition analogue à la précédente et connue sous le nom *d'arbre de Diane* en abandonnant pendant quelques jours du mercure dans une dissolution suffisamment concentrée de nitrate d'argent. Le mercure décompose peu à peu le nitrate, se substitue à l'argent, et ce dernier métal, mis en liberté, s'unit au mercure en excès pour former ces houppes brillantes réunies en forme de végétations.

*
* *

La pierre de touche.

Le poids, le son rendu par la percussion et l'éclat servent à distinguer les pièces d'argent des alliages qui imitent ce métal ; mais, pour l'essai des bijoux d'or, on emploie de préférence le procédé au *touchau* ou à la *pierre de touche*. Ce procédé consiste à frotter l'objet à essayer sur une pierre noire très-dure, sorte de quartz bitumineux que l'on trouve en Saxe et en Silésie. La couleur des traces métalliques laissées par l'objet est déjà un indice aux yeux d'un observateur exercé ; mais c'est surtout la manière dont se comportent ces traces au contact de l'acide azotique ordinaire qui guide l'expérimentateur dans son appréciation. Cet acide forme immédiatement avec le cuivre un azotate vert, tandis que l'or pur qui n'est pas attaqué conserve sa couleur et augmente d'éclat. Un essayeur expérimenté peut déterminer par cette méthode le titre d'un alliage à un centième près.

***

Liqueur des cailloux.

Les chimistes désignent sous ce nom un silicate de potasse soluble dans l'eau. Comme cette substance a été obtenue en chauffant dans un creuset de platine 1 partie de sable ou de grès pulvérisé et 2 parties de potasse, les cailloux semblent ainsi liquéfiés. La dissolution obtenue par ce procédé n'est pas plus *potable* que l'or dont nous venons de parler; mais en y versant une certaine quantité d'acide chlorhydrique concentré, on obtient un précipité floconneux et gélatineux qui n'est autre que l'acide silicique pur. Cet acide entre dans la composition du verre, du cristal, des émaux, des poteries et des mortiers.

Poudres et corps détonants.

Nous ne reviendrons pas ici sur la fabrication de la poudre à tirer dont nous avons entretenu le lecteur dans une autre partie de ce livre. Mais nous devons ajouter quelques mots sur la *poudre-coton*, les *fulminates* et les *mélanges détonants* qui servent à la confection des amorces et des *pois explosibles*.

Le fulmi-coton.

Ce corps aussi nommé *pyroxyline* s'obtient en laissant séjourner, pendant un quart d'heure, du coton cardé dans un mélange à poids égaux d'acide nitrique fumant et d'acide sulfurique concentré. On retire le coton, on le lave dans une dissolution de potasse qui neutralise l'acide en excès et on le lave à grande eau. Il ne reste plus qu'à laisser sécher à l'air libre pour obtenir le produit insoluble, inflammable et éminemment explosible que tout le monde connaît. Ajoutons que le fulmi-coton est une poudre *brisante*, qu'il est susceptible de s'enflammer spontanément et que ces raisons majeures ne permettent pas de l'utiliser comme poudre de guerre ; en revanche, lorsqu'il est dissous dans un mélange d'alcool et d'éther, il forme le collodion qui est employé presque exclusivement au tirage des épreuves photographiques et qui rend d'utiles services en médecine.

Si, dans un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique semblable à celui qui a servi à la préparation du fulmi-coton, on verse un sixième du poids total *de glycérine*, on voit bientôt apparaître à la surface une huile claire et jaunâtre que l'on peut recueillir et laisser sécher. Cette substance, connue sous le nom de nitro-glycérine, détone très-violemment lorsqu'elle est soumise à un choc ou lorsqu'elle est mise en contact avec un fil de fer rougi au feu. On a essayé de l'utiliser comme poudre de mine, mais sa préparation et son emploi sont très-dangereux.

*
* *

Les fulminates.

C'est encore l'acide nitrique ou *eau-forte* qui sert à la préparation des composés explosibles connus sous ce nom.

Le fulminate de mercure employé dans la fabrication des capsules se prépare en faisant dissoudre à une douce chaleur 100 parties en poids de mercure dans 1,000 partie d'acide nitrique et en versant ensuite lentement cette dissolution portée à la température de 55° dans 830 parties d'alcool pur. Au bout de quelques minutes commence un léger dégagement de gaz qui augmente peu à peu et donne au liquide un apparence mousseuse. Il faut avoir bien soin de rejeter au dehors la vapeur blanche épaisse, très-inflammable et très-délétère qui se dégage du vase en verre dans lequel se fait la préparation. Quand cette sorte d'ébullition a cessé, on filtre la liqueur, et le fulminate retenu par le filtre est lavé à grande eau, puis desséché avec précaution.

Le *fulminate d'argent* se prépare de la même manière. Ainsi on pourra faire dissoudre une pièce de 0 fr. 50 dans 45 grammes d'acide nitrique et verser lentement dans 60 grammes d'alcool. Ce fulminate détone plus aisément encore que le fulminate des capsules : aussi ne l'emploie-t-on guère que pour la préparation des *bonbons chinois*. Une parcelle de cette poudre est collée, avec quelques grains de verre pilé ou de sable, entre deux bandes étroites de parchemin. Lorsque l'on tire ces bandes en sens contraire, le frottement des grains de verre ou de sable contre le fulminate suffit pour produire l'explosion. Les *cartes*, les *pois fulminants*, les *pétards à percussion* se préparent de la même manière.

Pour les pois, on prend de petites perles creuses de verre très-mince dans lesquelles on introduit une très-petite quantité de fulminate d'argent humide. On enveloppe la perle d'un morceau de papier brouillard et on laisse sécher. Lorsqu'on les jette par terre avec force ou qu'on les écrase avec le pied, ces pois font explosion. Mais ces joujoux sont dangereux et ont souvent causé des blessures. Leur préparation surtout exige les plus grandes précautions, car il a suffi de l'explosion de quelques kilogrammes de fulminate d'argent ou de mercure pour détruire des fabriques entières. Aussi mouille-t-on toujours ces corps avant de leur faire subir le contact d'aucun instrument et les fractionne-t-on ensuite en parcelles très-petites que l'on ne touche qu'avec des baguettes de bois tendre et des cuillers en papier.

*
* *

Les chimistes préparent aussi une substance détonante que l'on ne saurait conserver longtemps et qu'ils désignent sous le nom d'iodure d'azote. On la prépare de la manière suivante :

Placez dans un verre de montre ou dans un petit godet à dessin une pincée d'iode en poudre ; puis versez par-dessus quelques gouttes d'ammoniaque liquide concentrée. Au bout d'un quart d'heure la réaction est terminée ; il s'est formé une poudre noire qu'on lave rapidement avec un peu d'eau et qu'on fait sécher ensuite sur du papier buvard.

Le moindre choc, le frottement d'une barbe de plume, l'agitation même de l'air suffisent pour faire détoner cette poudre dont on ne doit jamais préparer de grandes quantité et qui répand dans l'air les vapeurs violettes caractéristiques de l'iode.

*
* *

Les gaz inflammables mélangés à l'air forment aussi des mélanges détonants. Les explosions produites par le gaz d'éclairage, le feu grisou, le gaz de fosses, etc., n'ont pas d'autres causes. La présence d'un corps enflammé n'est même pas toujours nécessaire pour provoquer ces combinaisons violentes. L'étincelle électrique ou la présence de *l'éponge de platine* suffisent pour les déterminer. La lumière seule agit quelquefois dans le même sens ; c'est ce que l'on démontre dans les cabinets de physique en introduisant dans un flacon recouvert de papier noir des volumes égaux de chlore et d'hydrogène. Cette préparation doit être faite dans l'obscurité. Aussitôt que le flacon est porté à la lumière et est débarrassé de son enveloppe opaque, la combinaison du chlore et de l'hydrogène se fait instantanément en produisant une détonation qui brise le flacon et lance au loin ses débris.

L'expérience du *pistolet de Volta* est aussi concluante et moins dangereuse. Le petit instrument qui porte ce nom est une simple petite bouteille de métal dont une tige de cuivre entourée de verre traverse un des côtés en pénétrant jusque vers la paroi opposée. Un petit bouchon de liége ferme à frottement dur ce petit flacon que l'on remplit d'un mélange d'hydrogène et d'oxygène ou d'hydrogène et d'air. Si la tige latérale reçoit la décharge d'une machine électrique pendant que l'on tient le flacon à la main, l'étincelle électrique excite à l'intérieur la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène, et le bouchon de liége est bruyamment projeté à une petite distance.

CHAPITRE XII

GÉOMÉTRIE.

Triangle arithmétique.

Le *triangle arithmétique*, dû au génie de Pascal, jouit de propriétés remarquables que nous ne pouvons pas faire connaître complétement dans ce petit ouvrage. Nous indiquerons seulement ici son mode de formation et ses applications les plus curieuses.

La première ligne de ce triangle se compose d'unités.

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		1	3	6	10	15	21	28	36	45
			1	4	10	20	35	56	84	120
				1	5	15	35	70	126	210
					1	6	21	56	126	252
						1	7	28	84	210
							1	8	36	120
								1	9	45
									1	10

Chaque nombre des lignes successives est égal à la somme du nombre placé à gauche et du nombre immédiatement supérieur à ce dernier.

Remarquons d'abord que la seconde ligne contient les nombres naturels, la troisième les *nombres triangulaires*, la quatrième les *nombres pyramidaux*, etc. Nous avons indiqué la loi de formation et les propriétés particulières de ces nombres dans nos *Récréations arithmétiques*. On retrouve ces mêmes nombres dans les parallèles à l'hypoténuse.

Les bandes verticales renferment, dans l'ordre régulier, les coefficients des différents termes d'une puissance quelconque d'un binôme, suivant la règle donnée par Newton. Nous renvoyons pour ce point aux traités d'algèbre.

Mais c'est surtout pour obtenir le nombre des combinaisons d'un certain nombre d'objets pris un à un, deux à deux, trois à trois, etc., que le triangle de Pascal, suffisamment étendu, peut être utile. S'agit-il, par exemple, de trouver combien on peut former de groupes différents avec *huit* personnes prises *trois à trois?* On descendra dans la colonne verticale qui commence par 1 et 8 jusqu'à la *quatrième* ligne horizontale, et on trouvera de suite le nombre 56 qui répond à la question.

Les *combinaisons* diffèrent des *permutations* en ce que plusieurs de ces dernières sont composées des mêmes objets rangés seulement dans un ordre différent. Ainsi avec quatre lettres *a*, *b*, *c*, *d*, on peut former, en les prenant deux à deux, les six groupes ou *combinaisons :*

ab ac ad bc bd cd

Mais on pourra écrire les douze permutations :

ab ac ad bc bd cd
ba ca da cb db dc

Le nombre des permutations d'un certain nombre de lettres s'obtient en multipliant entre eux les nombres naturels 1, 2, 3, jusqu'au nombre des lettres ; ainsi, un mot de cinq lettres donnerait lieu à $1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 = 120$ permutations. Le mot *amer* dans lequel on intervertirait l'ordre des lettres donnerait 24 anagrammes, mots différents, parmi lesquels on trouverait : *rame*, *arme*, *mare*, etc.

Enfin le nombre des *arrangements* de 10 lettres prises *quatre à quatre*, par exemple, se trouverait en multipliant le nombre des *combinaisons* déterminé au moyen du triangle arithmétique, 210, par le nombre des permutations de 4 lettres $1 \times 2 \times 3 \times 4 = 24$. Ainsi avec 10 lettres de l'alphabet combinées 4 à 4 de toutes les manières possibles, on peut former $120 \times 24 = 2880$ mots, sans répétition de la même lettre dans le même mot

***

On cite toujours à ce propos, et nous ne pouvons nous dispenser de le faire, le vers latin :

Tot sunt tibi dotes, Virgo, quot sidera cælo,

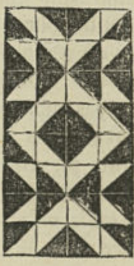
composé par le R. P. Bauhuys, jésuite de Louvain, en l'honneur de la sainte Vierge. La traduction littérale de ce vers est : *Tu as autant de qualités, O Vierge, qu'il y a d'étoiles au ciel;* mais il est célèbre surtout par le grand nombre de permutations dont il est susceptible sans que les lois de la prosodie soient enfreintes. Un contemporain de l'auteur a pris la peine d'écrire 48 pages de ces permutations en s'arrêtant à la 1022e, nombre des étoiles connues de son temps. Comme il n'avait pas achevé son travail, il fit remarquer que la Vierge avait plus de vertus que l'on ne compte d'étoiles. Il aurait pu aller beaucoup plus loin, car Jacques Bernouilli a prouvé que, même en retranchant les vers spondaïques, mais en admettant ceux qui n'ont pas de césure, on arrive à 3312 permutations.

***

Les douze Apôtres, étant en désaccord sur le droit qu'avait chacun d'eux à occuper la première place, Jésus-Christ leur déclara que celui qui voudrait être le premier serait le dernier et que le dernier deviendrait le premier. Supposons qu'après cette leçon d'humilité chacun voulût céder la première place et qu'ils eussent décidé de ne jamais se retrouver ensemble dans le même ordre ; il leur aurait fallu 470,001,600 réunions avant d'avoir épuisé la liste des classements différents qu'ils auraient pu adopter : auraient-ils même laissé constamment la première place à Saint-Pierre, qu'ils auraient encore pu se ranger de 9,916,800 manières différentes.

*
* *

Si l'on prend un carreau partagé en deux triangles de couleurs différentes par une diagonale, on pourra lui faire prendre 4 positions différentes en le posant successivement sur chacun de ses 4 côtés. Or, sur chacun des côtés des quatre carrés ainsi obtenus, on peut placer chacun des autres carrés dans quatre positions différentes, ce qui donnerait lieu à 64 arrangements. Mais comme il y en a une moitié qui est la répétition de l'autre, le nombre des dessins ainsi formés se réduit à 32. On pourrait continuer à combiner ainsi ensemble trois quatre, cinq, etc., carreaux, et ont trouverait que trois carreaux peuvent former entre eux 128 dessins différents ; 4 en formeraient 258, etc. La recherche de ces combinaisons fournit les dessins les plus agréables, et les architectes peuvent on tirer parti pour les carrelages des édifices publics ou particuliers. Nous donnons ci-contre l'une de ces combinaisons.



Triangles rectangles en nombres.

Le théorème de géométrie le plus connu et peut-être aussi le plus fertile en applications est sans contredit ce lui qui a trait au *carré de l'hypoténuse.* Est-il nécessaire de rappeler ici que : le carré construit sur le plus grand côté ou hypoténuse du triangle rectangle est égal en nombres et équivalent en surface à la somme des deux carrés construits sur les deux autres côtés ?

On peut se proposer de trouver en *nombres entiers* les valeurs des côtés qui peuvent former un triangle rectangle. Pour cela, prenez à volonté deux nombres : 3 et 5 par exemple, que nous appellerons *nombres générateurs.* La somme des carrés de ces deux nombres sera l'hypoténuse : $3^2 + 5^2 = 9 + 25 = 34$. La différence des mêmes carrés sera un des côtés de l'angle droit : $25 - 9 = 16$. L'autre côté de l'angle droit sera le double du produit des nombres générateurs : $2 \times 3 \times 5 = 30$. Les trois nombres 16, 30 et 34 sont liés, en effet, par la relation connue : $16^2 + 30^2 = 34^2$ ou $256 + 900 = 1156$.

Suivant le choix que l'on aura fait des nombres générateurs on obtiendra des côtés qui ne diffèrent que d'une unité comme dans la liste suivante :

Côtés		*Hypoténuse*	*Nomb. génér.*		
3	4	5	1	et	2
20	21	29	2		5
119	120	169	5		12
696	697	985	12		29
4059	4060	5741	29		70
23660	23661	33461	70		169

Ou bien, l'hypoténuse et le plus grand côté diffèrent d'une unité comme dans la liste suivante :

Côtés		*Hypoténuse*	*Nomb. génér.*		
3	4	5	1	et	2
5	12	13	2		3
7	24	25	3		4
9	40	41	4		5
11	60	61	5		6
14	84	85	6		7

Ou bien, la base et l'hypoténuse, seront des nombres triangulaires, et les hauteurs des cubes parfaits, comme dans les cas suivants.

Côtés		*Hypoténuse*	*Nomb. génér.*	
6	8	10	1	3
36	27	45	3	6
120	64	136	6	10
300	125	325	10	15
630	216	666	15	21
1176	343	1225	21	28

Ces séries pourraient être prolongées aussi loin que l'on voudrait. Le plus remarquable de tous ces groupes est 3, 4, 5; c'est le seul qui soit formé de trois nombres consécutifs. La somme des carrés des deux premiers nombres est égale au carré du second. La somme des cubes des trois nombres, $27 + 64 + 125$ ou 216 est un cube parfait dont le côté 6 est précisément la surface du triangle, etc.

*
* *

Terminons ce qui est relatif au triangle rectangle en rappelant le théorème des *lunules* d'Hippocrate.

Si sur les trois côtés d'un triangle rectangle comme diamètre on décrit des demi-circonférences, elles passeront toutes les trois par le sommet de l'angle droit et on aura formé deux croissants ou *lunules* dont les pointes reposeront sur les extrémités des côtés de l'angle droit. Or, la somme des surfaces de ces lunules est égale à la surface du triangle rectangle.

C'est le plus ancien exemple connu de l'assimilation exacte d'une surface à limites curvilignes avec une figure rectiligne.

On trouve un exemple analogue de l'assimilation d'une surface non développable à une surface plane dans l'évaluation de la surface de la sphère. On sait en effet que la portion de cette surface comprise entre un demi-équateur et le demi-méridien correspondant aux mêmes extrémités est équivalente à la surface plane d'un grand cercle.

PROBLÈMES SINGULIERS

SUR LES TRIANGLES, LES CARRÉS, LES CERCLES, ETC.

I. — Décomposer un carré donné en cinq carrés égaux.

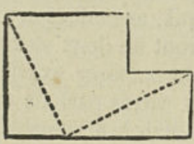
Pour décomposer un carré donné en deux carrés parfaits, il suffit de mener les deux diagonales; on formera ainsi 4 triangles rectangles isocèles qui, assemblés deux à deux par leurs hypoténuses, donneront les deux carrés cherchés. Il est tout aussi facile de décomposer exactement un carré donné en quatre autres carrés parfaits en joignant les milieux des côtés opposés. Mais la décomposition en un nombre impair de parties égales est plus difficile. Nous donnerons ici un procédé pour la subdivision en cinq. Supposons que l'on se propose de tailler dans la feuille de carton figurée ci-contre cinq carrés égaux. Nous joindrons chaque sommet au milieu d'un côté opposé, comme c'est indiqué sur la figure et, en découpant le carton suivant les transversales ainsi obtenues, le problème sera résolu; car la figure primitive se décompose en un carré complet au milieu et en quatre trapèzes birectangles qui s'adapteront exactement, par leur côté incliné, aux hypoténuses des quatres petits triangles rectangles. Ces trapèzes fourniront ainsi les quatre autres carrés cherchés.

On pourrait, inversement, se proposer de former un seul grand carré avec cinq autres plus petits. En décomposant quatre de ces carrés au moyen de la transversale qui joint un sommet au milieu d'un côté opposé, on obtiendrait quatre trapèzes et quatre petits triangles rectangles que l'on pourrait disposer autour du cinquième carré intact comme l'indique la figure précédente.

?

II. — Couper un carton de la forme indiquée ci-contre en trois parties qui réunies forment un carré.

Il suffit pour cela de faire les sections suivant les lignes pointées de la figure. Nous ferons remarquer que ce problème rentre dans le précédent, puisque la figure donnée peut se décomposer en cinq carrés égaux.

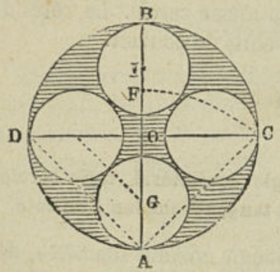


?

III. — Décrire, dans un cercle donné, quatre cercles égaux qui soient tangents entre eux et tangents au premier.

Divisez le cercle donné en quatre parties égales par deux diamètres perpendiculaires ; du point A comme centre, avec AC pour rayon, décrivez l'arc de cercle CF qui rencontre en F le diamètre vertical ; la ligne OF sera égale au rayon des quatre petits cercles : c'est-à-dire qu'on n'aura plus qu'à porter cette longueur de B en I pour avoir en ce dernier point I le centre de l'un des cercles.

Si l'on joint deux centres K et G, la ligne KG ainsi menée sera parallèle à la corde corespondante AD et passera par le point de contact de deux cercles.



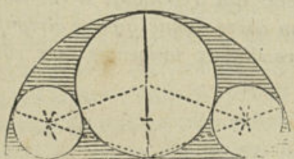
La corde CF serait inclinée de 22° 1/2 sur le diamètre horizontal CD. On peut déduire de cette observation une autre manière de résoudre la question.

Si, au lieu de rabattre AC en AF, on avait reporté cette ligne en dessous de A sur le prolongement du diamètre BA, la distance du centre O au nouveau point d'intersection aurait donné le rayon des cercles égaux tangents extérieurement au cercle donné et tangents entre eux. Nous laissons au lecteur le soin de compléter cette solution.

?

IV. — Décrire, dans un demi-cercle donné, trois cercles tangents à la demi-circonférence, au diamètre et entre eux.

Sur le diamètre donné élevez un rayon perpendiculaire, puis décrivez sur ce rayon comme diamètre une circonférence ; ce sera la plus grande des trois qu'il faut tracer. Les centres des deux autres se trouveront aux sommets des deux triangles iso-



cèles, indiqués sur la figure, qui ont pour base commune le rayon du cercle déjà tracé et, pour les autres côtés, les 3/4 du diamètre du même cercle. Le côtés de ces triangles passent par les points de contact.

?

V. — Inscrire, dans un triangle équilatéral, trois cercles égaux, tangents entre eux et tangents chacun à un côté.

Sur chacun des côtés du triangle comme diamètre, décrivez une demi-circonférence; les points d'intersection de ces trois circonférences avec les trois hauteurs donneront les trois centres des cercles. Le problème sera alors résolu, et la symétrie de la figure donnera lieu à un grand nombre de vérifications.

?

VI. — Inscrire, dans un carré, quatre cercles égaux, tangents entre eux et tangents chacun à un côté du carré.

Ce problème se ramène à celui que nous avons développé au nº III, en remarquant que les quatre cercles doivent être tangents à la circonférence inscrite dans le carré. Il n'est pas nécessaire de donner de nouveau cette solution, pas plus que celle qui répondait à cet autre problème : *circonscrire à un carré donné quatre circonférences égales, tangentes entre elles et tangentes aux côtés du carré.*

?

VII. — Surfaces et volumes.

Nicaise avait un champ parfaitement carré dont chaque côté était de 15 mètres et dont le périmètre était, par conséquent, de 60 mètres. Son voisin, Renaud convoitait depuis quelque temps cette propriété; mais il voulait profiter de l'ignorance du propriétaire et abuser de sa bonne foi pour faire ce qu'il appelait un bon marché. Un jour il propose à Nicaise de lui échanger son champ carré contre une autre pièce de terre qu'il détacherait de sa propriété. « Je vous en rendrai plus que vous ne m'en donnerez, lui dit-il; car votre champ n'a que 60 mètres de tour tandis que le mien long de 21 mètres et large de 10 en à 62 ». Il fit valoir en outre de prétendus avantages tels que supériorité dans la qualité du sol, commodité d'exploitation, etc., si bien que Nicaise céda sans regrets le champ paternel et se mit à labourer la langue de terre de son compère Renaud. Autant sa confiance était grande d'abord, autant son irritation fut vive ensuite lorsque le géomètre du lieu lui apprit qu'un champ carré de 15 m. de côté contient 225 mètres carrés, tandis qu'un autre champ rectangulaire de 21 m. de long sur 10 m. de large, bien que son contour soit plus grand, ne contient que 210 mètres carrés. Il voulut rompre le marché; ce à quoi Renaud répondit qu'il était trop tard. Mais il y a des juges dans le pays de Nicaise, des avoués et des avocats aussi; il est allé leur compter son affaire et le procès est pendant. Son avoir pourrait bien diminuer encore; mais il aura le bon droit pour lui.

Une cuisinière plus avisée achète un jour au marché quatres bottes d'asperges liées séparément avec quatre ficelles. Le lendemain elle va retrouver son marchand avec ces quatre ficelles; elle attache bout à bout ces liens et demande au marchand s'il veut lui laisser emporter, pour le même prix que la veille, toutes les asperges qu'elle pourra entourer de cette corde; sur la réponse affirmative qui lui est faite, elle s'empresse de façonner sa botte colossale et elle emporte ainsi au vu et au su du marchand ébahi, la valeur de 16 bottes d'asperges au lieu des quatre que le même lien divisé contenait la veille.

De même, si on défonce deux futailles de mêmes dimensions et qu'on en forme une seule des douves de ces deux futailles, la capacité de cette dernière sera, non pas égale à la somme de celles des deux anciennes futailles, mais quatre fois plus grande que la capacité de l'une de celles-ci.

C'est que l'on doit tenir compte des principes suivants établis en géométrie :

Les surfaces des figures semblables sont proportionnelles aux *carrés* des côtés qui se correspondent. Exemple : *triplez* le côté d'un carré et construisez un nouveau carré sur la base ainsi obtenue, la surface résultante sera *neuf fois* plus étendue que la première.

Les surfaces des cercles sont proportionnelles aux carrés des rayons ou des diamètres ou des circonférences de ces cercles. Un cercle qui aura son rayon, ou sa circonférence *quatre fois* plus long que le rayon ou la circonférence d'un autre cercle aura une surface seize fois plus étendue.

Les solides semblables ont des capacités proportionnelles aux cubes des côtés qui se correspondent. Ainsi, en construisant une caisse qui aurait des dimensions doubles de celles d'une autre, on donnera à la dernière une capacité *huit* fois plus grande que celle de la première; si les dimensions étaient *triplées*, la capacité deviendrait 27 fois plus grande.

De tous les polygones qui ont un même nombre de côtés c'est celui qui est régulier, qui, sous le même périmètre, contient la plus grande surface. Ainsi, de tous les triangles qui ont le même contour, le plus grand est le triangle équilatéral. — De tous les quadrilatères isopérimètres, c'est le carré qui a la plus grande étendue.

Le cercle est plus grand en surface que tout polygone régulier ou irrégulier qui aurait le même périmètre.

Le cylindre a un plus grand volume que tous les prismes renfermés sous une surface équivalente.

Il en est ainsi du cône comparé aux pyramides.

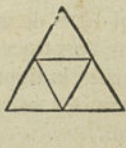
Enfin, de tous les solides, celui qui contient le plus grand volume sous la moindre surface, c'est la sphère.

Construction des solides en carton

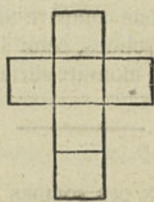
Polyèdres réguliers.

Il n'y a et il ne peut y avoir que cinq polyèdres réguliers. Nous indiquons ici la manière de les construire mécaniquement avec du carton ou du papier fort.

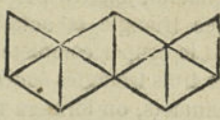
Tétraèdre. — Découpez le carton suivant les côtés d'un triangle équilatéral, joignez par des traits les milieux des côtés de ce triangle et entaillez le carton suivant ces lignes sans le couper complétement. En repliant l'un vers l'autre les trois triangles équilatéraux qui aboutissent aux trois sommets, on formera le solide cherché.



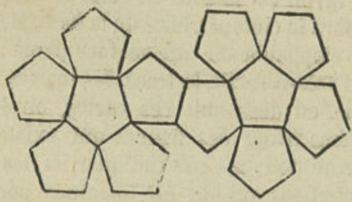
Hexaèdre ou cube. — En découpant une feuille de carton suivant les contours de la croix figurée ci-dessous et en entaillant légèrement ce carton suivant les lignes tracées à l'intérieur du dessin, il sera facile de replier les carrés obtenus sur eux-mêmes de manière à former un cube. — Ce solide est le seul parmi les polyèdres réguliers, dont l'angle de deux faces puisse s'exprimer exactement en degrés : c'est un angle droit.



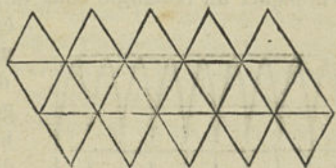
OCTAÈDRE. — Si l'on exécute une opération semblable en suivant les contours et les traits de la figure ci-dessous, on obtiendra le polyèdre régulier à huit faces.



DODÉCAÈDRE. — Le polyèdre de douze faces se compose de douze pentagones que l'on tracera sur le carton dans la disposition indiquée dans la figure. Il sera ensuite aisé de les replier les uns vers les autres de manière à constituer un polyèdre fermé.



Icosaèdre. — Nous figurons enfin le développement du polyèdre régulier de vingt faces. Il se compose comme on le voit de 20 triangles équilatéraux groupés au nombre de cinq autour de chaque sommet. La zone du milieu forme autour du solide une sorte de ceinture de triangles; mais cette disposition se retrouvera dans tous les sens lorsque l'on formera le polyèdre en repliant les uns vers les autres ses divers éléments.

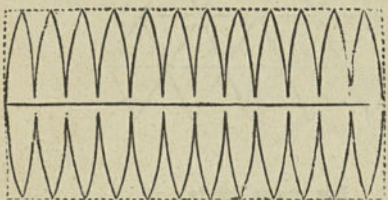


Les corps ronds.

Les trois corps ronds que l'on étudie en géométrie élémentaire sont le cylindre, le cône et la sphère. Les deux premiers se construisent aisément en papier ou en carton; le cylindre, en effet, se développe suivant un rectangle de même hauteur et dont la base égale la circonférence du cylindre; le cône se développe suivant un secteur dont le rayon est le côté du cône et dont l'arc a une longueur égale à la circonférence de la base. Mais la sphère n'est pas développable sur une surface plane ; cette particularité rend très-difficile le tracé des cartes géographiques, puisque, en dessinant ces cartes, on doit reporter sur une surface plane des figures qui existent sur une sphère. Nous ne pouvons pas indiquer ici les divers *systèmes de projections* qui ont été imaginés pour résoudre cette difficulté de la façon la plus satisfaisante; le seul moyen exact d'obtenir la carte d'un pays serait de la tracer sur un globe dans les proportions convenables. Mais une autre difficulté se présente de ce côté. Les feuilles planes de papier sur lesquelles on dessine ne peuvent pas s'appliquer exactement sur des globes si elles sont d'une seule pièce. On est obligé de les diviser d'une manière particulière, puis de les mouiller pour les déformer et à les adapter à la surface sphérique.

Voici le procédé le plus simple pour recouvrir de papier sans pli ni déchirure une sphère solide.

Tracez sur le papier un rectangle dont la hauteur soit égale au demi méridien et dont la largeur soit double, c'est-à-dire égale au méridien ou à l'équateur du globe à recouvrir. Joignez ensuite les milieux de deux plus petits côtés et partagez la ligne ainsi menée en douze parties égales. Vous obtiendrez ainsi douze petits rectangles dans lesquels vous tracerez des arcs de cercle allant des milieux



des petits côtés au milieu des grands côtés. En découpant la feuille de papier suivant les arcs de cercle, on obtiendra une figure semblable à celle que nous donnons ici. En appliquant la transversale horizontale sur l'équateur du globe, ce qui se fera exactement puisque la base du rectangle lui est égale, on pourra rabattre sur le globe les triangles curvilignes auxquels elle sert de base de part et d'autre de manière que tous les sommets de ces triangles se trouvent rassemblés aux pôles. Les arcs voisins se juxtaposeront et détermineront les méridiens distants de 30 degrés.

Il est bon de ne pas faire les sections des arcs à travers la ligne horizontale qui doit figurer l'équateur ; on donnera alors un contour semblable à celui qui est indiqué dans la figure.

On peut employer le même procédé pour construire une mongolfière en papier ; seulement, comme ces ballons doivent être ouverts à la partie inférieure, il faudra dans ce cas, ne pas terminer en pointe les triangles inférieurs et les allonger au contraire au-dessous de la base du rectangle pour les terminer brusquement en les tronquant par un trait horizontal. Un cercle d'osier sur lequel on appliquera la ligne équatoriale du tracé maintiendra dans ce cas le sphéroïde, tandis qu'un anneau en fil métallique sur lequel viendront se fixer les appendices inférieurs constituera l'orifice par lequel devra s'introduire la fumée.

Problèmes impossibles.

Nous avons déjà dit quelques mots sur ces problèmes dans nos *Récréations arithmétiques* ; nous examinerons encore deux de ces questions qui concernent plus particulièrement la géométrie.

Le calcul des probabilités fait connaître un moyen curieux de trouver le rapport de la circonférence au diamètre. Voici ce procédé tel qu'il est indiqué par M. Léon Lalanne.

Que l'on trace sur une surface plane une suite de lignes droites parallèles et également espacées ; que l'on prenne une aiguille bien cylindrique, d'une longueur moindre que l'intervalle constant qui sépare les parallèles et qu'on la projette au hasard un grand nombre de fois sur la partie de la surface qui est couverte par les lignes. Si on compte le nombre total de fois que l'aiguille a été projetée et que l'on note le nombre de ses rencontres avec l'une quelconque des parallèles, le rapport de ces deux nombres multiplié par le double du rapport de la longueur de l'aiguille à l'intervalle des droites, exprimera le rapport de la circonférence au diamètre avec d'autant plus d'approximation que les épreuves auront été plus multipliées.

L'erreur sera la plus petite possible pour un nombre donné d'épreuves, lorsque la longueur de l'aiguille sera à peu près les quatre cinquièmes de l'intervalle des lignes. Ainsi on pourra faire l'expérience avec une aiguille de 40 millimètres sur des parallèles dont l'intervalle serait de 50 millimètres. Si, dans ces conditions, on a projeté 31 fois l'aiguille et qu'elle ait touché 16 fois des parallèles, on aura

$$= \frac{31}{16} \times \frac{2 \times 40}{50} = 3{,}1$$

*
* *

Philiponus, auteur grec de l'école d'Alexandrie qui vivait au septième siècle de notre ère, raconte que l'Attique étant ravagée par une terrible épidémie, on envoya des députés à Délos pour consulter l'oracle sur les moyens d'apaiser la colère céleste. Le dieu se borna à répondre par l'intermédiaire de ses prêtres qu'il serait satisfait si l'on voulait lui ériger un autel double de celui sur lequel on lui offrait ordinairement des sacrifices et qui était de forme cubique. Ce désir du dieu parut si aisé à accomplir que l'on abandonna le soin de son exécution à des agents subalternes. Ceux-ci ne manquèrent pas de tomber dans une erreur analogue à celle que nous avons déjà signalée plus haut dans ce chapitre : ils doublèrent chacune des trois dimensions du cube et obtinrent ainsi un cube non pas double, mais octuple du cube primitif. Cependant la peste continuait ses ravages, car Apollon voulait que sa demande fut exactement accomplie ; une nouvelle députation envoyée à Delphes reçut de la pythonisse cette réponse que le dieu avait demandé un autel double et non octuple. On s'adressa alors aux géomètres les plus célèbres de la Grèce pour obtenir une solution rigoureuse.

Telle serait l'origine des recherches auxquelles donna lieu le problème célèbre de la *duplication du cube*. Ces recherches, nous devons le dire tout de suite, ne conduisirent pas les géomètres à déterminer, à l'aide de la règle et du compas, le côté d'un cube double d'un autre cube donné. Ce problème est en effet, du nombre de ceux qui n'admettent point une solution où l'on n'emploie que ces deux instruments sans lesquels les anciens pensaient à tort qu'il n'y avait pas de solution rigoureuse.

Ils ne sont pas parvenus davantage à trouver un nombre exact, entier ou fractionnaire, qui pût représenter le rapport du côté du cube double à celui du cube simple. Ce rapport serait, en effet, racine cubique de 2. et une telle expression n'est autre que le nombre incommensurable 1,259918969287... etc., à l'infini.

Dans la pratique, on peut dire que les côtés d'un cube double d'un autre sont égaux à ceux de celui-ci augmentés de plus d'un quart, ou multipliés par 1,26. Ainsi un cube de 1^m, 260 millimètres de côté sera à peu près le double du mètre cube.

Platon, ce célèbre philosophe auquel la vénération des siècles a donné le nom de *divin* et qui avait fait placer à la porte de son école l'inscription : *Nul n'entre ici s'il n'est géomètre*, Platon imagina un instrument composé de règles mobiles pour résoudre dans tous les cas le problème de la duplication du cube. Ménechme, l'un de ses disciples, trouva un autre procédé à l'aide des *sections coniques*, courbes dont les propriétés furent démontrées pour la première fois par l'école à laquelle il appartenait.

Il faut bien se garder de croire pourtant que ces recherches furent complétement stériles, et que les spéculations, si futiles en apparence auxqu'elles ont donné lieu de tous temps les *problèmes impossibles*, n'aient pas exercé une heureuse influence sur les progrès de l'esprit humain. Lorsque les platoniciens considéraient les figures déterminées par les sections du cône, c'est-à-dire l'ellipse, la parabole et l'hyperbole, on était bien loin de prévoir que deux mille ans plus tard, leurs observations abstraites conduiraient Képler et Newton vers la démonstration des lois véritables des mouvements des corps célestes.

Qu'on ne méprise pas une science quelconque, et ceux qui la cultivent, par cela seul qu'elle ne présente pas tout d'abord d'application pratique. Il serait aisé de démontrer que nos plus utiles et nos plus étonnantes inventions modernes, les machines à vapeur, la photographie, la télégraphie électrique, etc., ont eu leur germe dans des théories imaginées en dehors de toute préoccupation utilitaire.

Que de merveilles sortiront un jour des principes connus, mais abstraits, enregistrés dans nos annales scientifiques ! Qui peut prévoir, selon l'expression de Franklin, l'avenir que Dieu réserve à l'enfant qui vient de naître!

FIN DES RÉCRÉATIONS SCIENTIFIQUES.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Récréations arithmétiques

CHAPITRE IV.

Problèmes célèbres.

CHAPITRE V.

Problèmes amusants.

CHAPITRE VI.

Les carrés magiques.

CHAPITRE VII.

Les grands nombres.

CHAPITRE VIII.

Deviner en calculant.

CHAPITRE IX.

DEUXIÈME PARTIE

Physique & Chimie amusantes

CHAPITRE PREMIER.

La science et les préjugés.

CHAPITRE II.

Les éléments des anciens. — L'eau.

CHAPITRE III.

Les éléments des anciens. — L'air.

CHAPITRE IV.

Les éléments des anciens. — La terre.

CHAPITRE V.

Les éléments des anciens. — Le feu.

CHAPITRE VI.

La poudre et les feux d'artifice.

CHAPITRE VII.

Les éléments des modernes.

CHAPITRE VIII.

Expériences amusantes sur l'eau, l'air et le feu.

CHAPITRE IX.

Des illusions des sens. — Le toucher, le goût, l'odorat et l'ouïe.

CHAPITRE X.

Les illusions d'optique.

CHAPITRE XI.

Un voyage à la lune.

I. — Prologue

II. — Séjour.

III. — Épilogue.

CHAPITRE XII.

I. — Les infiniment grands.

II. — Les infiniment petits.

TROISIÈME PARTIE

Mécanique expérimentale & Géométrie amusante

CHAPITRE PREMIER.

LA SCIENCE ET LE HASARD DES JEUX.

CHAPITRE II.

A PROPOS DE BALLES ET DE BILLES.

CHAPITRE III.

QUELQUES PROPRIÉTÉS DE LA MATIÈRE.

CHAPITRE IV.

LA MÉCANIQUE DES JEUX.

CHAPITRE V.

L'ÉLASCITÉ ET LES RESSORTS.

CHAPITRE VI.

LES CENTRES DE GRAVITÉ.

CHAPITRE VII.

LES CHOCS.

CHAPITRE VIII.

EXPÉRIENCES DIVERSES.

CHAPITRE IX.

EXPÉRIENCES ET PHÉNOMÈNES DIVERS.

(Suite).

CHAPITRE X.

LA SCIENCE DES SONS.

CHAPITRE XI.

EXPÉRIENCES DIVERSES.

CHAPITRE XII.

GÉOMÉTRIE.

FIN.

LIBRAIRIE ADMINISTRATIVE DE PAUL DUPONT, ÉDITEUR
41, rue Jean-Jacques-Rousseau (Hôtel des Fermes).

NOUVELLES ÉDITIONS ET PUBLICATIONS RÉCEN

A. DE PRANEUF.	Traité des juridictions administratives, 1 vol. in-8°	7
VALLETTE.....	Nouvelles attributions des conseils généraux, 1 vol. in-18	1
CHAMPOLLION-FIGEAC	Documents paléographiques relatifs à l'histoire des beaux-arts et des belles-lettres pendant le moyen âge, 1 beau vol. in-8°	10
Idem.	Annuaire de l'archiviste des préfectures, des mairies, des hospices, etc. Chaque année ...	4
DE SAINTE-HERMINE....	Traité de l'organisation municipale et des élections communales. Nouvelle édition, 1 vol. in-18	3
BOYER de SAINTE-SUZANNE	Le Recrutement, d'après la nouvelle législation. (Armée active, garde nationale mobile, réserve.) 3e édition	5
[illegible]ION D'ONZ ET S[illegible]NTE-IVES	Commentaire sur la loi du 24 juillet 1867, concernant les conseils municipaux, 1 vol. in-18.	4
[illegible]NNE	De l'organisation des secours publics en France, 2 vol. in-18 jésus	8
[illegible]N.....	Manuel des décomptes de solde de 0 fr. 01 c. à 2 millions, à l'usage des comptables des départements ministériels, 1 beau vol. in-18.	10
[illegible]E.	Contentieux des chemins de fer, 2e série, 2 vol. in-8°	10
[illegible]ACKAU	Commentaire de la loi du 18 juillet 1868, sur les chemins vicinaux, brochure in-18 jésus.	1
HAUSSMANN... Baron	Bulletin de statistique municipale de la ville de Paris, année courante de 1868; chaque numéro 1 fr.; chaque année antérieure.....	12
LE BERQUIER.	Administration spéciale de la commune de Paris et du département de la Seine, nouvelle édition, un très-fort vol. in-8°........	7
PAUL DUPONT.	Supplément au Dictionnaire des Formules, ou Mairie pratique; 12e édition, 3 vol. in-8°...	20
LUCIEN ROY...	Traité de l'administration financière et de la comptabilité des communes, 1 fort vol. in-18	4
PERROUX......	Législation des contributions directes. Nouvelle édition avec supplément, 1 vol. in-8° franco..	10
DE BEILAC....	Instruction générale sur le service et la comptabilité des ordonnateurs et des receveurs de l'administration des douanes et des contributions indirectes, 1 vol. in-8°	7
ANONYME. ..	Manuel de correspondance télégraphique, 1 vol. in-8°..	2

Paris. — Soc. an. d'imp. P. DUPONT, Directeur. 41, rue J.-J.-Rousseau (Cl.) 417 bis. 3.8