

LES MAITRES D'UNE GÉNÉRATION

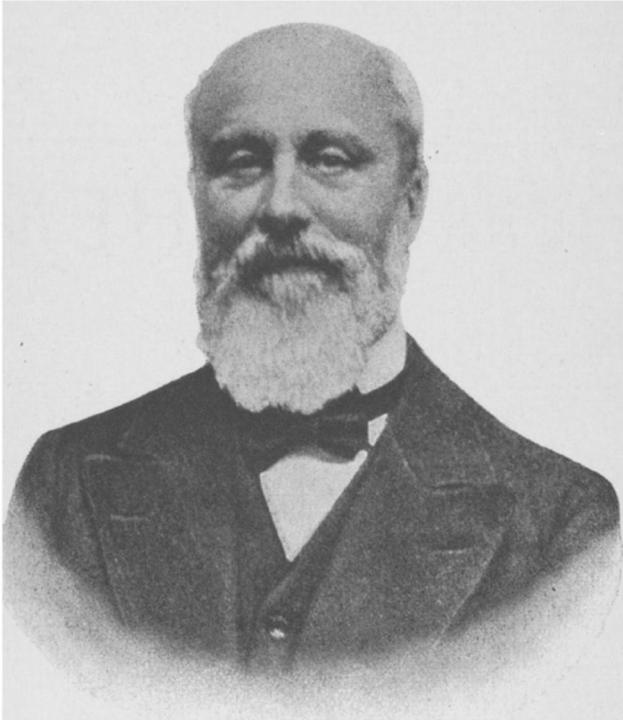
PIERRE DUHEM

PAR

PIERRE HUMBERT

LIBRAIRIE

Pierre DUHEM



Les Maîtres d'une Génération

PIERRE DUHEM

par

PIERRE HUMBERT

Librairie Bloud et Gay

3, rue Garancière, Paris VI^e

CHAPITRE PREMIER

L'homme

Si l'on ne voulait point approfondir son caractère, chercher l'homme sous le professeur et l'académicien, la vie de Duhem, semblable en cela à celle de la plupart des savants modernes, serait racontée en quelques lignes. Nous ne sommes plus au temps où la nécessité de se trouver un protecteur, les vicissitudes de la politique, la défaveur des gouvernements, forçaient les hommes de science à des déplacements incessants, les exilaient de capitale en capitale, ajoutaient à l'intérêt de leurs travaux celui de leurs aventures. Même si l'on négligeait leur œuvre, quels beaux romans n'écrirait-on pas avec la vie de Descartes, celle de Meupertuis, celle de la tribu des Casini ! De nos jours, ce pittoresque n'existe plus guère. La vie des savants est singulièrement unie ; sauf exceptions, elle se passe tout entière autour de la Faculté ou de l'Ecole où ils sont professeurs ; elle s'écoule entre leur cabinet de travail, leur laboratoire et l'amphithéâtre où ils enseignent. Leur *curriculum vitae* est une simple notice de dictionnaire : celui de Duhem n'échappe point à la règle. Que lirions-nous sur cette fiche ? Bien peu de chose. *Duhem*, Pierre-Maurice-Marie — verrions-nous —. Né à Paris, 10 juin 1861. Elève, puis agrégé-préparateur à l'Ecole

P I E R R E D U H E M

Normale Supérieure (1882). Maître de conférences de physique à la Faculté des Sciences de Lille (1887) puis de Rennes (1893). Chargé de cours, puis professeur titulaire de Physique théorique à la Faculté des Sciences de Bordeaux (1895).

C'est tout. Point de Sorbonne, de Collège de France : une simple chaire dans une Université de province, qu'il occupe pendant vingt et un ans. Cependant, avant de nous renseigner sur la date de sa mort — 14 septembre 1916 —, la notice nous dirait encore : Correspondant de l'Institut (1900). Membre non résidant de l'Académie des Sciences (1913). Précieuse indication que cette dernière : c'est justement en 1913 que l'Académie des Sciences décida de s'adjoindre, en une section spéciale, six membres n'habitant point les départements de Seine ou de Seine-et-Oise. Nous voyons donc que, parmi ces six provinciaux privilégiés, Duhem fut un des premiers élus.

C'est l'œuvre du physicien de Bordeaux que venait couronner cette distinction : et c'est par son œuvre, scientifique, philosophique, historique surtout, qu'il vivra. Mais avant d'aborder son étude, il convient de voir, plus à fond, qui fut Duhem, quelles furent ses idées, ses opinions, ses réactions devant les événements ; d'ailleurs le caractère du savant et sa formation première nous feront, bien souvent, comprendre certaines particularités de ses travaux. Mais comment connaître un homme qui, en dehors de son œuvre scientifique, n'a presque rien écrit, qui n'a, sauf

P I E R R E D U H E M

sa notice de candidature à l'Institut, laissé aucun document biographique, dont la correspondance n'a point été publiée ? La tâche serait difficile, si nous n'avions le plus admirable des guides : son ami de toujours, M. Edouard Jordan, professeur d'histoire à la Sorbonne, a consacré à Duhem une longue et belle étude, qui a toute la précision, mais non la sécheresse, d'un article nécrologique, et où, sans s'attacher au savant, c'est l'homme qu'il a réussi à faire revivre. Nous ferons à cet admirable travail de nombreux emprunts ; nous ne craignons même pas d'en donner ici de copieuses citations : pourquoi vouloir remplacer ce qui est parfait ?

*
**

Bien que né à Paris, Duhem, flamand par son père, était languedocien par sa mère ; toute sa vie, il conserva la maison familiale, où il allait passer les vacances, et où il devait mourir, dans un petit village de l'Aude, Cabresprine, en pleine Montagne Noire, loin des grandes routes et des chemins de fer. Il était fier de se rattacher ainsi à un terrain bien défini, qu'il aimait, et à une ascendance dont on trouverait facilement chez lui la trace nette. Le Languedocien des Cévennes, bien différent de celui du littoral, est un travailleur qui ne craint pas l'effort, habitué qu'il est à lutter contre une nature âpre et une terre difficile ; c'est aussi un esprit prompt à la révolte, Albigeois ou Camisard beaucoup plus par esprit protes-

P I E R R E D U H E M

tataire que par conviction profonde. Ténacité dans le travail, intransigeance du caractère : c'est précisément ce que nous trouverons en Duhem.

Il fit toutes ses études au Collège Stanislas, où, à côté d'une formation comme seuls savent en donner les établissements religieux, il trouvait, à cette époque, l'élite des maîtres de l'Université. Tout de suite, il fut parmi les plus brillants élèves, aussi bien en lettres qu'en sciences et qu'en philosophie, et hésita quelque temps entre des vocations variées : ses succès en langues classiques et en histoire le poussaient vers l'École Normale, section des Lettres ; et tel était l'avis de l'abbé de Lagarde, directeur du Collège. Duhem opta pour la section des Sciences. Ne le regrettons pas : il eût fait un excellent chartiste ; mais nous n'aurions pas eu notre plus grand historien des sciences.

Une maladie d'estomac, dont il ne parvint jamais à se débarrasser, le força d'interrompre ses études, et ce n'est qu'à vingt et un ans qu'il entra — premier — à l'École Normale. Une réputation déjà grande l'y précédait ; ses professeurs de Stanislas avaient vite reconnu qu'il avait en lui l'étoffe d'un maître futur ; et, dit M. Jordan, « ce camarade plus âgé, à la barbe précoce, avait parmi nous sa légende : il passait pour avoir fait des découvertes ». En tout cas, Duhem arrivait à l'École déjà formé. Il savait quelle serait sa voie : la physique. Nous verrons plus tard, en effet, que cette vocation naquit à Stanislas, dans la classe de Mathématiques spéciales. En outre,

P I E R R E D U H E M

il possédait un bagage littéraire de première importance, qui devait lui être, par la suite, de la plus grande utilité : « bien des années plus tard, dit M. Jordan, lorsqu'il déchiffrait des manuscrits latins ou consultait des textes de philosophes ou de mathématiciens grecs, il n'apprenait pas, il se ressouvénait ».

Surtout, dans le milieu de Stanislas, Duhem avait trouvé la solide formation morale et religieuse dont il aurait besoin pour les luttes et, hélas ! les deuils de sa vie. Sa famille était profondément chrétienne : lui conserva toujours intacte sa foi catholique, sans se libérer jamais des obligations qu'elle lui imposait. Il l'a proclamé non seulement par ses actes, mais par ses écrits : en tête d'un article où il défendait la position qu'il avait prise en philosophie scientifique, il mettait ces lignes : « Je crois de toute mon âme aux vérités que Dieu nous a révélées et qu'Il nous enseigne par son Eglise; je n'ai jamais dissimulé ma foi, et Celui de qui je la tiens me gardera, je l'espère du fond du cœur, d'en jamais rougir. »

A l'Ecole Normale, Duhem apprécia surtout deux choses : les longues causeries avec ses camarades littéraires, comme Victor Delbos, le futur philosophe, avec qui il se lia très étroitement; la grande liberté laissée au travail personnel. Il faillit être docteur avant même d'être agrégé. Il ne quitta d'ailleurs l'Ecole qu'après y être resté un an de plus que la moyenne, comme préparateur de physique; son pre-

P I E R R E D U H E M

mier poste universitaire fut Lille, où il passa dix années.

*
**

Années de bonheur, puis de deuil écrasant. C'est à Lille que Duhem se maria, là que naquit sa fille, — là aussi que sa femme lui fut brusquement enlevée. Dans son cœur de chrétien, il sut trouver les consolations; il les chercha aussi dans le travail le plus opiniâtre, ainsi que dans les joies que lui procurait la présence à son foyer de cette enfant dont il se fit l'éducateur.

Lille était une Université extrêmement vivante, dont la Faculté des Sciences publiait, en un Bulletin, les travaux de ses membres, où Duhem trouvait un milieu propre à ses recherches, des étudiants excellents, des collègues — tels que MM. Chevrillon et Painlevé — aussi ardents que lui. Lorsqu'il quitta Lille pour Rennes, il n'y retrouva point la même atmosphère. S'il y rencontra de bons amis d'autrefois — en particulier M. Jordan —, il ne put guère y continuer ses recherches, faute de matériaux. La bibliothèque de l'Université de Rennes était alors, « d'une pauvreté dont on ne peut se faire une idée », et les luttes que Duhem engagea à ce sujet avec l'administration n'aboutirent pas à grand chose. Est-ce de là que date sa violente aversion pour la hiérarchie des bureaux? Lorsqu'on le mettait sur ce sujet, ses colères étaient épiques. A Bordeaux, on

P I E R R E D U H E M

garde le souvenir de véritables drames qu'il soulevait au sein du Conseil Académique, à propos de minuties administratives dont l'inutilité l'exaspérait. Parfois, ces sorties prenaient un tour humoristique qui était tout à fait dans son caractère : « Il avait toutes les formes d'esprit, dit M. Jordan, les plus faciles comme les plus hautes, depuis le vulgaire calembour qu'il ne s'interdisait pas (il a fait et gagné le pari d'en placer un dans sa leçon de physique à l'agrégation) jusqu'aux saillies les plus profondes sous une légèreté apparente ». Un jour, agacé de recevoir cette feuille de renseignements individuels qu'avec une patience désespérante le Ministère envoie chaque année aux professeurs afin qu'ils y transcrivent toujours les mêmes indications, il avisa cette question : « Quels avantages avez-vous, en dehors de l'Université ? », et il écrivit aussitôt sur la ligne réservée à la réponse : « Une barbe magnifique ». D'autres fois, c'était en plein examen que ses sarcasmes contre l'administration se donnaient libre cours. Interrogeant un candidat au baccalauréat, en histoire naturelle — car jusqu'à ces dernières années on imposait cette anormale corvée aux physiciens —, il remarqua que le programme comportait des questions sur l'origine du monde et l'évolution des espèces : à peine le candidat avait-il ouvert la bouche sur ce sujet : « Qu'en savez-vous, Monsieur ? et ceux qui ont élaboré ce programme, en savent-ils davantage là-dessus ? » Et Duhem se mit alors à faire, devant un public accru, un véritable cours sur la fra-

P I E R R E D U H E M

gilité des hypothèses, transformistes ou autres et termina en renvoyant le malheureux élève — avec une bonne note.

*
* *

La chaire de Physique théorique de Bordeaux remplaça Duhem dans un milieu qui lui plaisait. L'existence, dans la ville, d'une Société des Sciences physiques et naturelles, pourvue d'une riche bibliothèque, le consolait de ses déboires de Rennes. La Faculté, importante et animée, lui fournissait de bons étudiants, dont quelques-uns furent pour lui de vrais disciples; le grand public se pressait à ses conférences; son influence s'accroissait de plus en plus. Tout ce qu'il recevait de l'Université et de la ville comme commodités de travail, il le leur rendait en gloire : et l'on finissait par dire : Duhem, de Bordeaux, comme on dit aujourd'hui Sabatier, de Toulouse, ou Cuénot, de Nancy. Mais la France n'est pas, comme l'Allemagne, une terre bénie pour les Universités provinciales; un professeur de Göttingue ou d'Iena voit venir à lui autant et plus de disciples que s'il était à Berlin; un maître de Bordeaux ou d'Aix sera toujours condamné à un rôle de second plan. L'influence intellectuelle de Duhem, son rayonnement scientifique, eussent été décuplés si, après un court stage en province, on l'eût, comme il était naturel étant donné son talent, appelé en Sorbonne. Il le désirait, d'ailleurs. Mais il resta à Bordeaux toute sa vie.

P I E R R E D U H E M

« Pourquoi l'ostracisme qui l'atteignit ? » se demande M. Jordan. « Il est assurément dû [...] à des divergences sincères d'écoles scientifiques. » Duhem, nous le verrons au chapitre suivant, avait sur la physique des idées spéciales, qui n'étaient pas celles de tout le monde. Il s'est posé en adversaire résolu des théoriciens à la mode — qui d'ailleurs devaient triompher. Il était suspect aux physiciens parce qu'il faisait trop de mathématiques; et si chez les mathématiciens il trouvait de sincères admirateurs, il se défendait pourtant d'être des leurs. Mais tout cela n'explique qu'en partie cet ostracisme. « Duhem aussi, continue M. Jordan, il faut le reconnaître, en porte la responsabilité par l'excès de quelques unes de ses qualités. Il a toute sa vie pratiqué l'adage : *Amicus Plato, magis amica veritas*. Qu'était-ce, quand Platon ne lui était pas sympathique ! Il ne craignait pas les polémiques où il était capable d'avoir la dent très dure, surtout quand des ménagements auraient pu faire douter de son indépendance. Les réputations d'ailleurs et les situations ne lui en imposaient pas ; d'autant qu'une pointe d'esprit de contradiction faisait partie de sa tournure d'esprit, et qu'il n'était pas ébloui par des titres que, sans les dédaigner, il estimait à leur juste valeur [...] Très estimé et soutenu de quelques uns, il était très loin de réaliser l'idéal du bon candidat : celui qui ne déplaît à personne. Si encore, il avait toujours été candidat ! Lorsqu'on créa la chaire d'Histoire des Sciences au Collège de France, je fus chargé par un professeur du Collège qui s'inté-

P I E R R E D U H E M

ressait beaucoup à lui de l'engager à poser sa candidature. Ses titres, moindres alors qu'ils ne l'auraient été quelques années plus tard, étaient déjà éclatants. Il refusa : « Je suis, me dit-il, physicien. C'est comme tel qu'on me prendra à Paris, si je dois y revenir. Je ne veux pas y rentrer par une porte dérobée ». Telles étaient les susceptibilités de point d'honneur auxquelles on se heurtait avec lui. Plus il avait senti d'opposition à ses doctrines, plus il entendait qu'on leur fit en quelque sorte des excuses en sa personne. »

Au fond, Duhem avait une telle horreur de tout ce qui pouvait ressembler à des sollicitations, à des démarches qu'il trouvait abaissantes, qu'il eût désiré qu'on vînt le chercher. On ne vint pas. Il est certain, ajoute M. Jordan, qu'il a été « aussi victime de sentiments mesquins et injustes. J'ai vu de mes yeux comment se formait instinctivement contre lui la coalition de ceux qu'il offusquait ou effrayait. Car il faisait peur, parce qu'on savait que ses propos, et, quand il se serait tû, son exemple, sa supériorité, son labeur, son désintéressement, son influence sur les étudiants, sa parfaite simplicité, seraient un reproche perpétuel pour la routine, le laisser-aller, l'arrivisme et la suffisance ».

Pourtant, il est bien rare, chez nous, que la justice ne finisse pas par triompher. Ce fut une magnifique réparation que cette élection à l'Académie des Sciences, comme membre non résidant. Ce fut aussi pour Duhem une très grande joie. Comme le dit M. Jordan, « tous ses intimes ont remarqué en lui, depuis ce mo-

P I E R R E D U H E M

ment, quelque chose de plus épanoui, et beaucoup plus d'indulgence. Il avait eu la joie de voir voter pour lui, et lui revenir franchement, des hommes qu'il avait jusque là considérés comme peu favorables à sa personne ou à ses idées, et toute sa personnalité en fut comme adoucie et détendue ». On peut affirmer aussi qu'une autre réparation l'attendait : la guerre finie, il aurait été appelé, cela ne fait aucun doute, à cette chaire du Collège de France pour laquelle on avait pensé à lui, jadis : et cette fois, il aurait accepté. Le monde scientifique n'a pas eu la joie de le voir occuper ce poste dont il était devenu le seul digne.

*
* *

En dehors de son travail professionnel, Duhem, pendant les premières années de son séjour à Bordeaux, eut à s'occuper d'une œuvre à laquelle il se donna tout entier : l'éducation de sa fille, et tout spécialement sa formation religieuse, pour laquelle, chaque semaine, il l'accompagnait au catéchisme de la paroisse Sainte Eulalie. Dieu allait lui demander un sacrifice qui, s'il fut pleinement accepté et consenti, n'en fut pas moins douloureux : cette enfant qui seule lui restait, cédant à une impérieuse vocation, le quitta pour s'occuper, dans la région parisienne, d'œuvres charitables et sociales. Elle ne fut d'ailleurs pas perdue tout à fait pour lui, car les vacances les réunissaient à Cabrespine : mais le foyer fut, le reste du temps, bien vide, et la joie de voir sa

P I E R R E D U H E M

filie suivre les leçons de désintéressement et de dévouement qu'il lui avait toujours inculquées fut, pour ce père resté seul, l'unique consolation. Est-ce au drame intime qui se déroula dans son cœur qu'il faisait allusion, lorsqu'en un discours devant des étudiantes, il parlait, beaucoup plus tard, de « cette muraille derrière laquelle la fille la plus aimante et la plus confiante demeure toujours, pour son père, une mystérieuse énigme ? »

Solitaire à présent, Duhem travailla — et pria. Il s'enferma chez lui de plus en plus, ne sortant guère que pour aller faire ses cours. C'est l'époque de sa plus grande production historique et scientifique, l'époque où il menait de front plusieurs travaux, où, sur sa table encombrée de livres et de manuscrits, il « couvrait des pages entières de sa belle écriture régulière et lisible », sans la moindre rature. Mais, lorsque, revenant de la Faculté, il regagnait la rue de la Teste ¹, où il habitait, il s'arrêtait en général dans la chapelle des Fransciscaines, près de sa demeure ; souvent aussi, sans qu'il aît d'ailleurs jamais voulu faire partie d'une œuvre charitable organisée, conférences de Saint Vincent de Paul ou autres, il montait chez quelque malade : il lui arriva de passer plusieurs heures par semaine, dit M. Jordan, « au chevet d'un pauvre diable qui agonisait dans son voisinage, à le distraire, à le reconforter, à l'aider à mourir ». Par là, il me semble se rapprocher encore

¹ Aujourd'hui, rue Pierre Duhem.

P I E R R E D U H E M

de celui qu'il prit toujours pour modèle, dont l'influence se fait sentir à chaque page de ses travaux philosophiques, dont il a transcrit une phrase en épigraphe de la Notice sur ses titres, dont il savait presque entièrement par cœur les *Pensées* : le malade soigné par Duhem ne nous rappelle-t-il pas ce Pauvre de M. Pascal sur lequel Barrès, en ses dernières années, aimait à méditer ?

*
**

Que l'on ne pense pas pourtant que ce savant au caractère intransigeant, que ce travailleur opiniâtre qui jamais ne laissait une question inachevée, n'ait pas connu d'autres jouissances que celles de l'étude. Sa passion dominante après la physique était l'amour de la nature, de l'aveu de M. Jordan à qui nous laisserons une fois de plus la parole, car, souvent compagnon de Duhem pendant ses vacances, il a pu saisir à merveille chez son ami cette parfaite compréhension des paysages et des sites. « La promenade avec lui, dit-il, était d'un intérêt extraordinaire, parce que, littéralement, il apprenait à voir. Je mettrai toujours au nombre des meilleurs souvenirs de ma vie les quelques excursions pédestres que j'ai eu la bonne fortune de faire avec lui, sac au dos, à petites journées, en 1896, dans les Causses et l'Aigoual, en 1897 dans la région du Mézenc et la vallée de l'Ardèche, en 1898 dans la Lozère, en 1900 dans la région montpelliéraine, en 1902 dans les Pyrénées

P I E R R E D U H E M

orientales ; puis les circonstances interrompirent cette bonne tradition. En 1906 nous pûmes encore passer quelques jours ensemble au Rozier, dans les gorges du Tarn. Très souvent, ces courses nous ramenaient dans des pays que Duhem connaissait déjà. C'était tout profit pour le compagnon de route auquel il en faisait les honneurs ; je crois que pour lui c'était tout plaisir ; fidèle à son caractère, il aimait mieux revoir que voir, parce qu'alors il pouvait combiner ses courses de manière à aborder chaque site à l'heure, par le temps, par l'éclairage convenables. Une pareille manière de voyager n'est pas possible partout : elle suppose des excursions courtes, faciles à couper, que l'on commence et finit à l'heure qu'on veut ; la grande montagne ne s'y prête pas. Aussi Duhem s'était-il fait une théorie sur la préférence à donner à la montagne moyenne... »

« Dans nos excursions pédestres, ajoute M. Jordan, je lui ai toujours connu comme inséparable compagnon un bâton ferré, solide et noueux, une espèce de massue d'Hercule à laquelle il tenait à cause de son histoire. Son grand-oncle avait [à Cabrespine] rendu à un pauvre diable je ne sais quel service. L'autre tint à montrer sa reconnaissance. Il choisit dans la montagne une belle pousse de genévrier, la pourvut d'un tuteur, la surveilla, et, quand elle fut à point, y tailla une canne qu'il offrit à son bienfaiteur ».

La montagne, Cévennes ou Pyrénées Orientales, n'était pas pour Duhem le seul lieu de vacances : il

P I E R R E D U H E M

y substitua à plusieurs reprises la Bretagne, et, plus particulièrement, Ouessant, où il menait la vie des pêcheurs de l'île ; il aimait beaucoup la mer, la navigation à la voile, et savait à merveille conduire une embarcation. Il racontait volontiers l'histoire de ce touriste, ancien Normalien, qui, le rencontrant sur le port et le prenant pour un matelot de l'endroit, lui demanda un service et lui offrit un pourboire, avant de faire avec lui une reconnaissance amusée.

L'un des principaux délassements de Duhem en vacances, où qu'il fût, était le dessin. Depuis sa jeunesse, il cultivait un réel talent. A Stanislas déjà, ses caricatures étaient célèbres ; à l'École Normale, il hésita un instant, à cause de ce don, entre la physique et l'histoire naturelle. Ensuite, il reçut des conseils du peintre Janmot. Il savait, dit M. Jordan, rendre la nature en artiste. « Au début, il pratiquait surtout le dessin à la plume, avec un faire un peu sec. Plus tard, il adopta un procédé plus commode en excursion. Il faisait au crayon, avec une rapidité incroyable, une esquisse assez poussée, notait quelques indications indispensables sur les ombres, les valeurs, le ciel ; au retour, à ses moments perdus, il travaillait ses dessins au pinceau. Il en laisse des albums entiers. Il parlait d'en faire des recueils documentaires : rochers de France, par exemple, ou villages de France. [...] Il ne dessinait pas seulement les formes et les aspects : il en comprenait le pourquoi ».

Mer ou montagne, Duhem, on le voit, ne recher-

P I E R R E D U H E M

chait point les endroits trop fréquentés. Il avait une horreur instinctive de tout ce qui pouvait sentir le snobisme. Jamais il ne consentit à aller dans les Alpes, qu'il trouvait trop à la mode. Dans ses goûts littéraires ou artistiques, on retrouve la même aversion pour le convenu. M. Jordan nous dit qu'il ne s'était jamais décidé à ouvrir un roman russe, agacé par la façon dont cette littérature avait été « lancée ». En peinture, fanatique des maîtres flamands qu'il avait beaucoup étudiés au musée de Lille ou en Belgique, il aimait peu les peintres italiens, craignant là encore de sacrifier à des enthousiasmes de commande. Il suffit d'ailleurs d'ouvrir ses ouvrages historiques ou philosophiques pour voir quelle somme immense de connaissances, dans les genres les plus variés, il avait amassée par ses lectures, même en dehors du terrain professionnel.

Telles étaient les occupations de Duhem en vacances. Il y faut encore ajouter, lorsqu'il était à Cabrespine, les innombrables services qu'avec une patience inlassable il rendait aux paysans de son village. « On ne saura jamais, dit M. Jordan, ce qu'il a soulagé de misères, écrit de lettres, fait de démarches, donné de conseils et de bonnes paroles ; sa maison était un vrai secrétariat du peuple ». La vénération des Cabrespinois pour « Monsieur Pierre » était touchante. Elle s'accrut encore pendant la guerre, où ils eurent plus que jamais recours à lui pour les rapports avec les bureaux, les hôpitaux, les camps de prisonniers.

P I E R R E D U H E M

*
**

Il ne connut de la guerre que les deux premières années : elle fut néanmoins pour lui le signal d'une recrudescence d'activité, sociale et intellectuelle.

Bien caractéristique de l'esprit général de 1914, ce changement total dans les habitudes et les actes de Duhem. L'isolé n'hésita pas à sortir de sa réserve ordinaire, et se mêla sans attendre aux œuvres de guerre. C'est surtout au Comité girondin de l'Orphelinat des armées qu'alla son dévouement. Lorsque, en août 1915, ce comité organisa une réunion générale des mères d'orphelins de la guerre de la région, Duhem, écrit la secrétaire de l'œuvre, « voulut bien se charger d'expliquer à ces deux cents veuves la manière dont le Comité girondin se proposait de les aider. Alors que beaucoup d'entre elles, un peu effrayées par le titre même d'*Orphelinat des Armées*, craignaient qu'on ne prit leurs enfants pour les élever loin d'elles, ou encore qu'on ne tentât, sous prétexte d'aide morale, d'inculper aux orphelins des idées religieuses ou sociales en désaccord avec celles de leurs parents, M. Duhem sut, avec infiniment de tact et un rare bonheur d'expression, leur persuader qu'elles pouvaient accepter sans inquiétude l'aide matérielle et morale qui leur était offerte ». L'hiver suivant, lorsque l'œuvre se développa, Duhem s'imposa de venir, chaque dimanche, au siège du Comité, participer à la tâche laborieuse et sans gloire de la distribution des secours ou de l'inscription des adhé-

P I E R R E D U H E M

rents, profitant largement de cette occasion pour réconforter, par des paroles bienveillantes, les veuves qui défilaient devant lui.

Activité intellectuelle, aussi. Comme beaucoup de savants, à cette époque, Duhem mit sa plume au service de la patrie. Un article sur *Science allemande et Vertus allemandes*, et surtout sa série de leçons sur *la Science allemande* faites à l'Association des Étudiants catholiques, telle fut sa contribution à la littérature... j'allais dire de guerre; mais le mot serait, en l'occurrence, singulièrement inexact. Duhem aimait trop la probité scientifique pour se laisser entraîner à des lignes violentes : la *Science allemande*, livre écrit pendant la guerre, n'a rien du livre de guerre, et l'on peut le lire aujourd'hui encore avec intérêt. Sans rien qui ressemblât à un parti pris haineux, Duhem dénonçait les défauts communs aux savants germaniques, et particulièrement leur manque d'esprit de finesse : mais, sans admiration exagérée, il rendait hommage à leurs réelles qualités de discipline ou de minutie. Il est sans doute un des rares Français, à cette triste époque, ayant eu le courage de dire que la violation de la neutralité belge n'empêchait pas l'Allemagne d'avoir produit de grands physiciens ; mais par ailleurs ce même souci de justice l'incitait à proclamer — dans un opuscule intitulé *la Chimie est-elle une science française ?* — la grandeur de l'œuvre de Lavoisier, en regards des théories erronées d'un Stahl.

Duhem avait cependant eu à se plaindre de certains

P I E R R E D U H E M

savants allemands. « A deux reprises, dit-il dans sa Notice, nous nous sommes, à notre insu, aventuré sur un terrain fraîchement battu par les savants physiiciens de l'Ecole de Göttingue. Ceux-ci se sont empressés de reconnaître la supériorité de [nos] méthodes générales sur les hypothèses particulières qui avaient servi de point de départ à leurs travaux. Ces travaux, c'est suivant les principes de l'Energetique qu'aujourd'hui M. W. Voigt en donne l'exposé. Mais, en cet exposé, on chercherait en vain notre nom... » Ce qui ne l'empêchait pas de conclure en citant un mot prononcé par Lamé dans des circonstances analogues : « Qu'importe, si la science a marché ! »

Il projetait, pour le printemps de 1917, une nouvelle série de conférences sur un thème qui, traité par lui, eût été d'un puissant intérêt. Il comptait y montrer la guerre, avec son effroyable barbarie à base scientifique, comme un châtiment voulu par Dieu pour punir l'homme de son utilitarisme outrancier. La science, aurait-il dit, a depuis trop longtemps abandonné la recherche désintéressée : elle s'est mise au service de l'utilitarisme : péché contre l'Esprit Saint ! Abandonnée, à cause de cela, par Dieu, elle se retourne contre l'homme, et ne sait plus, à présent que détruire et ravager. C'est là encore une idée qui n'avait guère cours en 1916.

*
**

P I E R R E D U H E M

Ces conférences, nul ne pouvait prévoir qu'il ne les prononcerait pas. Certes, sa santé avait toujours été mauvaise, et les douleurs d'estomac qu'il traînait depuis son enfance ne lui avaient jamais laissé de répit. Il les supportait héroïquement, avec le sourire, bien près de penser, comme son maître, que la maladie est l'état naturel du chrétien. Mais rien n'indiquait l'approche de la crise qui devait soudainement l'emporter. Aux vacances de 1916, comme à l'ordinaire, il était parti pour Cabrespine, où sa fille venait le rejoindre. Il avait repris ses conversations avec les paysans, il avait recommencé à leur rendre les services qu'ils lui demandaient sans cesse ; il avait également maintenu ses habitudes de promenade quotidienne.

C'est précisément pendant une de ces sorties, le 2 septembre, qu'il se sentit fatigué, dut, contre sa coutume, se reposer en chemin. La nuit qui suivit, il subit, brusquement, une crise cardiaque d'une violence extrême, qui, après des souffrances aiguës, le laissa brisé. Le médecin appelé n'eut pas d'hésitation et diagnostiqua une angine de poitrine. « Je comprends, dit Duhem sans cesser de sourire : cela signifie : pensez à la mort. » — « Je n'ai jamais demandé à Dieu qu'une chose, ajouta-t-il les jours suivants : de me garder jusqu'à ce que ma fille puisse se passer de moi. » Comme le dit l'abbé Bergereau qui la rapporte, cette parole équivalait, sans aucun doute, à un *Nunc dimittis*.

Cependant, croyant qu'il lui resterait quelques

P I E R R E D U H I E M

années de vie, Duhem songea à les organiser au mieux. Il pensa à ses cours publics, se demandant s'il pourrait les reprendre, à son travail du moment, ce monumental *Système du Monde* dont il avait dit, en l'entreprenant : « Si Dieu juge que cette œuvre est utile, il me donnera le temps de l'achever : sinon, qu'importe ? » Il s'inquiéta des promenades qui lui restaient permises, « promenades de cinq cents mètres faites à pas de tortue », écrivait-il, mais pendant lesquelles il pourrait néanmoins herboriser, dessiner. Malgré tout, ce « premier coup de cloche de la vieillesse » avait résonné dans son esprit de façon bien lugubre. Dieu eut la bonté de lui abrégier l'épreuve de la vie diminuée. Le 14 septembre, il se sentait mieux, prenait sa canne pour aller lire le communiqué affiché à la poste, quand sa fille entra dans sa chambre, et causa avec lui quelques instants. Brusquement, il eut une crispation du visage, se prit la barbe avec la main, et expira sans avoir dit un mot, foudroyé par une lésion au cœur. Et il entra ainsi dans la Demeure du Père, réservée aux serviteurs fidèles qui ont su faire fructifier les talents à eux confiés.

*
* *

Ne sachant comment témoigner leur reconnaissance et leur admiration à « Monsieur Pierre », les Cabrespinois décidèrent de l'enterrer au centre de leur cime-

P I E R R E D U H E M

tière. Essayons, pour glorifier sa mémoire, de montrer l'originalité de ses travaux physiques, la justesse de ses vues philosophiques, la magnificence de ses recherches historiques, enfin la puissance de son rayonnement de savant et de chrétien.

CHAPITRE II

Le physicien

Il serait difficile de comprendre la véritable grandeur de Duhem physicien si l'on ne jetait un coup d'œil, aussi rapide que possible, sur les tendances, vers cette fin du dix-neuvième siècle, de la science à l'étude de laquelle il va s'adonner.

La physique est alors, et surtout en France, une science avant tout expérimentale. Depuis cet extraordinaire Regnault, qui, résolument hostile à tout ce qui serait mathématique ou philosophique, a, par sa merveilleuse habileté d'expérimentateur, fait faire à la théorie de la chaleur un pas immense, les physiciens français sont des hommes de laboratoire plus que de cabinet. Ce qui les intéresse, c'est l'expérience, c'est le fait concret qui, dûment constaté ou provoqué, leur permettra d'énoncer, de confirmer ou d'infirmer une loi. Ils aiment à rechercher comment la matière réagit à telle excitation, à étudier pratiquement tel phénomène, à mesurer, avec une précision souvent étonnante, une dilatation ou une vitesse de propagation. Tous les grands noms de la physique, à cette époque, sont ceux d'expérimentateurs, qu'il s'agisse de Pasteur ou d'Amagat, de Lippmann ou de Curie. Faites-les sortir de leur laboratoire, ôtez leur les appa-

P I E R R E D U H E M

reils dont ils se servent, vous les désarmez complètement. Mais, dans leur spécialité, quels merveilleux et ingénieux ouvriers de science ! Rien ne les arrête, ni l'insuffisance des locaux mis à leur disposition, ni l'inexistence des crédits qu'on leur alloue, ni la difficulté de pareils travaux : avec des moyens de fortune, avec des instruments boîteux, mais avec un sens admirable de la recherche et une habileté manuelle qui étonne, ils parviennent à réaliser des expériences définitives. Regnault n'a point d'autre aide que la femme de ménage qui balaye ses planchers ; Pierre Curie, dans la vieille remise qu'on lui a abandonnée sous le nom de laboratoire, n'a pas de cheminée d'aération, et doit sortir dans la cour lorsque les produits qu'il traite dégagent des gaz nocifs ou malodorants. Et, malgré cela, les découvertes s'accumulent, les lois fondamentales sont dégagées, les propriétés nouvelles sont étudiées : car rien n'arrête ces expérimentateurs acharnés.

Cependant, la perfection même de leur méthode n'était pas sans danger. A force d'admirer l'ingéniosité de ces appareils, on finissait par considérer les détails de l'expérience comme aussi importants que les résultats ; et l'on s'extasiait sur l'habileté avec laquelle le physicien, par un jeu compliqué de tubes, de cristaux, de miroirs ou de robinets, était parvenu à établir une loi, plus que sur l'élégance ou la généralité de cette loi elle-même. Chose grave, ces tendances fâcheuses se manifestaient surtout dans l'enseignement. Les traités de physique de la fin du

P I E R R E D U H E M

dernier siècle, et même du début du nôtre, insistaient plus que de raison sur les descriptions d'expériences, sur le réglage des appareils, sur les dispositifs plus ou moins perfectionnés imaginés par tel ou tel — si bien que le point capital, à savoir le résultat, semblait relégué au second plan, et que les élèves, rebutés par d'interminables exposés pratiques dont l'intérêt didactique était mince, sentaient mal la grandeur de la découverte qu'on paraissait prendre plaisir à leur masquer. Les étudiants de ma génération se souviendront toujours de l'horreur que leur inspirait la thermophysique, parce qu'on la leur présentait noyée dans ce qu'ils appelaient irrévérencieusement la « chaudronnerie de Regnault ».

A l'étranger, pourtant, d'autres tendances apparaissaient. Des physiciens surgissaient, pour qui l'expérience valait peu à côté de la théorie, et qui se proposaient, non de perfectionner les moyens d'investigation, mais de codifier et de mettre en équations les résultats obtenus par leurs devanciers. Des hommes comme Maxwell, comme Gibbs, comme Helmholtz, n'étaient pas des expérimentateurs : c'étaient cependant de grands physiciens. Beaucoup, en France même, commençaient à tourner les yeux vers eux ; et certains professeurs, dans leurs cours, savaient faire à leurs travaux la place qu'ils méritaient. Duhem eut la chance de tomber sur l'un de ces maîtres : et de là date l'orientation définitive de toute sa carrière scientifique.

*
**

P I E R R E D U H E M

C'est à Stanislas qu'enseignait ce Jules Moutier, à qui Duhem a rendu pleine justice quand, dans la Notice sur ses travaux publiée à l'occasion de sa candidature à l'Institut, il écrit, à la première ligne : « Jules Moutier, qui nous fit aimer les théories de la physique... » Auprès de Moutier, le jeune collégien apprit que la physique peut n'être pas uniquement expérimentale, que l'étude théorique des phénomènes et de leurs lois n'est pas moins importante que le travail du laboratoire. Cependant, pour qui désirait poursuivre dans cette direction, l'habileté manuelle ne suffisait plus : une culture mathématique très forte était nécessaire. A Stanislas également, Duhem la trouva, que ce fût auprès de Vazeille, le professeur de Mathématiques spéciales, maître aimé de ses élèves qui, au Cimetière Montparnasse, ont placé un médaillon sur sa tombe, que ce fût auprès de Charles Biehler, le directeur des études scientifiques, mathématicien de grand talent, dont l'influence sur les jeunes était considérable, et qui — dit la légende — lorsqu'il voulait les récompenser, les faisait venir dans son bureau pour leur montrer, avec admiration, comme on ferait d'une belle statue ou d'une fleur rare, une de ces « fonctions sans dérivée » que venaient de découvrir Weierstrass et Darboux.

A l'Ecole Normale, Duhem retomba quelque peu sous l'emprise expérimentale, spécialement pendant l'année qu'il y passa comme agrégé-préparateur. Mais il n'abandonna pas pour autant son rêve de physique théorique, renonçant même, pour le poursuivre, à

P I E R R E D U H E M

la situation très belle qui lui était offerte dans le laboratoire de Pasteur, et vers laquelle auraient pu l'attirer, outre l'intérêt des recherches auxquelles il se serait livré sous la direction du Maître, un penchant assez vif pour l'histoire naturelle, et son grand talent de dessinateur. Mais sa décision était prise : il serait, avant tout, un théoricien de la physique, et, comme il l'a écrit, il s'est engagé dans cette voie « pour ne plus la quitter ».

*
**

Parmi les présents scientifiques que le dix-huitième siècle finissant avait légués à son successeur, il n'en était pas de plus complet et de plus harmonieux que la Mécanique rationnelle, portée par DAlembert, puis par Lagrange à un tel degré de perfection que peu y a été ajouté jusqu'à nos jours. Science du mouvement des points isolés, des systèmes de points, des corps solides, elle possédait ses lois — principe des vitesses virtuelles, principe de DAlembert —, ses théorèmes fondamentaux — force vive, quantité de mouvement —, ses méthodes analytiques générales — équations de Lagrange —, qui permettaient de résoudre tous les problèmes, qu'il s'agît de mouvements compliqués comme en Dynamique ou d'équilibres comme en Statique. Science purement mathématique, d'ailleurs, ayant totalement oublié les quelques fondements expérimentaux sur lesquels elle avait pu, à l'origine, reposer, et qui ne différait de l'analyse

P I E R R E D U H E M

que par l'introduction du *temps* comme quatrième variable, à côté des trois coordonnées d'espace.

Mais la Mécanique classique ne considère que des êtres idéaux, très différents de ceux qu'étudie la physique : elle ne tient aucun compte des changements d'états qui peuvent accompagner le mouvement : abaissement ou élévation de température, dilata-tions, réactions élastiques, chimiques, magnétiques, électriques, il faut, lorsqu'on veut introduire ces données, recourir à d'autres disciplines : et, à l'épo-que où surgit Duhem, une seule de ces branches commence à s'ébaucher, la *Thermodynamique*, adjoignant à l'étude du mouvement des corps celle de leurs variations calorifiques.

C'était surtout dans les travaux de savants étrangers comme Helmholtz ou J. Willard Gibbs, complétés par ceux du Français Massieu, qu'apparaissaient ces premiers essais pour traiter la science de la chaleur par les méthodes de la Mécanique rationnelle, et ce furent précisément les théories de ces auteurs que Moutier fit lire à son jeune élève. Duhem datait son orientation scientifique de la lecture de deux ouvrages fondamentaux : le premier mémoire de Helmholtz sur la Thermodynamique chimique, et les *Etudes sur les équilibres chimiques* où G. Lemoine exposait les travaux de Gibbs. Cette science, encore neuve, était bien faite pour attirer un débutant, et surtout un esprit aussi mathématique que Duhem : entre elle et la Statique classique, il ne manquait pas d'entrevoir de profondes similitudes : comme il l'a dit lui-même

P I E R R E D U H E M

dans une page de sa Notice, « entre les conséquences auxquelles aboutissaient ces deux sciences, dont chacune se développait à partir de ses propres principes, des analogies apparaissaient ; les propositions les plus importantes de la Thermodynamique prenaient une forme semblable à celle qu'avaient, depuis longtemps, revêtu les théorèmes de la Mécanique ; pour étudier les lois des états de repos auxquels aboutissent les changements d'état physique et les réactions chimiques, la Thermodynamique était amenée à considérer une grandeur, l'*Available Energy* de Gibbs et Maxwell, [...] qui, en cette Statique physico-chimique, jouait le rôle que la Statique mécanique attribue au *potentiel* des forces intérieures à un système. [...] Conduire les théories de la Statique thermodynamique par des méthodes toutes semblables, en leur forme, à celles par lesquelles, depuis La grange, se déroule la Statique mécanique, tel avait été le constant souci de Gibbs et de Helmholtz. [...] Le désir de mettre plus fortement encore, si possible, cette analogie en évidence guida nos premiers travaux ».

C'est dans cet esprit que Duhem aborda, aussitôt que le souci des examens cessa de l'absorber, l'étude de la Thermodynamique. Dès qu'il fut professeur, c'est cette discipline qu'il prit pour sujet de ses cours : moyen parfait pour l'approfondir, pour en constater les lacunes et pour chercher à les combler. Le principal reproche que l'on pouvait faire aux essais de Gibbs et de ses émules, c'était de s'être

P I E R R E D U H E M

arrêtés, à peu de chose près, à la partie purement statique de cette science : ils n'avaient établi les équations générales de la Thermodynamique que dans les cas où le mouvement n'intervenait pas. Il y avait mieux à faire : il fallait étendre ces résultats à des corps dont on considérerait la variation de l'état calorifique non seulement avec le temps, mais avec le déplacement. Ce pas difficile, Duhem l'a franchi : et l'un de ses meilleurs élèves, M. Jouguet, a pu écrire dans un article nécrologique consacré à son maître : « Sa contribution fondamentale consiste dans le fait qu'il a formulé définitivement les équations de la Thermodynamique des corps en mouvement. » Dans ce domaine que l'on pourrait appeler de la Thermodynamique pure, par opposition avec la discipline générale dont nous parlerons dans un instant, Duhem est un des noms les plus grands. Partant des lois expérimentales jadis formulées par Sadi Carnot et par Joule —les véritables fondateurs de cette science —, il amène la Thermodynamique à ce point de perfection auquel Lagrange avait porté la Mécanique rationnelle. « Il est difficile aujourd'hui, dit encore M. Jouguet, d'écrire sur la Thermodynamique sans subir son influence » ; et M. Bouasse, dans la préface du volume qu'il a consacré à cette branche de la Physique, écrit : « Ce livre n'existerait pas sans les ouvrages de M. Duhem : il en est tout imprégné. »

*
* *

P I E R R E D U H E M

Mais cette Thermodynamique, où seules viennent s'ajouter aux déplacements et au temps les variations de température, Duhem comprit vite que ce n'était là qu'un bien petit canton de la physique, et que ses résultats pouvaient et devaient se généraliser d'une façon extrêmement ample.

L'état thermique d'un corps est, en effet, loin d'être la seule de ses propriétés qui semble susceptible d'être mise en équations : la Physique et la Chimie étudient d'innombrables autres modifications, telles que les dilatations, les contractions, les fusions et vaporisations, les réactions qui accompagnent les combinaisons ou les dissociations chimiques, les dissolutions, les variations électriques ou magnétiques. Pourquoi tous ces phénomènes, analogues au fond aux phénomènes calorifiques, ne se prêteraient-ils pas au calcul, de la même façon que ceux-ci ? Ce que Duhem, à la suite de Gibbs et de Helmholtz, venait de réaliser pour la Thermodynamique, ne pourrait-il pas l'étendre à ce domaine beaucoup plus général, embrassant, en un mot, tout l'ensemble des modifications physiques et chimiques que les corps sont susceptibles d'éprouver ? Projet grandiose, dont la difficulté et dont la largeur attirèrent aussitôt l'esprit de Duhem, épris d'idées générales autant que de précision mathématique. L'édification de cette doctrine si vaste le séduisit, et, comme il le dit lui-même, « la construction d'une telle science nous apparut comme un objet digne que notre vie fut consacrée à la poursuivre ».

« Cette science, ajoute-t-il, que nous voulions cons-

P I E R R E D U H E M

truire sous le titre de *Thermodynamique générale*, elle avait déjà reçu un autre nom. Dès 1885, dans un mémoire génial que nous ignorions, comme l'ignoraient la plupart de nos contemporains », l'Écossais Rankine en avait nettement défini le domaine, et l'avait appelée *Energétique*. Duhem adopta ce nom : sa voie était désormais tracée : il serait le théoricien de l'Energétique.

*
**

Magnifique projet, à la vérité. En le concevant, et en s'appliquant à le réaliser, Duhem, peut-être sans s'en douter, était bien de son siècle, ce dix-neuvième siècle passionné des larges synthèses et des rapprochements définitifs, qui, en physique, était parvenu à montrer l'étroite parenté entre électricité, magnétisme et lumière. Voyant plus haut encore, Duhem concevait avec hardiesse une science générale, comprenant comme cas particuliers d'une part toutes les théories physiques spéciales, d'autre part la mécanique rationnelle elle-même, car, disait-il avec raison, « le changement de lieu dans l'espace n'est pas une modification plus simple que le changement de température ou de quelque autre qualité physique ». Tout cela, l'Energétique l'intégrait, « embrassant dans ses formules toutes les modifications des corps ». C'était vraiment l'application la plus générale possible des mathématiques au monde de la physique.

Car, ne l'oublions pas, l'Energétique est une

P I E R R E D U H E M

science mathématique. Seul pouvait la concevoir un esprit familiarisé avec l'algèbre et l'analyse, et au courant de leurs progrès les plus récents. M. Hadamard, qui a fait une remarquable étude de l'aspect mathématique de l'œuvre de Pierre Duhem, a montré combien ce physicien devait à l'un des savants dont il avait, étant à l'École Normale, suivi les leçons, l'admirable Charles Hermite, le représentant le plus parfait du « mathématicien pur ». Il a insisté aussi sur l'utilisation ingénieuse que fit Duhem, à plusieurs reprises, de découvertes mathématiques à peine publiées par leurs auteurs, par exemple certains travaux de Schwarz, de Poincaré ou de M. Picard. Enfin, puisque l'Energétique était un prolongement de la Mécanique classique, seul un savant profondément au courant des principes et des méthodes de cette branche pouvait aborder sa grandiose généralisation : or, dit M. Jouguet, « Duhem était avant tout un mécanicien ».

La tâche première était de codifier les principes de l'Energétique, de passer en revue par conséquent les outils généraux avec lesquels on pourrait entreprendre l'étude que l'on avait décidée. Tant au point de vue statique qu'au point de vue dynamique, Duhem n'a pas de peine à mener à bien cette recherche. Il est guidé, d'ailleurs, par le parallélisme qui existe, et qu'il désire maintenir, entre Energétique et Mécanique classique : la science nouvelle, écrit M. Jouguet, « use de procédés tout à fait analogues à ceux de cette dernière doctrine : sa Statique est un épanouissement

P I E R R E D U H E M

du principe des vitesses virtuelles, sa Dynamique une extension du principe de Dalember et des équations de Lagrange ».

Cependant, si l'Energétique n'est nullement une science expérimentale, elle doit s'appuyer, au moins à l'origine, sur des faits d'observation et d'expérience: ce n'est que par l'expérimentation que l'on saura de quelle manière, par exemple, se dilate un corps, ou se propage la chaleur: la théorie ne peut venir qu'après: mais elle viendra sans tarder, substituant aux nombres donnés par l'expérience des symboles algébriques, dont l'introduction systématique permettra d'établir des formules ou des équations applicables à tous les cas; ainsi l'état d'un corps, d'un système quelconque, sera caractérisé, à un instant t , par un grand nombre de quantités variables, qui seront, non plus seulement ses trois coordonnées spatiales, comme dans la Mécanique ordinaire, non plus seulement sa température, comme dans la Thermodynamique de Gibbs, mais sa densité, sa pression, sa charge électrique, etc. En insistant sur telle de ces variables, en supprimant les autres, on obtiendra les divers cas particuliers, jadis considérés comme des branches spéciales, mais que l'Energétique englobe en une discipline unique et parfaite.

*
**

C'est surtout dans ces applications de la théorie générale que Duhem se révèle grand: un certain

P I E R R E D U H E M

nombre d'entre elles n'ont progressé que grâce à lui ou à ses disciples immédiats. Nous avons signalé plus haut son rôle en Thermodynamique pure. L'une des principales questions qu'il a ensuite abordées a été la mécanique des corps déformables, qui, sous l'action du temps ou du mouvement, subissent de profondes modifications dues à leur nature même : tels sont les liquides ou les fluides, les corps visqueux, les solides élastiques. Dans chacune de ces branches, le nom de Duhem s'inscrit au premier rang. Les problèmes de l'hydrostatique, de la stabilité des corps flottants ¹, des petits mouvements d'un liquide, sont l'objet de belles études. L'hydrodynamique est abordée avec des méthodes originales. « Il est impossible, écrivent MM. Appell et Bégghin dans l'Encyclopédie des Sciences mathématiques (édition française), de ne pas faire une place tout à fait à part aux travaux de P. Duhem sur l'hydrodynamique générale des fluides. Cet auteur, après avoir donné à la Mécanique rationnelle une forme nouvelle et beaucoup plus générale que celle considérée jusqu'alors, a procédé à une révision des principes de l'hydrodynamique, ce qui l'a conduit à la construction de théories nouvelles des plus importantes ». Théories excessivement ardues, aussi : « l'Energétique, dit Duhem, apporte à l'hydrodynamique des lumières nouvelles : mais ces lumières ont surtout pour effet de mieux faire voir les diffi-

¹ Signalons, en particulier, la curieuse discussion de la stabilité d'un navire transportant un chargement liquide.

P I E R R E D U H E M

cultés extrêmes de cette théorie ». Il ne s'arrête pas cependant devant ces écueils ; et ses recherches sur les ondes qui se forment au sein d'un liquide ont entièrement renouvelé la question.

Parmi ces travaux, ceux qui se rapportent aux corps déformables sont fondamentaux. La mécanique classique ne peut, dans ces difficiles problèmes, étudier que les déformations infiniment petites. Duhem commence par s'occuper des corps visqueux, où les déformations sont grandes, mais non permanentes. Il aborde ensuite les systèmes soumis à des modifications permanentes, comme par exemple les corps qui subissent cet étrange effet magnétique que l'on nomme *hystérésis*. Duhem remarque avec justesse que, dans de tels problèmes, les équations de la thermodynamique classique sont tout à fait impuissantes : elles supposent toujours, en effet, que le corps étudié, quelles que soient les actions auxquelles il est soumis, revient, plus ou moins lentement, à son état initial : les modifications qu'elles considèrent sont toujours réversibles. Ici, il n'en est plus de même, et l'on est en présence de ce que Duhem appelle une branche aberrante de l'Énergétique. Les résultats ne sont pas aussi nets que dans des cas plus normaux : mais c'est déjà beau d'avoir pu, comme l'a fait Duhem, mettre le problème en équations.

Branche adventice, aussi, cette partie de l'Énergétique qu'étudie les phénomènes où s'introduisent des *actions de frottements*. La Mécanique rationnelle en avait depuis longtemps abordé l'étude, et l'on

P I E R R E D U H E M

connaît, par exemple, les travaux désormais classiques de M. Painlevé sur le sujet. Là encore, les équations ordinaires de l'Energétique thermodynamique ne s'appliquent point : mais Duhem a montré comment on devait les transformer, introduisant à ce propos la distinction — d'ailleurs très controversée — entre l'équilibre proprement dit et ce qu'il appelle *faux-équilibre*.

Citons encore de remarquables études sur l'équilibre et le mouvement des *fluides mélangés* : là s'introduisent des phénomènes de diffusion, des actions mutuelles, qui compliquent le problème, sans pourtant le rendre insoluble par les méthodes énergétiques.

Mais ces actions diverses — et nous venons de passer en revue celles qui sont dues à la chaleur, à l'élasticité, au frottement, à d'autres causes encore —, ne sont pas les seules dont connaisse la philosophie naturelle : il faut y ajouter, d'une part les réactions chimiques, d'autre part les phénomènes électromagnétiques.

*
**

La chimie a été longtemps une science à part, fort distincte de la physique. Puis s'est constituée peu à peu une doctrine frontière, qui, sous le nom de *physico-chimie*, ou, comme l'on dit plus volontiers aujourd'hui, de *chimie-physique*, tend de plus en plus à ramener l'une à l'autre ces deux disciplines.

P I E R R E D U H E M

Le novateur, dans ce domaine, fut Gibbs : et nous avons vu précisément qu'il fut l'un des maîtres de Duhem. Il était donc tout naturel que ce dernier cherchât à perfectionner l'œuvre ébauchée par Gibbs : c'est à cela qu'il consacra son premier travail, — alors que ses vues sur l'Energétique n'étaient pas encore précisées —, dont le but est de rapprocher Thermodynamique et Chimie, sous un titre d'ailleurs significatif : *le Potentiel thermodynamique et ses applications à la Mécanique chimique*. « Il semble, écrit M. Emile Picard, que les physiciens et les chimistes aient prêté peu d'attention à ce premier ouvrage de Duhem, peut être parce qu'ils n'y trouvaient pas d'expériences nouvelles. Les mathématiciens lui firent un meilleur accueil, frappés sans doute par les analogies avec les questions de mécanique rationnelle qui leur étaient plus familières ». Mais peu à peu, et surtout lorsque la constitution de l'Energétique en corps de doctrine homogène eut mis entre ses mains des outils nouveaux lui permettant d'aller plus avant dans ces difficiles problèmes, Duhem s'imposa. Aujourd'hui, avec Vant' Hoff et H. Le Châtelier, il est unanimement considéré comme l'un des fondateurs de la Chimie-physique, et le volume qu'il a écrit sous le titre de *Thermodynamique et Chimie* est devenu classique.

C'est ici le lieu de rappeler la lutte opiniâtre, et souvent bienfaisante, que Duhem mena toujours contre Berthelot. Lutte courageuse, aussi : car il commença à l'entreprendre dès 1892, n'étant que chargé

P I E R R E D U H E M

d'un cours complémentaire à Lille, et alors que Berthelot faisait figure de pontife et régnait sur la chimie en voulant imposer des idées personnelles, souvent fort belles, mais parfois d'une faiblesse que l'on reconnaît aujourd'hui. Nous avons vu que Duhem ne se laissait pas intimider, au contraire, par les « gens en place ». Dans sa critique des théories thermo-chimiques de Berthelot, Duhem est impitoyable : rien de plus curieux que son petit volume intitulé *Introduction à la Mécanique chimique*, qui se lit presque comme un roman, et où, à côté d'aperçus remarquables sur l'évolution de la notion de chaleur ou d'énergie, qui font pressentir l'historien futur, plusieurs chapitres d'une ironie terrible s'attaquent à Berthelot, montrant ses efforts désespérés pour défendre, malgré les résultats de l'expérience et les critiques de Sainte-Claire Deville, le principe thermo-chimique qu'il avait introduit sous le nom de principe du travail maximum, et qui, après de multiples transformations, a été, dit Duhem, « contraint de s'évanouir en une ridicule tautologie ».



Après la chimie, l'électromagnétisme. « Frontières du domaine énergétique », a-t-on dit. Cependant, là encore, la discipline générale peut s'appliquer. Deux cas sont à distinguer ; si le système que l'on étudie est traversé par des courants électriques permanents, les équations de l'Energétique joueront, sans qu'il

P I E R R E D U H E M

soit besoin de les transformer ; mais si les courants sont variables d'intensité ou de position, le problème est plus ardu, et l'Energétique ne s'appliquera qu'avec des modifications que Duhem indique. C'est peut être là, d'ailleurs, une des parties les plus difficiles de son œuvre, et, comme l'a écrit M. Manville, il y a consacré « le meilleur de sa pensée ». En particulier, dans la théorie du mouvement électrique, Duhem se trouvait en présence des travaux antérieurs de deux grands savants : Maxwell et Helmholtz. Après vingt années de réflexions et de tâtonnements, une conclusion lui semble se dégager de ses résultats : les idées de Maxwell sont insoutenables, son œuvre profondément « illogique » ; les théories de Helmholtz, au contraire, perfectionnées et mises au point, lui paraissent meilleures, et c'est à elles qu'il se range. « On reconnaîtra un jour, a-t-il écrit, que l'œuvre électrodynamique de Helmholtz était vraiment une belle œuvre, et que nous avons bien fait de nous y tenir ». Mais la physique, comme la littérature ou la musique, a ses modes : et lorsque Duhem critiquait l'œuvre de Maxwell, le moment était mal choisi : le vent soufflait délibérément pour Maxwell. Aussi est-ce avec une amertume quelque peu résignée que Duhem écrivait en 1913 : « Nos efforts ont-ils été couronnés de succès ? Reconnaissons-le franchement : ils sont demeurés sans aucun effet : on ne les a ni approuvés, ni blâmés : nul n'en a tenu compte. »

*
**

P I E R R E D U H E M

Quel a donc été le sort de cette œuvre immense accomplie par Duhem ? Devons nous croire que le maître de l'Energetique est demeuré un incompris, qu'on ne l'a pas suivi ? Question extrêmement délicate, et à laquelle on ne peut répondre brutalement.

Nous trouvons, le fait est incontestable, toute une école de disciples immédiats de Duhem, pour qui l'Energétique représente la plus magnifique synthèse physique que l'on ait jamais conçue, et la plus définitive. « La physique du XIX^e siècle », écrivait Bernard Brunhes en 1899, « laisse, comme le lot le plus précieux de son héritage, quelques principes d'une haute portée philosophique [...] qui font apercevoir entre les phénomènes déjà connus et les phénomènes plus nombreux que notre siècle a découverts des liaisons inattendues : électricité et optique, chimie et mécanique, physique de l'éther et physique de la matière, tout est soumis à ces lois qui régissent les transformations de l'énergie : ce sont les principes de la thermodynamique, ou encore de la science de l'énergie, de l'énergétique. [...] Une fois ces lois reconnues, quelque chose d'acquis existe, qui n'est pas susceptible de progrès ultérieur. Si nous n'avons pas scruté tous les mystères, notre vue générale du monde physique s'est éclairée, les grandes avenues de la physique future sont esquissées, [...] les principes généraux, dont les principes fondamentaux de la mécanique se trouvent être des cas particuliers, restent [...] l'une des plus solides conquêtes qu'ait jamais faites l'esprit humain ».

P I E R R E D U H E M

Mais, après avoir lu ces lignes enthousiastes, qui saluent en l'Energétique la science de l'avenir, ouvrons à présent un livre quelconque de physique datant de ces vingt dernières années : qu'y trouvons-nous ? Des équations, certes, et tout aussi nombreuses que chez Duhem : mais leur forme est bien différente : et dans le texte, voici qu'apparaissent à chaque ligne des mots que nous n'avons lus dans aucun des ouvrages de Duhem : atômes, molécules, électrons, protons, quanta, photons, neutrons, c'est là le vocabulaire courant des physiciens d'aujourd'hui. Et à l'Energétique, au puissant et merveilleux effort réalisé par Duhem, pas la moindre allusion ; ou, parfois, une mention presque ironique, parlant de cette discipline à peu près comme les savants actuels parleraient des tourbillons de Descartes ou de la doctrine du phlogistique... Que s'est-il donc passé ? Simplement ceci : le triomphe incontesté de la théorie atomique.

Tandis que Duhem, en effet, employait toutes ses forces à diriger la physique dans les voies de l'Energétique, une autre école grandissait à côté de lui, dont il s'était toujours déclaré l'adversaire irréductible : l'école des atomistes. Entre ces deux tendances violemment contradictoires, la science devait choisir : et ce n'est pas Duhem qui l'a emporté.

La notion d'atôme est une des plus anciennes de la physique : mais jusqu'à la fin du XIX^e siècle elle était encore restée bien vague. Des expérimentateurs contemporains de Duhem, ou plus jeunes que lui,

P I E R R E D U H E M

comme Crookes, Planck, J. J. Thomson, Jean Perrin, tentaient de préciser la doctrine atomique, de mettre en évidence la réalité des atômes et des molécules. De ce mouvement, fort important, Duhem s'est toujours, volontairement, tenu à l'écart : et ce n'était pas indifférence ou bouderie : c'était un parti-pris bien arrêté, après examen attentif du problème : c'était l'attitude que devait nécessairement prendre le champion de l'Energétique.

Pour Duhem, en effet, la théorie doit s'appuyer sur quelques grands principes expérimentaux, considérés comme certains : mais elle ne doit introduire à aucun moment, et surtout à sa base, « la moindre parcelle d'hypothèse », sinon elle est destinée à s'écrouler le jour où des faits nouveaux forceront la science à abandonner, pour une meilleure, l'hypothèse reconnue périmée. Or l'atomisme, proclamait Duhem, n'était qu'une hypothèse entre beaucoup d'autres, une manière ingénieuse et un peu puéride de représenter la constitution de la matière, un « modèle » — et nous verrons plus tard que ce mot était toujours prononcé par lui avec un certain mépris — qui pouvait tout juste satisfaire des esprits désireux de donner à leurs pensées une tournure concrète. Donc, puisqu'il s'agissait seulement d'hypothèses, l'Energétique n'avait point à s'en préoccuper, et les découvertes des atomistes ne devaient pas la troubler. Duhem d'ailleurs s'est expliqué avec franchise et netteté sur ce point capital, en une page fondamentale que l'on ne peut s'abstenir de citer :

P I E R R E D U H E M

« On peut traiter la physique théorique à la façon des cartésiens et des atomistes. Les corps que les sens et les instruments perçoivent, on les résout en corps immensément nombreux et beaucoup plus petits dont la raison seule a connaissance ; les mouvements que l'on observe, on les regarde comme les effets résultants des mouvements imperceptibles de ces petits corps ; à ces corps, on assigne des formes peu nombreuses et bien définies ; de leurs mouvements, on formule des lois très simples et entièrement générales. Ces corps, ces mouvements, sont, à vrai dire, les seuls corps réels, les seuls mouvements réels. Lorsqu'en les réunissant d'une manière convenable, on les a reconnus capables de produire des effets d'ensemble pareils aux phénomènes que nous observons, on déclare que l'on a découvert l'explication de ces phénomènes. *Ce n'est pas ainsi que procède notre Energétique.* » Et, ajoute-t-il plus loin, « l'École néo-atomiste, dont les doctrines ont pour centre la notion d'électron, a repris avec une superbe confiance la méthode que nous nous refusons à suivre. Elle pense que ses hypothèses atteignent enfin la structure intime de la matière, qu'elles nous en font voir les éléments comme si quelque extraordinaire ultra-microscope les grossissait jusqu'à nous les rendre perceptibles. »

« Cette confiance, nous ne la pouvons partager ; nous ne pouvons, en ces hypothèses, reconnaître une vue divinatrice de ce qu'il y a au delà des choses sensibles ; nous les regardons seulement comme des modèles. [...] Mais le temps viendra sans doute où,

P I E R R E D U H E M

par leur complication croissante, ces représentations, ces modèles cesseront d'être des auxiliaires pour le physicien, où il les regardera plutôt comme des embarras et des entraves ... »

Hélas ! Ces lignes de 1913 nous paraissent aujourd'hui vieilles d'un siècle. Comme le dit M. Charles Fabry, elles « ont été écrites à une époque où il fallait quelque courage, ou un certain manque de perspicacité, pour proclamer encore la faillite de l'atomisme ».

Il est incontestable, en effet, que seul un aveugle volontaire pouvait traiter par le mépris, en 1913, les découvertes des atomistes. Quarante ou cinquante ans auparavant, on était encore en droit de croire qu'il ne s'agissait que d'hypothèses : mais les choses avaient entièrement changé. Les physiciens ne s'en tenaient plus à ces dissertations trop vagues, que signalait Duhem, sur le nombre « immensément grand » ou les mouvements « imperceptibles » de ces hypothétiques petits corps : ils avaient fait beaucoup plus : ils connaissaient à présent le nombre exact d'atomes contenus dans un espace donné, ils avaient mesuré les dimensions des molécules, évalué leur poids ; ils avaient suivi les électrons dans leurs courses ; ils avaient vu les atomes se manifester, suivant le mot de M. Fabry, « d'une manière presque individuelle ». Des faits nouveaux s'étaient produits — découverte (en 1895) des rayons X, constatation (en 1900) du rayonnement par *quanta*, etc. — qui ne pouvaient s'expliquer autrement que dans une théo-

P I E R R E D U H E M

rie atomique. Celle-ci sortait du stade hypothèse pour entrer dans la moins contestable réalité scientifique.

Cela, Duhem s'est toujours refusé à l'admettre. « Les relations analytiques, dit M. Picard, traduisant les liaisons imposées aux diverses parties d'un système par sa constitution avaient, semble-t-il, pour [lui] plus de réalité que les atomes et les molécules ». Il avait raison, en un sens. Il poursuivait une œuvre admirablement logique, parfaitement cohérente, et qui ne cherchait point à expliquer la constitution de la matière, mais seulement à traduire en un langage mathématique et par conséquent universel les lois fondamentales qui régissent les réactions des corps aux divers agents extérieurs : l'Energétique pouvait donc fort bien s'épanouir en ignorant l'atomisme. Seulement, l'atomisme aussi se développait en ignorant l'Energétique : et comme l'atomisme a triomphé, l'Energétique est oubliée. Pour nous, gens de 1932, qui ne voyons plus la physique qu'à travers Planck, Bohr, Louis de Broglie ou Dirac, les mémoires de Duhem nous paraissent, il faut l'avouer, singulièrement passés de mode. Ce n'est pas qu'on ait fait mieux : on a fait autre chose, tout simplement ; et les perspectives grandioses qui s'ouvrent aujourd'hui sur le monde physique sont issues de l'atomisme et non de l'Energétique. Au fond, Duhem a passé sa vie à établir, avec un soin extrême, la grammaire d'une langue que l'on ne parle plus.

Est-ce donc un échec complet, et ne reste-t-il rien de cette œuvre à laquelle il s'était consacré avec tant

P I E R R E D U H E M

de ferveur ? Non pas certes ! L'Energétique demeure, et les résultats acquis par elle plaident en sa faveur. « Il n'est pas nécessaire, a dit M. Jouguet, pour faire progresser un chapitre de la science, de l'aborder avec la méthode qui sera celle de demain ». Or, il est incontestable que physique et chimie, par Duhem, ont avancé. A côté des études atomiques sur les électrons, les quanta ou les ondulations, il y aura toujours place pour une science théorique, à laquelle les découvertes nouvelles ne changeront rien : qu'il s'agisse de thermodynamique, d'élasticité, de mécanique chimique, les équations de Duhem auront toujours force de loi, et c'est elles qu'en dépit des théories modernes, on continuera, dans des cas très étendus, à appliquer. Il est d'ailleurs, en matière scientifique, bien impossible de prévoir l'avenir : et nul ne peut savoir si les idées de Duhem ne reviendront pas, un jour ou l'autre, à la mode. « La logique peut être patiente, écrivait-il lui-même, car elle est éternelle ». Reconnaissons loyalement, malgré tout, que la physique actuelle semble s'écarter de plus en plus de ces tendances, et que si la génération énergétique a salué en Duhem son maître le plus éminent, les jeunes d'aujourd'hui l'ont bien oublié.

Ils ont tort. Car, sans même parler de sa contribution à la thermodynamique, à la chimie, à la mécanique des corps déformables, qui le classe bien haut, il mériterait une reconnaissance éternelle pour avoir rappelé aux physiciens l'importance des mathématiques. Avant Duhem, on pouvait encore être bon

P I E R R E D U H E M

physicien, et ignorer le calcul intégral : Duhem a fait pénétrer les mathématiques supérieures dans les sciences physico-chimiques : et l'on ne dira jamais trop à quel point c'était nécessaire. Si, aujourd'hui, nous voyons, grâce à des hommes comme Einstein, Louis de Broglie, Schrödinger, se constituer sous nos yeux la plus vaste doctrine, la plus puissante synthèse que les savants aient osé rêver, c'est, sans aucun doute, parce que les expériences des atomistes nous ont fait pénétrer très avant dans l'étude de la matière et des radiations : c'est aussi, et surtout, parce que ces résultats expérimentaux ont été interprétés par des physiciens qui savaient employer les mathématiques. Et si certains veulent reprocher à Duhem d'avoir engagé la physique dans ce qu'ils appelleraient volontiers l'impasse énergétique, du moins devons-nous le remercier d'avoir indiqué à la génération qui l'a suivi quelles étaient les armes dont un physicien digne de ce nom devait se servir. Sur ce point, les jeunes l'ont écouté : et ils nous ont donné la mécanique ondulatoire.

CHAPITRE III

Le philosophe ¹

¹ Duhem n'eût point approuvé ce titre : il ne voulait être que physicien. Cependant sa *Théorie physique*, qu'étudie ce chapitre, est incontestablement un maître livre de philosophie scientifique.

Quels que soient ses défauts, et quelle que puisse être surtout son apparente caducité, l'œuvre de Duhem, comme l'a justement fait remarquer M. Emile Picard, « présente une remarquable unité due aux idées très arrêtées qu'il avait sur ce qu'il faut entendre par une *théorie physique* ». En effet, nous l'avons constaté à plusieurs reprises, seul un penseur très profond, ayant mûrement réfléchi sur la notion de science, et spécialement de science expérimentale, pouvait concevoir, puis mettre sur pied la vaste synthèse que désirait être l'Energétique. Qu'est-ce que la science ? Qu'est-ce que la physique, en particulier ? Questions que Duhem n'a cessé de se poser, et auxquelles d'ailleurs il répond dans toute son œuvre, mais singulièrement dans cet important et célèbre volume, dont la portée philosophique reste immense, et qu'il a publié en 1906 sous le titre de *la Théorie physique, son objet et sa structure* ; ouvrage de premier ordre quant au fond, quoique un peu décousu, comme tout ce qu'écrivait Duhem, et qui mérite de demeurer, à côté des articles de M. Edouard Le Roy et des quatre livres rouges de Poincaré, comme l'une des meilleures études de philosophie

P I E R R E D U H E M

scientifique parues dans les premières années de notre siècle.

Il est assez difficile de résumer un ouvrage aussi touffu, et, par endroits, aussi profond. M. Mainville l'a fait avec bonheur dans un article des *Cahiers de la Nouvelle Journée* où il se demandait, d'après Duhem, ce qu'est la science. Au demeurant, toute analyse, forcément sèche et impersonnelle, risquerait d'affaiblir la pensée du maître, et donnerait de cette œuvre importante une idée fautive ou insuffisante. Nous ne chercherons ici qu'à dégager les grandes lignes des thèses philosophiques de Duhem.

D'autre part, en exposant avec détails ses idées, nous risquerions sans doute d'amener, sur les lèvres de maint lecteur, cette parole : « Comme tout cela est peu original ! » En effet, ces dissertations sur la valeur — ou plutôt le peu de valeur — de la science, nous les connaissons bien : nous commençons à les avoir lues partout ; mais nous n'oublions qu'une chose : c'est que, dans ce mouvement de réaction contre le scientisme exaspéré de la fin du XIX^e siècle, dans ces tentatives, aujourd'hui couronnées de succès, pour remettre la science à sa vraie place, Duhem a été un des chefs de file. Si ses théories nous semblent vieilles, c'est parce qu'actuellement elles sont passées dans le domaine public : mais c'est précisément à lui que nous le devons en grande partie. Il nous suffira donc de rappeler en quelques mots ces idées, neuves à l'époque de Duhem.

P I E R R E D U H E M

*
* *

C'était, en effet, la belle période du scientisme, et la foi aveugle en la toute puissance de la science régnait sans conteste. Comme l'a excellemment écrit M. Victor Giraud dans son *Essai sur Taine*, « le rôle qu'a joué, dans la conduite de la pensée humaine, l'idée *chrétienne* au moyen âge, l'idée de l'*art* au *xvi^e* siècle, l'idée de la *règle* au *xvii^e*, l'idée de la *raison* au *xviii^e*, l'idée de la *science* va jouer dans la seconde moitié du *xix^e* siècle ». A la suite de philosophes comme Hegel et Auguste Comte, de penseurs comme Renan et Taine, toute une génération va considérer la Science comme une religion.

Contre cette tendance, des voix vont s'élever : Boutroux, Henri Poincaré, Le Roy — et Duhem. Dans l'ensemble, et malgré des divergences de détail, les idées de chacun de ces champions de l'antiscientisme ne diffèrent point : ils refusent tous de voir dans la science un absolu ou une idole ; ils savent que, lorsqu'il s'agit des causes profondes des phénomènes, la science a ses limites ; et leur conviction vient, non pas d'une simple spéculation philosophique, mais d'un contact journalier avec les réalités scientifiques. C'est ce qu'exprime fortement Duhem dans la Préface de sa *Théorie physique* :

« La doctrine exposée en cet écrit, dit-il, n'est point un système logique issu de la seule contemplation d'idées générales : elle n'a pas été construite par une méditation ennemie du travail concret. Elle est née,

P I E R R E D U H E M

elle s'est développée par la pratique quotidienne de la science. Il n'est presque aucun chapitre de la Physique théorique que nous n'ayons eu à enseigner jusqu'en ses détails ; il n'en est guère au progrès desquels nous ne nous soyons maintes fois efforcé. Les idées d'ensemble sur l'objet et la structure de la théorie physique que nous présentons aujourd'hui sont le fruit de ce labeur prolongé pendant vingt ans. Nous avons pu, par cette longue épreuve, nous assurer qu'elles étaient justes et fécondes ».

Parmi ces théories, en réaction contre les idées courantes de l'époque, on connaît surtout celles de Poincaré. Tout le monde a lu ses ouvrages de vulgarisation — *la Science et l'Hypothèse, la Valeur de la Science, Science et Méthode, Dernières Pensées* — et tout le monde les a compris, ou a cru les comprendre. On sait que, pour Poincaré, la science n'est pas autre chose qu'une classification simple de rapports, un langage commode créé par le savant pour énoncer un fait constaté ou une loi déduite de l'observation. C'est, avant tout, un système de relations. Rien ne nous empêche d'inventer un autre langage, de proposer une classification différente de celle que l'on a coutume d'employer, donc d'élaborer une nouvelle théorie qui pourrait être fort distincte de l'ancienne. Cependant, dit Poincaré, nous devons toujours, entre les diverses hypothèses possibles, choisir la plus *commode* : et une théorie scientifique sera commode si elle s'accorde aisément avec l'expérience, si elle peut être transcrite simplement en formules mathé-

P I E R R E D U H E M

matiques, si elle ne conduit pas à des calculs inutilement compliqués. Deux théories différentes pourront être acceptables l'une et l'autre, c'est-à-dire rendre compte avec autant de rigueur des faits observés : nous adopterons cependant celle qui nous semblera la plus commode : et ce n'est pas forcément la vraie. Ainsi, pour reprendre un exemple classique, l'hypothèse de Copernic, disait Poincaré, est plus commode que celle de Ptolémée : les mouvements assignés aux planètes lorsqu'on suppose le Soleil immobile et central sont beaucoup plus simples que dans l'hypothèse de la fixité de la Terre ; les apparences sidérales sont plus facilement explicables ; les formules de la Mécanique céleste sont moins embrouillées. Donc, bien que les preuves positives manquent, nous suivrons Copernic. On sait que c'est ce paradoxe, auquel Poincaré n'attachait pas plus d'importance qu'à un jeu d'esprit, qui a rendu sa renommée universelle chez les non-mathématiciens

La théorie physique de Duhem est beaucoup plus constructive, beaucoup plus cohérente aussi. Certes, nous ne parviendrons jamais à franchir les limites qui, de toute éternité, sont imposées à la science : « toujours, dit-il, au fond des explications qu'elle prétend donner, gît l'inexpliqué ». Cependant, devant cette déficience, le savant ne doit pas s'abandonner à un scepticisme qui risquerait fort de le stériliser : toute théorie scientifique doit essayer, non pas d'expliquer, mais de codifier les résultats expérimentaux obtenus, d'en dégager des lois

P I E R R E D U H E M

aussi générales que possible. En un mot, s'il est vrai, comme le prétendait Poincaré, que la science n'est qu'un langage, le rôle du savant sera précisément d'en établir la grammaire, d'en dresser le lexique. Tâche moins glorieuse, à coup sûr, que de remonter aux origines, aux explications des phénomènes : mais tâche nécessaire, et qui doit nous suffire, puisque l'autre nous est interdite. « La théorie physique donne de l'ensemble des lois expérimentales une représentation condensée ; elle classe ces lois ; elle devine des lois non encore observées et en provoque la découverte : c'en est assez pour que la recherche des théories physiques ne puisse pas être réputée besogne vaine et oiseuse, bien qu'elle ne poursuive pas l'explication des phénomènes ». Et Duhem précise encore sa définition dans les lignes suivantes : « Une théorie physique n'est pas une explication, c'est un système de propositions mathématiques, déduites d'un petit nombre de principes, qui ont pour but de représenter, aussi complètement et aussi exactement que possible, un ensemble de lois expérimentales. »

*
**

En physique donc, comme dans toutes ces sciences où la nature et ses lois jouent le premier rôle, où l'on ne raisonne pas, ainsi qu'en mathématiques, sur des êtres abstraits, c'est *l'expérience* qui conditionne la théorie. Elle en est à la fois la raison d'être et la

P I E R R E D U H E M

vérification. En effet, ce sont les résultats expérimentaux qu'il s'agit de représenter, de coordonner ; ce sont aussi ces mêmes résultats qui permettront de décider si la théorie est susceptible de vivre : car d'une part nous déduirons de cette théorie des conséquences nouvelles, qu'il faudra vérifier par l'expérience directe, et d'autre part des expériences ultérieures pourront apporter au théoricien des faits jusque là inconnus qui devront être intégrés dans son système. Expérimentateur et théoricien doivent marcher la main dans la main, se prêtant à chaque instant une aide mutuelle, se corrigeant l'un l'autre s'il en est besoin.

De cette collaboration, l'histoire des sciences expérimentales offre maint exemple, et Duhem, plus compétent que quiconque sur ce terrain, en cite beaucoup à l'appui de ses dires. Indiquons-en ici quelques-uns, choisis parmi les plus célèbres et les plus intéressants.

1° *Exemple d'expérience nouvelle venant infirmer une théorie.* Le problème de la nature de la lumière est l'un des plus discutés de la Physique. Au début du XIX^e siècle, le système généralement adopté était celui de l'*émission*, se rattachant à Newton, où l'on supposait la lumière formée de projectiles excessivement ténus, lancés avec une extrême vitesse par les sources lumineuses, suivant des trajectoires rectilignes. Cette théorie cadrerait à merveille avec tous les résultats expérimentaux alors connus ; cependant le calcul indiquait, bien que la mesure directe n'eût point encore été tentée, que la lumière, si l'on admet-

P I E R R E D U H E M

tait l'hypothèse de l'émission, devait se propager plus vite dans l'eau que dans l'air. Au prix de grandes difficultés, Foucault parvint à réaliser une expérience qui permettait de comparer directement les vitesses du rayon lumineux dans l'air et dans l'eau : il reconnut que la propagation est moins rapide dans l'eau que dans l'air. Cela suffisait pour que l'on dût abandonner la théorie de l'émission, incompatible avec ce fait expérimental.

2° *Exemple de théorie prévoyant un fait insoupçonné.* Vers la même époque, le grand physicien Fresnel proposa une théorie mathématique, entièrement nouvelle et fort remarquable, pour expliquer les phénomènes délicats de diffraction de la lumière. En étudiant son travail, présenté à l'Académie des Sciences, Poisson, qui d'ailleurs était, *a priori*, opposé à ses résultats, remarqua que les calculs de Fresnel conduisaient, lorsqu'on les poussait jusqu'au bout, à une conséquence étrange : au centre même de l'ombre portée sur un mur par un très petit écran circulaire, opaque, interposé sur le trajet d'un faisceau lumineux, il devrait y avoir un point éclairé. Résultat insoutenable, disait-on : mais Arago et Fresnel firent l'expérience : le fait fut reconnu exact, et la théorie confirmée. C'est là un bel exemple de ces cas où, comme l'écrit Duhem, nous enjoignons à la théorie cet ordre audacieux : « Prophétise-nous ! »

3° *Exemple d'expérience servant de fondement à une théorie nouvelle.* — Chacun sait que plusieurs observations — le pendule de Foucault, le gyros-

P I E R R E D U H E M

cope —, permettent de mettre en évidence d'une façon tangible le mouvement de *rotation* de la Terre autour de son axe. On a cherché depuis longtemps à déceler d'une manière analogue le mouvement annuel de révolution de la Terre autour du Soleil. L'ingénieuse et délicate expérience tentée dans ce dessein par le physicien américain Michelson a donné un résultat négatif. Que faut-il en conclure ? On a proposé diverses explications, et Duhem a pu connaître la plus ancienne, celle de Lorentz. La meilleure a été celle d'Einstein, qui s'est épanouie peu à peu, donnant naissance à la grandiose théorie de la relativité, ouvrant sur l'univers des aperçus nouveaux, très intéressants et parfois extraordinaires, mais dont, il ne faut pas l'oublier, l'expérience de Michelson demeure le fondement originel.

*
**

Tout ceci nous fait toucher du doigt l'un des caractères les plus importants des théories physiques ; et que Duhem a fort bien mis en relief ; elles sont essentiellement *provisoires et changeantes*. A chaque instant, elles doivent être confrontées avec les expériences : et si la vérification ne se fait pas, la théorie est, du même coup, caduque : il faut la mettre de côté et en proposer une nouvelle. Le savant qui rencontre un fait en contradiction avec la théorie qu'il a élaborée ne doit pas s'entêter ; il ne doit pas hésiter à la modifier, à l'abandonner s'il le faut, quand

P I E R R E D U H E M

d'autres expériences viennent l'infirmier. Cette ténacité à défendre, malgré tout, un de ses principes a été, nous l'avons vu, fortement reprochée à Berthelot par Duhem.

Mais il est bien nécessaire de distinguer entre ce qui est expérience sûre, à résultats certains, et ce qui n'est qu'hypothèse proposée : la théorie physique n'a pas à s'embarrasser des hypothèses. C'est pour cela que l'Energétique, admirablement logique avec elle-même, mettait délibérément de côté tout l'atomisme, qui, pour Duhem, nous l'avons dit, n'était pas autre chose qu'une hypothèse, peut-être séduisante pour certains, mais pour lui non vérifiée.

*
* *

La marche que doit suivre le savant désireux d'édifier une théorie physique est donc très nettement indiquée : Duhem remarque qu'elle peut se décomposer en quatre opérations successives :

A. *Définition et mesure des grandeurs physiques.*
— « Parmi les propriétés physiques que nous nous proposons de représenter, nous choisissons celles que nous regardons comme des propriétés *simples*, et dont les autres seront censées des groupements ou des combinaisons. Nous leur faisons correspondre, par des méthodes de mesure appropriées, autant de symboles mathématiques, de nombres, de grandeurs... » Phase préparatoire, qui peut d'ailleurs être difficile ; tâche de philosophe autant que de physicien.

P I E R R E D U H E M

B. *Choix des principes.* — « Nous relient entre elles les diverses sortes de grandeurs ainsi introduites par un petit nombre de propositions qui serviront de principes à nos déductions ». Ces principes généraux, qui doivent être indépendants de toute logique humaine, ce sont les lois fondamentales qui gouvernent les choses, les lois établies par Dieu au premier jour. Or, transcendantes, elles nous sont inconnues : on se contentera donc d'en introduire d'autres, qui sembleront pour lors suffisantes, et qui seront tenues pour provisoirement exactes, à moins, bien entendu, qu'il n'existe entre elles d'illogiques contradictions. Là encore, la tâche est difficile *a priori* : mais Duhem, pour le choix de ces principes, a l'idée géniale de *recourir à l'histoire scientifique*. Chaque théorie nouvelle, dit-il, ne doit pas prendre arbitrairement ses fondations : il existe, le fait est certain, un ensemble de doctrines solidement établies, dont nous connaissons les lois avec toute la rigueur désirable, et qui, étudiées depuis de longs siècles, constituent ce que l'on pourrait appeler le *patrimoine scientifique* de l'humanité. Ce sont là, pour les théories les plus neuves, des assises inébranlables. « Chacun des principes que nous énoncerons, dit Duhem dans son *Traité d'Energétique*, ne comporte aucune démonstration logique : mais il comporterait une justification historique ; on pourrait, avant de l'énoncer, énumérer les principes de forme différente qu'on avait essayés avant lui, qui n'ont pu se modeler exactement sur la réalité, qu'on a dû rejeter ou retoucher

P I E R R E D U H E M

jusqu'à ce que le système entier [...] s'adaptât d'une manière satisfaisante à l'ensemble des lois physiques ».

Au physicien donc, pour ce second stade de l'édification, doit se joindre l'historien.

C. *Développement de la théorie.* — Les divers principes adoptés sont alors « combinés ensemble suivant les règles de l'analyse mathématique. Les exigences de la logique algébrique sont les seules auxquelles le théoricien soit tenu de satisfaire au cours de ce développement ». Phase uniquement mathématique, par conséquent, où le savant doit, avec les seules armes de l'algèbre et de l'analyse, marcher en avant sans se préoccuper de la réalité matérielle. « Que ses syllogismes soient concluants et ses calculs exacts, c'est tout ce qu'on est alors en droit de réclamer de lui ».

D. *Comparaison avec l'expérience.* — Voici maintenant le physicien qui va jouer son rôle propre : après que le philosophe a réfléchi sur le point de départ de la théorie, après que l'historien en a proposé les principes fondamentaux, après que le mathématicien a construit sa théorie, toute en symboles et en équations, l'expérimentateur cherche à vérifier les lois auxquelles on est arrivé. Si la vérification se fait, « la théorie a atteint son but, elle est déclarée bonne ; sinon, elle est mauvaise, elle doit être modifiée ou rejetée. *L'accord avec l'expérience est, pour une théorie physique, l'unique critérium de vérité* ».

*
* *

P I E R R E D U H E M

Il est par ailleurs évident que, tous ces calculs une fois faits, toutes ces vérifications une fois constatées, on ne pourra jamais savoir si l'on a enfin trouvé la vraie théorie. *Il n'y a pas de vraie théorie* : il n'y a que des théories acceptables dans l'état actuel de la science. Rien ne peut nous permettre de trancher d'une façon absolue : ce que les philosophes ont appelé expérience cruciale, *experimentum crucis*, n'existe pas : une expérience nous permettra simplement de rejeter une théorie sans nous indiquer aucunement celle que nous devons adopter à sa place ; et de ce que telle expérience vérifie telle théorie, nous ne pouvons rien déduire sur l'application ultérieure de cette théorie à d'autres résultats. Ainsi, l'expérience de Foucault sur la vitesse de la lumière dans l'air et dans l'eau, rappelée plus haut, a ruiné le système de l'émission, sans nous dire par quoi il fallait le remplacer. Les savants d'alors se sont rejetés sur la théorie des ondulations, due à Huyghens, qui cadrerait avec l'expérience de Foucault : mais aujourd'hui on se range aux idées de Louis de Broglie, seules capables d'expliquer certains résultats nouveaux, par exemple ceux de Planck sur le rayonnement discontinu.

Tâche extrêmement ardue, donc, que celle d'édifier une théorie physique. Duhem a, pour cette construction, indiqué de façon réfnitive les règles à suivre. Et lui-même, lorsqu'il a bâti l'Energétique, ne s'en est point écarté, choisissant d'abord les grandeurs variables sur lesquelles devaient porter ses efforts,

P I E R R E D U H E M

position d'un corps, sa température, sa viscosité, etc. — allant chercher dans la Mécanique classique de Dalember et de Lagrange les principes généraux dont il se servirait, — traitant, de main de maître, la partie mathématique de son travail, — comparant enfin, victorieusement, ses résultats à l'expérience, — et, logique jusqu'au bout, refusant d'intégrer dans sa théorie les résultats des atomistes, qu'il ne voulait considérer que comme des hypothèses.

*
* *

La théorie physique requiert, par conséquent, de qui veut se livrer à sa construction, un ensemble peu commun de connaissances scientifiques, et, en premier lieu, mathématiques. « Une théorie physique est un système de propositions mathématiques », nous avons déjà cité ces mots de Duhem. Une belle formule algébrique, un de ces résultats que les mathématiciens, au grand étonnement des profanes, qualifient d' « élégants » ou de « jolis », aurait presque suffi à cet ancien élève d'Hermite. Mais, ce qu'il détestait par dessus tout, ce sont ces interprétations mécaniques, ces modèles quelque peu puérils que certains savants, et tout particulièrement ceux de l'École anglaise, ne peuvent s'empêcher d'introduire lorsqu'ils désirent comprendre ou faire comprendre une théorie. Tendance dangereuse, dit Duhem avec quelque raison, car, en fin de compte, « la vue du modèle finit par se confondre avec l'in-

P I E R R E D U H E M

telligence même de la théorie ». Et, pour la combattre, il n'hésite pas à interrompre les considérations abstraites des premiers chapitres de son ouvrage, pour écrire quelques pages où le sens critique le plus aigu se mêle à la plus fine ironie, et dans lesquelles il montre, en se jouant, l'étendue de sa culture générale, littéraire et historique. Peu connu, ce chapitre, intitulé *les théories abstraites et les modèles mécaniques*, développement d'un article publié douze ans auparavant dans la *Revue des Questions scientifiques* de Bruxelles, mérite qu'on s'y arrête quelques instants ; au surplus il vient, dans un livre difficile et profond, comme une halte reposante.

Reprenant, en le modifiant à peine, la célèbre distinction entre esprit de finesse et esprit de géométrie, entre force et amplitude d'esprit, il constate, avec beaucoup de justesse, qu'une théorie physique telle qu'il la conçoit est une théorie *abstraite*, que seuls les esprits *abstraites* peuvent considérer comme utile et assimilable : mais, dit-il, « tous les esprits vigoureusement développés ne sont pas des esprits abstraits » : il leur oppose les esprits *imaginatifs*. Ceux-ci ont « une merveilleuse aptitude pour rendre présent à leur imagination un ensemble compliqué d'objets disparates », mais à condition que ces objets « soient de ceux qui tombent sous les sens, qui se touchent ou qui se voient ». Pour eux, la théorie physique abstraite semblera « un labeur dont le caractère pénible leur paraîtra beaucoup moins contestable que l'utilité », et ils préfèrent à une présentation

P I E R R E D U H E M

mathématique, dont la rigueur et la sécheresse les déconcertent, une sorte d'image sensible ou de représentation mécanique ».

« La théorie physique abstraite, conclut-il, aura sûrement pour elle les esprits forts, mais étroits ; elle doit s'attendre, au contraire, à être repoussée par les esprits amples, mais faibles. Puis donc que nous aurons à combattre l'amplitude d'esprit, apprenons d'abord à bien la connaître ».

Et voici Duhem qui, comme s'il voulait s'amuser et nous amuser en même temps, consacre quelques pages pleines d'intérêt à l'étude d'un exemple exceptionnel de cette faculté, d'un cas où cette forme intellectuelle « que Pascal nomme amplitude et faiblesse d'esprit » est développée à un degré presque tératologique : Napoléon. Chez l'Empereur, Duhem, impitoyablement, dénonce l'horreur des notions abstraites et générales — attestée, par exemple, par cette phrase de M^{me} de Staël : « un principe général lui déplaisait comme une niaiserie ou comme un ennemi » —, son profond mépris pour les « idéologues », sa haine pour les philosophes et les penseurs — ne supprimait-il pas, à l'Institut, d'un trait de plume, la classe des Sciences morales et politiques ? —, son peu de dispositions, visible dès Bienne, pour la littérature et les langues vivantes. Mais, en revanche, quelle admirable mémoire, ainsi que le fait remarquer Bourrienne, pour les *faits* et les *localités* ; quel coup d'œil pénétrant lorsqu'il le lance, administrateur ou tacticien, sur des réalités tangibles ; quelle vigueur

P I E R R E D U H E M

dans le langage, tout en images concrètes et visuelles, jamais en formules vagues ou abstraites. Chez Napoléon, « tout découle de ce même caractère essentiel : amplitude et faiblesse d'esprit ».

Ayant ainsi observé « comme au microscope » cette faculté intellectuelle chez un exemple-type, Duhem la retrouve encore chez beaucoup de personnages qui, précisément, lui doivent leur réussite dans diverses carrières où cette amplitude d'esprit est exigée : chez le diplomate (Talleyrand), chez le romancier (Balzac), chez le chroniqueur (Saint-Simon) ; ou encore chez le généralissime embrassant d'un coup d'œil tout son plan de mobilisation, chez César dictant des lettres à quatre secrétaires, chez le joueur d'échecs qui engage cinq parties à la fois.

Il arrive ensuite au point central de son étude : l'amplitude d'esprit et l'esprit anglais. « Chez toutes les nations, affirme-t-il, on trouve des hommes qui ont l'esprit ample : mais il est un peuple où l'amplitude d'esprit est à l'état endémique : c'est le peuple anglais ». Et Duhem le prouve : voici les littérateurs, un Dickens ou une George Eliot, aux descriptions lentes et minutieuses, énumérations désordonnées d'objets *concrets* — auxquels il oppose un Loti « abstrayant et condensant en trois lignes l'idée essentielle, l'âme de tout un paysage ». Voici les dramaturges et leurs héros, Hamlet ou lady Macbeth, caractères bouillonnants, extrêmes, mais confus et incohérents — en face desquels se dresseront, ordonnés jusque dans leurs passions, Rodrigue ou Auguste. Voici

P I E R R E D U H E M

encore la philosophie : « Ouvrons le *Novum Organum* : n'y cherchons pas la méthode de Bacon : il n'en a pas », tandis que toute l'œuvre d'un Descartes n'est que le développement des principes de son *Discours*. Voilà même les lois : chez nous, la sécheresse abstraite et méthodique des Codes ; outre-Manche, l'amas vaste et disparate de coutumes, juxtaposées depuis la Grande Charte...

Revenant alors à la Physique, Duhem ne s'étonne plus « que cette amplitude et cette faiblesse d'esprit aient opposé un type nouveau de théories physiques au type qu'avait conçu l'esprit fort, mais étroit ». Ce type nouveau, c'est le modèle mécanique.

« Voici un livre destiné à exposer les théories modernes de l'électricité : [il s'agit, en l'espèce, d'un ouvrage de Lodge] ; il n'y est question que de cordes qui se meuvent sur des poulies, qui s'enroulent autour de tambours, qui traversent des perles, qui portent des poids ; des tubes qui pompent de l'eau, d'autres qui s'enflent et se contractent ; des roues dentées qui engrènent les unes les autres, qui entraînent des crémaillères ». Tout cela, imaginé pour rendre tangibles, pour faire comprendre les diverses actions et réactions des corps sous l'influence de l'électricité. « Nous pensions entrer dans la demeure paisible et soigneusement ordonnée de la raison déductive : nous nous trouvons dans une usine ».

A la suite de Faraday, en effet, toute une école de physiciens britanniques, dont le représentant le plus illustre est Lord Kelvin, aura recours, pour inter-

P I E R R E D U H E M

préter les phénomènes, pour *voir* leur mécanisme, à des images ingénieuses, mais fort compliquées, dont le principal mérite sera d'être parlantes. C'est ainsi qu'ils matérialiseront l'attraction électrique s'exerçant entre deux conducteurs en les supposant reliés par des cordes élastiques. Ailleurs, ils introduiront des ressorts à boudin, des gyrostats, des blocs d'acier ou des bains de glycérine. Tout cela excitera le rire de Duhem, et il faut convenir avec lui que l'effort nécessaire pour saisir le fonctionnement de cet appareil symbolique est « souvent beaucoup plus grand que celui dont le Français a besoin pour comprendre dans sa pureté la théorie abstraite que le modèle prétend incarner ». Mais la tournure d'esprit anglaise exige cette représentation matérielle. « Comprendre un phénomène physique, c'est, pour les physiciens de l'École anglaise, composer un modèle qui imite ce phénomène ». Pour Duhem, comprendre un phénomène physique, c'est le mettre en équations. Il n'a pas besoin, pour savoir ce qu'est l'attraction électrique, de penser à des caoutchoucs reliant les deux conducteurs : pour lui, cette attraction est une force, qu'il désigne par f — et cela lui suffit. Le fossé qui le séparait de l'école anglaise était décidément infranchissable : c'est avec raison qu'il compare ce conflit de deux tendances irréductibles à la célèbre querelle entre Descartes — type parfait de l'esprit fort et étroit — et Gassendi, esprit ample et faible, aboutissant aux deux apostrophes bien connues : *O mens ! — O caro !*

P I E R R E D U H E M

*
**

La critique que Duhem adresse à l'école anglaise est justifiée : il est parfaitement exact que, là-bas, le modèle mécanique soit roi. D'ailleurs cette tendance à concrétiser toutes choses se retrouve même, à un certain degré, chez les mathématiciens britanniques eux-mêmes. La pure spéculation les intéresse rarement, et c'est plutôt dans le domaine des applications que l'Angleterre a produit de grands mathématiciens, qu'ils s'appellent Newton, George Darwin ou J. H. Jeans. L'école écossaise actuelle, spécialisée, d'une façon spécialement brillante, dans de très intéressantes questions d'analyse pure, n'a cependant point sacrifié aux tendances modernes et reste étrangère à certaines théories extrêmement abstraites, comme celles des ensembles, où s'inscrivent au premier rang des noms français, allemands ou polonais. Il faut remarquer aussi que les mathématiciens anglais aiment plus que d'autres les calculs pratiques, les vérifications numériques faites à grand renfort de tables ou de machines à calculer, parfois plus compliquées et plus longues que la démonstration algébrique du théorème proposé, mais plus tangibles. Toutes ces tendances se rattachent à la même origine : amplitude d'esprit.

Duhem ajoute encore, à l'appui de sa thèse, le goût des savants britanniques pour l'algèbre symbolique, les quaternions, le calcul vectoriel : mais là, il se trompe — ou plutôt il a été mauvais prophète

P I E R R E D U H E M

— lorsqu'il affirme que c'est *seulement* parmi les hommes de science anglais que ces méthodes abrégées sont usuelles. Si les quaternions sont, aujourd'hui, à peu près délaissés, le calcul vectoriel, par sa grande simplicité et son incontestable utilité, a conquis le monde mathématique ; et si c'est à des savants anglais, Hamilton ou Tait, que nous devons d'importants progrès dans ce mode de démonstration et de recherches, ils n'ont pas droit à autre chose qu'à notre reconnaissance. Les critiques de Duhem, ici, sont injustifiées.

Peut être d'ailleurs les railleries qu'il adresse, d'une façon générale, aux modèles mécaniques vont-elles un peu trop loin. Sans doute, l'emploi exclusif du modèle doit être condamné : nous avons dit que Duhem craignait, très justement, qu'on finit par le considérer comme plus réel que la théorie qu'il prétend illustrer, et qu'on risque ainsi de prendre l'habit pour le personnage et l'accessoire pour l'important. Mais les modèles peuvent être, pour arriver à la complète compréhension d'une théorie, d'utiles étapes, permettant parfois de se rendre compte avec une certaine netteté des progrès accomplis et des données acquises ; et si Duhem a raison de déclarer que leur usage ne doit pas supprimer « la recherche d'une théorie abstraite et logiquement ordonnée », peut être est-il moins bien inspiré lorsqu'il lui dénie toute fécondité.

*
* *

P I E R R E D U H E M

Ces critiques d'ailleurs, Duhem ne s'y attarde pas, et revient vite, dans la seconde partie de sa *Théorie physique*, à des études dont l'intérêt scientifique est grand : sur ce qu'il appelle la *structure* de la théorie, sur la nature des expériences de physique, sur le caractère approché des lois expérimentales, il a des pages extraordinaires de clarté et de justesse, trop techniques malheureusement pour pouvoir être citées ou analysées ici, mais que tout esprit préoccupé de philosophie scientifique ne saurait se dispenser de lire et de méditer. Enfin, après avoir passé en revue les difficultés que présente l'établissement d'une théorie cohérente, il arrive au choix des principes sur lesquels cette théorie s'édifiera : et nous avons dit qu'il les veut chercher dans l'histoire des sciences.

Le seul moyen d'être logique en *physique*, déclare-t-il en effet, « c'est de justifier chaque hypothèse essentielle par son histoire ». De plus, l'histoire sera pour le physicien pleine de salutaires enseignements : « En lui retraçant la longue série des erreurs et des hésitations qui ont précédé la découverte de chaque principe, elle le met en garde contre les fausses évidences; en lui rappelant la vicissitude des Ecoles cosmologiques, en exhumant de l'oubli où elles gisent les doctrines autrefois triomphantes, elle le fait souvenir que les plus séduisants systèmes ne sont que des représentations provisoires et non des explications définitives ».

Dans l'histoire, donc, Duhem voit à la fois une justification des principes de sa théorie physique et

P I E R R E D U H E M

une arme contre ce scientisme qu'il répudie : aussi le voyons-nous se faire historien. Et, déjà grand comme physicien, il va, d'un coup, devenir notre plus grand historien des sciences.

CHAPITRE IV

L'historien

Quatorze volumes et plus de quarante articles, voilà la contribution de Duhem à l'histoire des Sciences. Mais fécondité n'est pas nécessairement synonyme de grandeur ; et cette œuvre, pour importante qu'elle soit, aurait pu donner à son auteur une place tout simplement honorable parmi les historiens scientifiques. Ce n'est point le cas : Duhem ne s'est pas contenté d'être un bon ouvrier : il a été un extraordinaire novateur. Dans toutes les disciplines, on rencontre de ces hommes de génie qui laissent une empreinte ineffaçable : après leur passage, la branche qu'ils ont étudiée est devenue méconnaissable, tant ils y ont ajouté, tant ils l'ont transformée. Il y a quelque chose de changé en sciences naturelles depuis Darwin, en astronomie depuis Laplace, — en histoire scientifique depuis Duhem. Et l'on peut sans doute synthétiser son rôle essentiel par les simples mots suivants : avant lui, on pouvait parler — et on ne s'en faisait pas faute — de la *nuit scientifique du moyen âge* : à présent, on n'en a plus le droit.

*
**

Il ne visait point ce but précis. Nous avons vu ce

P I E R R E D U H E M

qui l'avait amené à l'histoire : le désir de rechercher dans les anciens auteurs la justification des principes de la mécanique et de l'énergétique ; la certitude aussi qu'on ne peut avoir — comme le dit M. Emile Picard — « une idée juste sur la science, si l'on se borne à la considérer dans son état actuel ». Et, comme la chose était naturelle, puisque, à la base de son énergétique, il mettait les grandes lois de la mécanique rationnelle, c'est vers les fondateurs de cette science qu'il s'est d'abord tourné.

Or, qui a fondé la mécanique ? Un esprit superficiel n'hésiterait guère à nommer Galilée : et de fait, nous trouvons chez ce savant des théories sur le pendule, sur le mouvement d'un point le long d'un plan incliné, sur la chute des corps, qui semblent neuves. Il ne faut pas oublier cependant que l'antiquité, grâce à Aristote et à Archimède, a connu une Mécanique : celle d'Aristote, inexacte quant à ses conclusions (sur lesquelles nous reviendrons), était fondée, au point de vue statique, sur une méthode générale féconde ; et son étude des propriétés de la balance, qu'avec une juste intuition il ramène à celles du cercle, est de toute importance ; celle d'Archimède, meilleure, mais sans principes généraux, traite excellemment la théorie du levier, mais ne saurait s'appliquer à d'autres problèmes. D'ailleurs, jusqu'à la Renaissance, les œuvres d'Aristote n'ont point été perdues, et Duhem en vient à se poser la question : Galilée les a-t-il connues et utilisées ?

Pour la résoudre, la méthode s'imposait. Il fallait

P I E R R E D U H E M

remonter, de proche en proche, à travers les siècles, — et en particulier à travers ce fameux *trou noir* du moyen âge. Duhem n'a pas hésité à se lancer dans ce maquis. Son érudition, sa connaissance parfaite des langues classiques l'ont admirablement servi, et il s'est mis, comme il le dit lui-même, à dépouiller tous les manuscrits relatifs à la statique qu'il a pu découvrir à la Bibliothèque nationale et à la Mazarine. Travail terrible, mais étonnamment fécond : car, l'ayant terminé, Duhem pouvait écrire : « Ce dépouillement laborieux nous a conduit à une conséquence absolument imprévue : non seulement le moyen âge occidental avait reçu, soit directement, soit par l'intermédiaire des Arabes, la tradition de certaines théories helléniques relatives au levier et à la balance romaine : mais encore sa propre activité intellectuelle avait engendré une statique autonome, insoupçonnée de l'antiquité ». Et il concluait par cette phrase vraiment révolutionnaire : « *La science dont nous sommes aujourd'hui si légitimement fiers dérive, par une évolution dont il nous [est] donné de marquer les phases graduelles, de la science qui naquit vers l'an 1200.* »

Conséquence bouleversante, en effet. Retraçons rapidement l'histoire de cette découverte.

*
**

Immédiatement avant l'époque de Galilée, un certain nombre de savants italiens, pour la plupart groupés autour de l'Université de Bologne, produi-

P I E R R E D U H E M

saient, en même temps qu'une œuvre algébrique très importante, quelques travaux sur la statique. Étranges personnages que ceux-là, Tartaglia ou Jérôme Cardan, pour qui la probité scientifique n'existait guère, et qui ne se faisaient point faute de piller leurs prédécesseurs d'une manière éhontée, et sans les nommer, quittes à lancer constamment à la face de leurs adversaires ou de leurs rivaux le reproche de plagiat. Aujourd'hui encore, nous désignons sous le nom de formules de Cardan celles qui servent à résoudre les équations du troisième degré, bien que ce personnage n'ait fait que démarquer Tartaglia, lui-même probablement plagiaire, en l'occurrence, de Scipione dal Ferro — le véritable auteur de la découverte. Or, dans un ouvrage de Tartaglia, on trouve quelques notes mécaniques qui pourraient sembler nouvelles — si Duhem n'avait pas remarqué ces invectives violentes que Luigi Ferrari, disciple de Cardan, adresse à son ennemi Tartaglia : « Outre mille erreurs commises dans les premiers livres de votre ouvrage, vous avez encore exposé, au huitième livre, les propositions de Giordano comme si elles étaient vôtres... C'est un vol criant ! »

Giordano ? Qu'est-ce donc ? Et Duhem se trouve ainsi amené à étudier les œuvres d'un énigmatique personnage du treizième siècle, dont plusieurs traités mathématiques subsistent, Jordanus Nemorarius ou de Nemore.

On connaissait bien cet auteur, au moins en ce qui concerne ses œuvres algébriques ; son traité intitulé

P I E R R E D U H E M

Arismetica, classique dès le treizième siècle, fut imprimé en 1496 par les soins de Lefèbvre d'Etaples; dès 1514, une seconde édition en était nécessaire. L'on n'avait pas perdu non plus son *De numeris datis*, son *De triangulis* : on était moins bien renseigné sur son *De ponderibus*, dont on savait pourtant qu'au quinzième siècle les maîtres des Universités se passaient des copies. Ouvrages très remarquables, écrits dans une langue sobre et claire, bien personnelle. Ouvrages pleins d'originalité, aussi : c'est précisément dans ce *De ponderibus* que Duhem trouve en germe le principe le plus important de la Mécanique, celui des travaux virtuels. En s'appuyant, en effet, sur ce postulat : « Il faut même puissance pour élever des poids différents, lorsque ces poids sont en raison inverse des hauteurs qu'ils franchissent », dont l'énoncé marque un immense progrès sur la statique d'Aristote, Jordanus de Nemore traite la théorie du levier — et fonde la statique moderne.

Ce personnage, qui, par un timide, mais systématique essai d'introduction de lettres pour représenter les quantités inconnues, ne fait pas moins grande figure en algèbre, doit-il être identifié, comme beaucoup le pensent, avec le Bienheureux Jourdain de Saxe, premier maître général des Prêcheurs après Saint Dominique ? La question est difficile, et encore imparfaitement résolue ¹. Duhem ne l'a abordé

¹ Cf. Marguerite ARON, *Un animateur de la jeunesse au XIII^e siècle*. Collection « Temps et Visages », Desclée de Brouwer, Paris.

P I E R R E D U H E M

qu'avec beaucoup de prudence, et ne nous permet point de décider si les mathématiciens modernes doivent considérer Jordanus à la fois comme leur plus lointain précurseur et comme leur saint patron. Quoiqu'il en soit, les travaux de Duhem allumaient un premier phare dans la « sombre nuit » médiévale.

Jordanus est-il vraiment un inventeur, ou n'a-t-il fait que colliger des travaux antérieurs ? Duhem a voulu le rechercher, et pour cela il s'est demandé ce qui existait avant lui. Bien peu de chose ! Le moyen âge n'a connu la statique hellénique que par deux ou trois ouvrages de basse époque : le *Liber de ponderoso et levi*, attribué, sans doute faussement, à Euclide, et qui reproduit les propositions mécaniques d'Aristote, le *Liber Charastonis*, publié dans la seconde moitié du neuvième siècle par le géomètre mésopotamien Thâbit ibn Kurrah. Quant aux travaux mécaniques d'Archimède, ils étaient inconnus. Donc les principes de Jordanus lui appartiennent en propre : c'est de lui — et non de Galilée — que date la renaissance de la statique.

Comment s'est effectué le passage de Jordanus à Galilée ? Quels sont les noms qui, au point de vue de la science qui nous occupe, jalonnent les quatre siècles qui séparent ces deux grands savants ? Duhem n'a point de peine à trouver la filière : par un disciple anonyme de Jordanus, l'esprit du maître passe à Léonard de Vinci, et de celui-ci à Galilée par Cardan.

*
* *

P I E R R E D U H E M

Voici en effet un traité d'auteur inconnu, écrit au treizième siècle, imprimé au seizième : d'après Duhem, c'est « une des œuvres les plus importantes qu'ait à mentionner l'histoire de la Mécanique ». Les manuscrits l'attribuent à Jordanus, ce qui n'est pas soutenable : les ouvrages du maître ont, nous l'avons dit, une marque de personnalité à laquelle on ne se trompe point. Mais il s'agit sans nul doute d'un disciple qui, s'appuyant sur le principe des travaux virtuels introduit par Jordanus, traite la question du plan incliné. Ainsi, dit Duhem, « la fécondité de ce principe se manifeste clairement dès le treizième siècle : jusqu'à nos jours, elle ne cessera plus de produire des conséquences ».

Au début de ses travaux, faute de pouvoir connaître le vrai nom de cet auteur, Duhem l'appelle : le précurseur de Léonard de Vinci. Plus tard, il a été amené à penser que ce traité anonyme n'a pas été utilisé par le grand artiste.

Car ce génie universel qu'est Léonard de Vinci, cet étonnant encyclopédiste, a beaucoup cultivé la Mécanique, qu'il appelle quelque part « *il paradiso delle scientie matematiche* ». Il suffit, pour s'en convaincre, d'étudier ses manuscrits, conservés aujourd'hui à la Nationale, à l'Institut, à l'Ambrosienne, et dont la plus grande partie a été magnifiquement reproduite par Ravaisson-Mollien. Sur ces carnets, dit Duhem, « des dessins innombrables, à la plume ou à la sanguine, représentant des figures d'hommes ou d'animaux, des feuillages, des églises, des ma-

P I E R R E D U H E M

chines, des plans de monuments ou de forteresses, des vagues ou des ressauts de cours d'eau, des croquis géométriques, s'enchevêtrent avec les lignes serrées d'une écriture droite, régulière, tracée de droite à gauche... Parmi ces fragments plus ou moins inachevés, il en est un grand nombre qui concernent les diverses branches de la Mécanique », qu'il s'agisse de statique, de dynamique, ou même d'aviation. De son contact avec les manuscrits de Léonard, Duhem a tiré deux volumes : *Etudes sur Léonard de Vinci, ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu* — et un troisième ouvrage très important : *Léonard de Vinci et les précurseurs parisiens de Galilée*, dont nous parlerons dans un instant.

Or, l'école de Jordanus a exercé sur Léonard de Vinci une grande influence. « *Giordano de ponderibus* », lit-on noté sur un de ses carnets, ce qui montre qu'il connaissait le traité de Jordanus : et la solution qu'il donne du problème du plan incliné — où se trouve ébauchée la règle de la décomposition des forces, dite du parallélogramme — semble bien se rattacher, directement ou indirectement, à l'anonyme disciple du maître. Beaucoup d'idées originales, d'ailleurs, et que l'on se hâtait trop jadis d'attribuer à Galilée : ainsi la notion de *moment* d'une force par rapport à un axe. Le peintre du *Saint-Jean-Baptiste* et de *la Vierge aux rochers* est encore l'un de ces savants à qui Duhem a rendu pleine justice.

Et comment ces manuscrits de Léonard de Vinci

P I E R R E D U H E M

furent-ils connus de ses successeurs ? Par Jérôme Cardan, toujours plagiaire, qui a utilisé sans vergogne les notes de l'artiste. « Dans le trésor amassé par le génie de Léonard, chacun fouillait à sa guise, et prenait ce qui lui plaisait ». Et l'on arrive à Galilée — à la prétendue Renaissance scientifique. Tout crûment, Duhem nous dit ce qu'il faut en penser, d'après lui : « Il est peu de choses [dans la statique de Galilée] qui ne se trouvent déjà dans les écrits de Cardan, nourris eux-mêmes des pensées inédites de Léonard... ». Le seul point que l'on trouve chez Galilée et non chez Cardan, c'est la résolution du problème du mouvement d'un point pesant sur un plan incliné — déjà donnée quatre cents ans auparavant par le précurseur anonyme !

*
**

Ainsi la filiation est bien établie, qui, de Jordanus, gagne Galilée à travers Léonard de Vinci. Duhem suivra encore les transformations et les progrès de la statique chez les mécaniciens du dix-septième siècle, Stevin, Roberval, Mersenne : il reconstituera ainsi la chaîne ininterrompue qui l'amènera peu à peu jusqu'à Lagrange. Mais les noms qu'il a cités, en plein moyen âge, ne sont pas les seuls : à côté de la théorie du levier, de celle du plan incliné, un autre problème de statique a préoccupé les savants : celui du centre de gravité.

Là, le nom mis en avant, comme du premier auteur

P I E R R E D U H E M

de théorèmes originaux, est en général celui d'Evangelista Torricelli, disciple de Galilée, bien connu par ses travaux sur le baromètre, qui énonce en 1644 le principe fondamental suivant : « Deux poids (on disait deux *graves*) liés ensemble ne peuvent se mouvoir d'eux-mêmes à moins que leur commun centre de gravité ne descende ». Mais Duhem va montrer que ce principe est en germe dans deux œuvres précédentes, et il recherche, dans des articles réunis en volume sous le titre : *Origines de la Statique*, quelles étaient les idées des anciens et du moyen âge sur les centres de gravité.

Peu à glaner dans l'antiquité : les calculs purement géométriques d'Archimède, les définitions générales de Pappus. Au moyen âge, quelques réflexions de peu de portée, chez Gautier Burley, chez Duns Scot (le mocteur subtil), chez Jean de Jandun : mais voici un très grand nom, qui domine tous les autres : Albert de Saxe.

Il a enseigné à Paris, de 1350 à 1361; nous le retrouverons à propos de la dynamique. Dans ses ouvrages — en particulier le *De Cœlo* — il fait une remarquable étude des centres de gravité et de la figure de la Terre, qu'il admet ronde. Il a des notions très justes sur la verticale, sur le fil à plomb, et n'hésite pas à énoncer un certain nombre de propositions curieuses, presque drôlatiques, mais exactes, bien faites pour émerveiller et divertir les étudiants de l'Université de Paris, telles que les suivantes :

« Si on construisait deux tours verticales, plus elles

P I E R R E D U H E M

s'élèveraient et plus elles s'écarteraient l'une de l'autre.

« Si l'on creusait un puits au fil à plomb, ce puits serait plus large au voisinage de l'orifice qu'au fond.

« Lorsqu'un homme se promène à la surface de la Terre, sa tête se meut plus vite que ses pieds ».

Nombreux sont les disciples d'Albert de Saxe : Thimon le Juif, Marsile d'Inghem : et surtout Léonard de Vinci. « Nul, écrit Duhem, n'a emprunté plus que lui au vieux maître de Sorbonne ». On trouve dans ses carnets des figures qui illustrent les propositions d'Albert de Saxe : les deux tours verticales, par exemple; et de l'étude approfondie de ces théorèmes, il tire cette remarque fondamentale, « que nul ne paraît avoir énoncée avant lui : Pour qu'un corps pesant, reposant sur le sol, demeure en équilibre, il faut et il suffit que son centre de gravité ne se projette pas en dehors de sa base ». Bien avant Torricelli, donc, Léonard de Vinci, à la suite d'Albert de Saxe, a eu des notions nettes sur l'importance et le vrai rôle statique du centre de gravité.

*
* *

Après la Statique, la Dynamique. Là encore, Duhem va nous apprendre beaucoup, et nous montrer une fois de plus le rôle des écoles médiévales.

La dynamique antique était l'œuvre d'Aristote, et reposait sur un absurde axiome : nul mouvement, disait le Stagyrite, ne peut durer, s'il n'est entretenu

P I E R R E D U H E M

par l'action continuelle d'une puissance motrice, directement appliquée au mobile ». Ainsi la flèche qui vole dans l'air ne peut avancer que parce qu'à chaque instant l'ébranlement de l'atmosphère entretient son mouvement, le renouvelle pour ainsi dire. Un projectile ne saurait donc se mouvoir dans le vide! Malgré la complication inutile de cette ridicule hypothèse, toute la physique de l'antiquité l'admit, et, à sa suite, tout le moyen âge jusqu'au treizième siècle : à peine peut-on citer le philosophe chrétien Jean d'Alexandrie, dit Philopon, qui, aux dernières années de l'hellénisme, s'oppose avec force à la dynamique aristotélicienne : l'unique moteur, déclare-t-il, c'est la corde de l'arc; et Philopon considère très justement cette corde comme ayant engendré dans la flèche ce que notre langage mathématique d'aujourd'hui appellerait une *énergie cinétique*. Cette courageuse explication sombra sous le mépris général : et Aristote régna, sur la science comme sur la philosophie.

Cependant vient se placer, en 1277, un fait dans lequel Duhem voit le commencement de la libération : l'Évêque de Paris, Etienne Tempier, condamne trois cents propositions péripatéticiennes ou néo-platoniciennes : l'influence d'Aristote recule, et la science se sent le droit de la secouer. « Les condamnations théologiques, écrit Duhem, ont ouvert la brèche par laquelle notre Mécanique et notre Physique ont passé ».

Un homme va aussitôt esquisser une nouvelle dynamique, rejetant les erreurs aristotéliennes, et revenant

P I E R R E D U H E M

aux théories ébauchées par Philopon. Chose étrange ! Ce savant que Duhem va nous présenter comme le père de notre dynamique — voire de notre Mécanique céleste, — nous connaissions tous son nom : mais dans sa notoriété, les mathématiques n'étaient pour rien. L'âne mourant de faim entre deux picotins — et la romantique Tour de Nesles — voilà ce qui l'a rendu célèbre, et ce passage de Villon, faisant allusion à une légende d'ailleurs apocryphe :

 Semblablement, où est la Royne

 Qui commanda que Buridan

 Fût jetté en ung sac en Seine...

 Mais où sont les neiges d'antan ?

Jean Buridan mérite d'être connu pour des causes plus importantes et plus nobles : Duhem voit en lui un des plus grands savants de la période précopernicaine. Né à Béthune vers 1300, il est disciple de ce Guillaume d'Occam, penseur original et violent adversaire d'Aristote : sans doute apprend-il de ce maître à critiquer l'inadmissible dynamique des péripatéticiens. Mais Occam se contentait de détruire, sans rien proposer en retour : Buridan, au contraire, édifie de toutes pièces une mécanique nouvelle : la nôtre. A la Faculté des Arts de l'Université de Paris, dont il est recteur en 1327, il reprend, en la développant, en la perfectionnant, l'ancienne doctrine de Jean Philopon. L'énergie cinétique qui apparaissait timidement chez le vieux philosophe, il l'appelle *impetus*, introduisant ainsi, à la base de sa dynamique une notion fondamentale qui deviendra, à travers



P I E R R E D U H E M

les siècles, la *force-vive* de Leibniz. Avec une exactitude remarquable, Buridan indique que cet *impetus* doit être proportionnel à la *masse* du corps (qu'il appelle *quantité de matière première*). Sans préciser davantage, il admet aussi que l'*impetus* doit croître avec la vitesse du mobile. Continuant Buridan, Galilée, puis Descartes, supposeront, en se trompant, l'*impetus* proportionnel à la vitesse, Leibniz enfin au carré de cette vitesse. Ainsi sera menée à sa perfection la théorie dynamique dont le germe est dans Buridan.

C'est donc à l'Université de Paris qu'au milieu du quatorzième siècle apparaît la dynamique moderne; les disciples de Buridan la font progresser. A côté d'Albert de Saxe, que nous retrouvons ici, et qui cherche, avec un succès limité, à établir les lois de la chute des graves, vient se placer un personnage très important, Nicole Oresme, dont le mérite scientifique est immense : d'abord, par des ouvrages écrits, pour la première fois, en français et non en latin, il fait connaître d'une façon plus étendue les travaux de ses prédécesseurs : c'est à lui que nous devons, en particulier, toute notre terminologie astronomique et géographique courante. Ensuite, il fait figure de grand précurseur : avant Copernic, il enseigne que la Terre est mobile; avant Descartes, il « pose les principes essentiels de la géométrie analytique »; avant Fermat, il entrevoit certaines propositions élémentaires de calcul infinitésimal. L'influence de ces Parisiens du quatorzième siècle se retrouve fort nette chez Léonard de Vinci, qui cor-

P I E R R E D U H E M

rige les hésitations d'Albert de Saxe sur la chute des corps, et tente d'étudier le mouvement curviligne des projectiles; chez Dominique Soto aussi, dominicain Espagnol, qui donne, en 1545, un ouvrage où se trouvent énoncées, comme des vérités communément admises dans l'Ecole parisienne, les lois exactes de la chute des graves : elles étaient donc connues bien avant Galilée, à qui l'on en attribue trop souvent la paternité, et qui, s'il se montre incontestablement supérieur aux Parisiens comme expérimentateur, doit néanmoins, au point de vue théorique, être considéré comme leur simple disciple. L'on conçoit que Duhem, heureux de rendre à la vieille Sorbonne médiévale la gloire de ces magnifiques découvertes, ait inscrit, en tête de son ouvrage sur Léonard de Vinci et les précurseurs parisiens de Galilée, la dédicace suivante : *Ad majorem gloriam mechanicae nostrae scientiae vere genetricis, Facultatis artium quae in Universitate Parisiensi xiii Saeculo florebat.*

*
* *

Mais Buridan n'a pas cessé de nous étonner. Nous allons trouver chez lui une idée absolument nouvelle, et d'une hardiesse inouïe : rompant une fois de plus avec la tradition aristotélicienne, qui, pour expliquer les mouvements célestes, attribuait à chaque astre une intelligence motrice, séparée de la matière, Buridan ne craint pas d'étendre jusqu'aux

P I E R R E D U H E M

orbes célestes sa théorie de l'*impetus*, et, dit Duhem, « a l'audace » d'écrire ces lignes : « Dès la création du Monde, Dieu a mû les cieux de mouvements identiques à ceux dont ils se meuvent actuellement; il leur a imprimé alors des *impetus* par lesquels ils continuent à être mus uniformément; selon cette imagination, il n'est pas nécessaire de poser l'existence d'intelligences qui meuvent les corps célestes d'une manière appropriée ».

Idee merveilleuse, révolutionnaire — et féconde. Albert de Saxe la commentera; Nicole Oresme la formulera d'une façon frappante en écrivant : « Excepté la violence, c'est aucunement semblable quand un homme a fait une horloge, et la laisse aller et estre meu par soy ». Enfin Copernic, puis Galilée la développeront avec la vigueur et le succès que l'on sait, en attendant que Newton et Laplace lui donnent une forme définitive. Fondateur de la Dynamique moderne par la théorie de l'*impetus*, Buridan est le père de la mécanique céleste; et Duhem a sans doute raison lorsque, considérant cette proposition du vieux maître parisien comme la plus importante que l'on ait formulée depuis le début de l'histoire scientifique, il écrit : « Si l'on voulait, par une ligne précise, séparer le règne de la science antique du règne de la science moderne, il la faudrait tracer, croyons-nous, à l'instant où Jean Buridan a conçu cette théorie, à l'instant où l'on a cessé de regarder les astres comme mus par des êtres divins, où l'on a admis que

P I E R R E D U H E M

les mouvements célestes et les mouvements sublunaires dépendaient d'une même mécanique ».

*
**

Jordanus de Nemore, Albert de Saxe, Jean Buridan, Nicole Oresme — ces noms suffisent à détruire à tout jamais l'absurde légende de l'obscurité scientifique du moyen âge et de l'éclair fulgurant de la Renaissance : et ainsi Duhem s'est trouvé faire œuvre d'apologiste.

Cela non plus, il ne le cherchait pas. Sans doute a-t-il éprouvé, au fond de son cœur de chrétien, un certain contentement à voir s'effondrer, devant ses découvertes, la réputation des fameux « colosses » que l'on a trop longtemps considérés comme les fondateurs de la science moderne libérée du joug ecclésiastique. Mais Duhem a toujours voulu se montrer prudent sur le difficile terrain de l'apologétique scientifique, et n'a cessé de proclamer la distinction, nécessaire selon lui, entre physique et métaphysique. Il l'a bien prouvé en répondant — dans un magistral article intitulé *Physique de croyant* — aux critiques d'un philosophe, M. Abel Rey, qui prétendait voir, dans la *Théorie physique*, le croyant apparaître sous le savant. Duhem répliquait, avec justesse et modération, tout en rendant hommage à l'entière bonne foi de son adversaire, que sa physique n'était pas autre chose que de la physique, sans la moindre portée apologétique, et que si son système était en

P I E R R E D U H E M

contradiction avec certaines thèses mécanistes alors à la mode, c'était pour des raisons scientifiques et non point métaphysiques. Il aurait pu en dire autant de ses découvertes historiques. Mais, de même qu'il avouait que sa théorie physique faisait, sans qu'il l'ait souhaité, « évanouir les objections prétendues de la science physique contre la métaphysique spiritualiste et la foi catholique », de même, indirectement, ses travaux d'histoire ruinaient une thèse chère à M. Homais.

Pour juger de l'importance de ces conceptions nouvelles introduites par Duhem, il n'est que de contempler les réactions de ses adversaires. Sans doute, les faits sont les faits, et la présence, en plein moyen âge, de savants originaux et puissants ne peut plus être niée. Mais l'on cherche à biaiser. Tel écrit que ces découvertes médiévales se sont faites en dehors de l'Eglise et malgré elle; tel autre tente de prouver que Duhem s'est trompé en accordant une importance trop grande à la condamnation théologique de l'aristotélisme par l'Evêque Tempier; un troisième dira perfidement qu'on ne trouve dans l'Histoire que ce qu'on veut y chercher. Quoi que l'on doive penser de ces mesquines critiques ¹, il reste que, depuis

¹ Sur le terrain scientifique pur, on a parfois critiqué certaines des idées de Duhem. Ainsi, pour Pierre Boutroux, il aurait fait trop de cas d'ouvrages de second plan, destinés uniquement à l'enseignement, ce qui aurait quelque peu faussé son jugement. Je ne crois pas que ce reproche soit fondé.

P I E R R E D U H E M

Duhem, il y a, comme nous le disions plus haut, quelque chose de changé dans l'histoire scientifique : mais, respectueux des désirs du maître, nous n'insisterons pas davantage sur l'intérêt apologétique de ses révélations.

*
* *

Les découvertes de Duhem sur les origines de la Statique, de la Dynamique, de la Mécanique céleste, auraient suffi à faire de lui le premier historien scientifique de son temps : elles ne représentent pourtant qu'une partie de son œuvre. Indiquons rapidement quelques travaux en marge de ses recherches principales, dans lesquels il est amené, une fois de plus, à réviser certains jugements courants.

Il montre, par exemple, que « les lois découvertes par Archimède touchant la flottaison des corps graves nous offrent un mémorable exemple de vérités obtenues par une méthode erronée », et que les fondements exacts de l'hydrostatique n'ont été indiqués qu'au dix-septième siècle par le Brugeois Simon Stevin.

Ailleurs, il étudie d'assez près la curieuse et belle figure du Père Marin Mersenne, ce religieux Minime dont la correspondance avec tous les savants de son époque est une précieuse mine de renseignements scientifiques, et croit pouvoir lui attribuer la première idée de la célèbre expérience du Puy de Dôme.

Une autre fois, il expose avec une parfaite clarté

P I E R R E D U H E M

les principes de l'Optique ancienne, de Huyghens à Young et à Fresnel; et, restant dans le même domaine, il revendique les droits du grand oratorien Malebranche à la découverte, absolument fondamentale, du lien entre la couleur d'une radiation monochromatique et la période de la vibration lumineuse.

Enfin, ne négligeons pas de citer, parmi les plus belles pages de synthèse historique qu'il ait écrites, d'une part un des chapitres de sa *Théorie physique* où il retrace l'évolution de la notion d'attraction, d'autre part les lignes de sa *Notice* où il résume magistralement ses découvertes sur la science prégaliléenne.

*
* *

Mais Duhem allait voir encore plus grand : et le voici qui s'attelle à une œuvre gigantesque — hélas inachevée — qui doit rester comme son *Opus majus* en histoire des Sciences : de ce travail qui, dans sa pensée, devait comprendre douze volumes portant comme titre général : *Le Système du monde, histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, quatre tomes ont paru de son vivant, et trois autres, rédigés en manuscrit, ont été ensuite publiés sous les auspices de l'Académie des Sciences. Volumes énormes, de près de six cents pages chacun, et qui demeurent comme un indispensable répertoire, un magnifique instrument de travail pour tout historien des sciences antiques et médiévales. L'immense éru-

P I E R R E D U H E M

dition de Duhem, son admirable conscience de chercheur et de traducteur, font de cet ouvrage une de ces sommes définitives, un de ces recueils qui seront sans cesse consultés par les chercheurs. Ce que M. Mâle a accompli pour l'art au moyen âge, ou M. l'abbé Bremond pour la littérature religieuse à l'époque classique, Duhem l'a fait pour l'histoire de la Cosmologie.

Livres, d'ailleurs, qui ne sont pas sans défauts : le plus saillant d'entre eux est un manque de composition trop évident, qui rebute souvent le lecteur, et empêchera toujours l'œuvre d'être accessible au grand public. Duhem le sentait sans doute, qui disait à ses amis : « Quand j'aurai fini mon *Système du Monde*, je m'enfermerai pendant les vacances à Cabrespine, et j'en dégagerai en trois cents pages, sans appareil d'érudition, les conclusions essentielles ». Souscrivons sans hésiter au jugement de M. Jordan : « Cette synthèse aurait été un chef d'œuvre, pour la forme aussi bien que pour le fond ».

Il était assez naturel que Duhem, voulant pousser à fond ses études historiques, fût conduit à s'occuper de cosmologie. L'examen des théories mécaniques l'avait en effet mis en présence d'un fait sur lequel il aimait à insister : la continuité du développement scientifique. Il avait assisté aux progrès lents de cette dynamique ou de cette statique, naissant avec Buridan ou Jordanus, et s'accroissant peu à peu jusqu'à sa constitution en doctrine autonome et complète par les savants de la Renaissance. Mais ce n'était que

P I E R R E D U H E M

peu de chose, et la filière était courte. Si l'on voulait étudier le développement complet d'une science, non plus seulement depuis le treizième ou le quatorzième siècle, mais depuis l'antiquité jusqu'à son plein épanouissement, la mécanique n'était pas un aliment suffisant : l'on ne pouvait guère trouver matière à un travail complet que si l'on se tournait vers l'astronomie, et plus spécialement vers les théories cosmologiques, vers l'histoire du système du monde. Là, depuis Platon jusqu'à Copernic, on pouvait voir se former et se dissoudre les théories les plus curieuses, parfois les plus étranges, mais aussi les plus ingénieuses, proposées par les âges successifs afin d'expliquer les mouvements apparents des astres, de représenter de la façon la plus simple et la plus exacte possible la marche du Soleil et des planètes; en un mot, suivant une formule platonicienne que Duhem citait volontiers, de « sauver les apparences ¹ ».

*
* *

Bien que, d'après son titre même, l'ouvrage ne tente pas d'étudier en détail les théories, vagues et mal connues, des philosophes antérieurs à Platon, Duhem a cependant, comme en un avant-propos, parlé du système cosmologique des Pythagoriciens. On trouve chez le fondateur de cette école et ses pre-

¹ Σώζειν τὰ φαινόμενα. C'est le titre d'un essai de Duhem sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée, paru dans les *Annales de Philosophie chrétienne*.

P I E R R E D U H E M

miers disciples, des notions assez justes sur la marche du Soleil et son double mouvement apparent; on n'est d'ailleurs renseigné sur les connaissances pythagoriciennes que de seconde main. Perdu également, un ouvrage curieux de cet élève de Pythagore nommé Philolaüs, et que l'on pourrait appeler le faux précurseur. Une mauvaise interprétation des textes où Aristote critique ses théories a conduit Gassendi, et beaucoup d'autres à sa suite, à attribuer à Philolaüs la première idée du système héliocentrique: en réalité, ce savant a imaginé un monde étrange, dans lequel la terre tournerait autour d'un foyer central, immobile, mais qui n'est pas le Soleil. Il ne s'agit donc point d'une hypothèse semblable à celle de Copernic, mais d'un système compliqué, où les difficultés semblent accumulées à plaisir, et où une large part est faite à un certain mysticisme arithmétique; intéressant au demeurant, et où pointe, malgré tout, la féconde idée de la mobilité de la Terre.

Mysticisme, symbolisme : c'est surtout chez Platon — en particulier dans le *Timée* — qu'on les voit fleurir. Mais ici Duhem, malgré les difficultés de l'interprétation, entre dans le cœur de son sujet. Il voit en effet en Platon le créateur de la véritable méthode des sciences physiques, par son désir de « sauver les apparences », et par la façon très nette dont il pose aux mathématiciens le problème à résoudre : les trajectoires apparentes de chaque astre sont, ainsi que l'enseigne l'astronomie d'observation,

P I E R R E D U H E M

des sortes de spirales fort compliquées; il s'agit, par l'astronomie géométrique, d'expliquer ces trajectoires par des compositions de mouvements simples. Mais l'erreur de Platon, qui a tyrannisé toute l'astronomie jusqu'à Képler, est de croire que les mouvements célestes ne peuvent être que des rotations circulaires et uniformes. En ajoutant à cette condition *a priori* celle de la fixité de la Terre au centre du monde, on voit que le rôle des géomètres n'était guère facile. Faire l'histoire de la Cosmologie, c'est étudier les diverses réponses qui ont été apportées, au cours des âges, pour résoudre ce problème posé par Platon, c'est distinguer les grands courants entre lesquels s'est partagée l'astronomie jusqu'à ce que Copernic impose l'héliocentrisme et Képler le mouvement elliptique — et c'est la tâche que Duhem va remplir.

*
* *

Tâche difficile, à cause de la multiplicité des auteurs, des commentateurs et des textes, mais rendue aisée cependant par leur peu d'originalité. Ces courants d'idées, de l'antiquité à la Renaissance, se réduisent, au fond, à deux : la théorie des sphères homocentriques et celle des épicycles.

La première, sans doute imaginée au quatrième siècle avant notre ère par Eudoxe de Cnide, a traversé les siècles en s'abritant sous l'autorité d'Aristote. On en connaît les grandes lignes : le monde est formé

P I E R R E D U H E M

d'un système de sphères, ayant la Terre pour centre commun, et portant chacune un astre, Lune, Soleil ou planètes (sans parler des sphères intérieures dites des *éléments*, air, feu, etc.), jusqu'à la sphère des étoiles fixes; chacune d'elles possède son mouvement propre, de rotation autour d'un axe fictif et commun, mais participe aussi au mouvement que lui communique la sphère immédiatement supérieure; le tout enfin est complété par d'autres sphères sans astres, jouant uniquement le rôle de moteur général, sphère de la précession, ou sphère du « premier-sept mobile ». En tout, on arrivait au total de vingt-sept sphères ! On se souvient aussi de la célèbre et curieuse assertion sur la merveilleuse harmonie des sphères, sur cette musique qu'elles produisent en tournant et que notre oreille, hélas ! ne perçoit pas... Et l'on sait également que cette théorie des sphères homocentriques a eu, depuis Aristote jusqu'aux Arabes, en passant par les néo-platoniciens, des défenseurs acharnés.

Cependant, elle n'était pas viable. Quoiqu'on fasse, l'astronomie des sphères homocentriques ne pouvait pas sauver les apparences, et il fallait un singulier aveuglement pour ne pas le remarquer. Des phénomènes connus dès l'antiquité, comme la variation du diamètre apparent du Soleil, ou l'inégalité des saisons, montraient l'impossibilité du géocentrisme et des mouvements circulaires. Il n'est donc pas étonnant que l'on se soit, de bonne heure, élevé contre la théorie d'Aristote. Sosigène le Péripatéticien semble avoir été l'un des premiers à en mon-

P I E R R E D U H E M

trer les déficiences, mais sans rien proposer en échange. Peut-être Apollonius de Perge, l'un des grands géomètres grecs, le père de la théorie des sections coniques. a-t-il ébauché la doctrine rivale : mais elle prendra corps avec Hipparque, et surtout avec Ptolémée.

*
* *

On ne peut se défendre, en relisant l'ouvrage fondamental de Ptolémée, la Grande Syntaxe, que les Arabes appelèrent *Almageste*¹, d'un profond sentiment de respect. C'est là un des plus magnifiques ouvrages de l'esprit humain : écoutons ce qu'en dit Duhem : « Vraiment, l'*Almageste* mérite l'admiration dont il fut entouré pendant tant de siècles. Après que la révolution astronomique dont Copernic fut l'initiateur eut abouti aux *Principes* de Newton, il fut de mode de traiter avec un dédain moqueur l'œuvre qui coordonnait le géocentrisme longtemps en vigueur. Les astronomes se comportaient en enfants ingrats, mordant le sein qui les a nourris. Comment Copernic eût-il pu faire prévaloir les avantages de sa théorie sur la doctrine précédemment admise, s'il n'avait eu à sa disposition les observations et les Tables multiples des Georges de Peurbach et des Regiomontanus ? Et comment Peurbach et

¹ Une bonne réimpression du texte grec, avec la traduction française de l'abbé Halma, en a été donnée il y a cinq ans par la librairie Hermann, Paris.

P I E R R E D U H E M

Regiomontanus eussent-ils fait leurs observations et dressé leurs tables, s'ils n'avaient été constamment guidés par les *Canons* que prescrivait l'Astronomie de l'*Almageste* ? Du 11^e siècle de notre ère au 16^e siècle, les doctrines de Ptolémée ont fait régner l'ordre dans la science astronomique; ordre provisoire, il est vrai, auquel la théorie de la gravitation universelle devait un jour substituer une classification différente et singulièrement plus parfaite; mais ordre indispensable, sans lequel la classification définitive ne fût, peut-être, jamais parvenue à s'établir ».

Certes, le système de Ptolémée n'est pas une de ces hypothèses commodes que prônait Poincaré : s'il réussit à « sauver les apparences » (et, sauf en ce qui concerne le mouvement de la Lune, il le fait à merveille), c'est au prix de complications fort grandes, mais d'une ingéniosité remarquable. Ce système d'*épicycles* et de *déférents*, ces astres qui décrivent des cercles, dont les centres se meuvent eux-mêmes, autour de la Terre, sur d'autres circonférences, ce n'est point là quelque chose de simple, bien que nous n'ayons énoncé ainsi, qu'un schéma très réduit du système : mais cela s'accorde avec l'expérience : et l'on ne demandait rien de plus. L'apparition de l'*Almageste* est une des grandes dates de l'histoire scientifique.

*
**

Cependant, on avait entrevu micux. Bien avant

P I E R R E D U H E M

Ptolémée, quelques savants de génie avaient, timidement, suggéré l'hypothèse héliocentrique. Vers 280 avant notre ère, à la belle époque de la science grecque, entre Euclide et Archimède, Aristarque de Samos enseigne, peut-être à la suite d'Héraclide du Pont, que la Terre décrit une circonférence autour du Soleil immobile, et que le Soleil est également le centre de la sphère des étoiles fixes, dont le rayon est infiniment grand. C'est lui le véritable précurseur de Copernic, qui l'a d'ailleurs connu : mais sa doctrine, considérée comme sacrilège par ses contemporains, ne fut soutenue après lui que par quelques disciples isolés, et tomba rapidement dans l'oubli. Jusqu'à l'époque moderne, ce n'est qu'entre Aristote et Ptolémée, entre les sphères homocentriques et les épicycles, que Duhem verra les opinions se partager, et, comme il l'écrit, « la bataille ne prendra fin qu'au jour où le triomphe des hypothèses de Copernic tuera de la même mort les hypothèses d'Aristote et celles de Ptolémée ».

On peut se demander pourquoi la théorie des sphères homocentriques, incapable, nous l'avons dit, de sauver les apparences, n'a pas été dès l'origine écrasée par la thèse de Ptolémée. Les raisons de ce fait sont d'ordre philosophique plus que scientifique. Du moment qu'Aristote régnait sur la philosophie, on ne discutait point sa physique et son astronomie; et beaucoup préféreraient aux épicycles un système qui ne heurtât point certains principes fondamentaux de la physique aristotélicienne, tels que ceux-ci : « Il est

P I E R R E D U H E M

nécessaire que tous les mouvements soient circulaires; il est *nécessaire* qu'ils aient lieu autour d'un centre unique et fixe; et il est *nécessaire également* que ce centre soit la Terre ». L'un des disciples d'Aristote au moyen âge, le persan Nasir Eddin, écrit, en un verdict brutal et simpliste : « Un système non sphérique n'est pas conforme aux principes de la science astronomique ». Aussi, comme le dit Duhem avec pénétration, la guerre entre Aristote et Ptolémée « apparaît plus ample encore, si l'on remonte à ses causes premières; elle met aux prises, d'une part, ceux qui veulent que la physique se déduise d'un système philosophique déterminé, et, d'autre part, ceux qui n'exigent rien d'elle, sinon qu'elle s'accorde exactement avec l'expérience. Ainsi considérée, elle apparaît comme la première phase d'un débat qui durera sans doute autant que la pensée humaine ».

*
* *

Nous ne pouvons suivre Duhem à travers les luttes et les discussions entre tenants de l'une ou l'autre doctrine, qu'il s'agisse des astronomes arabes, comme Al Hazen, disciple de Ptolémée, ou Averroës et Albitrogi, fanatiques aristotéliens, ou des savants et des théologiens du moyen âge. Pour ceux-ci, remarque Duhem, « les plus grands esprits restaient indécis entre Aristote et Ptolémée : tels Robert Grosse-Tête, saint Bonaventure, saint Thomas d'Aquin et Roger Bacon ». Mais, si nul ne se risque

P I E R R E D U H E M

à tenter une explication nouvelle du système du monde, chacun apporte une observation inédite, un perfectionnement nouveau, qui enrichit la science et contribue à ses progrès. Et là encore, le rôle de ce moyen âge trop méconnu nous apparaît grand, d'abord dans ce que Duhem appelle, d'un mot définitif, « l'initiation des barbares », ensuite dans les travaux originaux.

Curieux et attachant défilé que celui de ces savants, de ces penseurs, de ces compilateurs même : voici Bède le Vénéral et Paul Diacre, dont les idées sur le phénomène des marées sont tantôt exactes, et tantôt fausses; voici Scot Erigène, qui entrevoit le système que proposera plus tard Tycho-Brahé : Mercure, Vénus, Mars et même Jupiter tournant autour du Soleil, et ce dernier autour de la Terre; voici Gerbert qui, avant de devenir le pape Sylvestre II, s'intéresse aux instruments astronomiques; voici les auteurs de tables, comme l'anonyme Marseillais, de traités, comme Jean de Sacrobosco, de traductions, comme les rabbins de Lunel; puis ce sont les Parisiens, Guillaume de Saint Cloud et son Calendrier pour la Reine de France, Jean de Linières qui prépare la réforme fondamentale plus tard introduite par Grégoire XIII, Léon le Juif qui invente un instrument de visée appelé « bâton de Jacob » dont la vogue sera grande jusqu'au milieu du dix-septième siècle; et Pierre d'Ailly, dont les traités de géographie seront longuement médités par Christophe Colomb; sans oublier ceux que, comme Buridan et Oresme, nous

P I E R R E D U H E M

avons déjà rencontrés parmi les fondateurs de la Mécanique. Mais peut-on poursuivre ce qui ne saurait être qu'une analyse sèche et morte d'un ouvrage plein de vie et d'intérêt, où Duhem, comme l'a écrit M. Jouguet, a « montré les plus belles qualités d'historien, d'érudit et de philosophe ? » Dans ce qui nous reste du *Système du Monde*, comme dans son *Léonard de Vinci*, comme dans ses *Origines de la Statique*, Duhem est, en histoire, ce qu'il était en physique : un maître.

CHAPITRE V

Le maître

Maître par ses travaux, physiques, philosophiques ou historiques, Duhem l'est aussi par son influence.

Au point de vue strictement scientifique, cette influence a été grande, et beaucoup parmi les savants les plus écoutés de nos jours, aiment à se dire disciples de Duhem : citons, au hasard, M. Jouguet, professeur à l'École Polytechnique, MM. Marchis, H. Bénard, professeurs à la Sorbonne, Louis Roy, Bouasse, à la Faculté des Sciences de Toulouse, Dauzère, directeur de l'Observatoire du Pic du Midi... Mais c'est surtout du rayonnement personnel de Duhem, de son action immédiate sur son entourage, et principalement sur ses étudiants que nous voudrions parler maintenant.

Il a été un professeur incomparable. « Il charmait son auditoire, dit M. Manville, qui fut son élève. En un langage toujours châtié, sa voix chaude et prenante exposait sans effort et avec une clarté rare les questions les plus difficiles. On sentait que le Maître dominait son sujet et en possédait tous les secrets ». Dès le début de sa carrière enseignante, à Lille, il captive ses étudiants, il sait les associer à ses réflexions, leur demander ce qu'ils pensent de tel

P I E R R E D U H E M

exposé ou de telle démonstration. C'est l'époque où sa théorie physique commence à se préciser dans son esprit : il a la chance d'avoir devant lui, nous dit-il lui-même, « un auditoire d'élite, possédant un sens critique qui ne s'endormait pas ». Il expose à ses étudiants ses idées nouvelles, écoute leurs objections, répond à leurs questions; et cette collaboration de chaque instant va l'aider à mettre au point les principes de son Energétique.

A Bordeaux, il est vraiment le Maître. Ces cours dans lesquels il traite de sujets ardu, hydrodynamique ou optique théorique, d'une façon toute mathématique, et sans que la moindre expérience vienne jamais les égayer, enthousiasment les étudiants. Comme l'écrit M. Augustin Fliche, qui fut son collègue à l'Université de Bordeaux, « ses élèves, sur lesquels il a exercé une très grande influence, avaient pour lui un véritable culte. Ils appréciaient [...] sa valeur professionnelle, son originalité scientifique, la sûreté de sa doctrine, et aussi son caractère droit, indépendant, incapable de jamais transiger avec sa conscience ». On conçoit qu'un tel enseignement ait fait éclore des vocations scientifiques : Duhem a été l'inspirateur de nombreuses thèses de doctorat; et rien ne le toucha davantage que le désir exprimé par certains et certaines de ses élèves, de soutenir leurs thèses, non point en Sorbonne comme le veut la mode, mais à la Faculté des Sciences de Bordeaux, devant un jury qu'il présidait.

*
* *

P I E R R E D U H E M

Mais ses étudiants n'étaient pas les seuls à jouir de sa parole, à apprécier ce talent oratoire si remarquable chez lui. Un de ses collègues s'écriait un jour : « Duhem ! Nous débiterait-il la généalogie des Empereurs de Chine ? Il nous suspendrait à ses lèvres ! » Rien d'étonnant à ce que le grand public ait afflué aux conférences qu'il voulait bien donner. Son cours public de Bordeaux était l'un des plus suivis : c'était merveille de voir ainsi le théoricien de l'Energétique, délaissant ses équations, mettre à la portée des auditeurs, dans des tableaux d'une admirable clarté, les récentes découvertes physiques, les plus difficiles hypothèses, ou, vers la fin de sa vie, les révélations de ses recherches historiques.

Duhem attirait, non seulement par son talent d'exposition, mais par ses dons littéraires. Même dans ses ouvrages de science ou d'histoire, on voit parfois percer chez lui l'écrivain, heureux de pouvoir donner une belle page de littérature pure. Voici, par exemple, dans son volume sur les *Origines de la Statique*, le début de la conclusion, où nous retrouvons ses impressions de promeneur languedocien : « Après qu'il a parcouru le causse desséché du Larzac, aux mamelons de pierre grise, aux dédales rocheux semblables à des ruines de cités, le voyageur dirige ses pas vers les plaines que baigne la Méditerranée. Le chemin qu'il doit suivre est dessiné par de larges ravines; traces d'anciens torrents ou de rivières taries, elles s'enfoncent peu à peu, entaillant toujours plus profondément le plateau calcaire. Ces ravines

P I E R R E D U H E M

confluent bientôt en une gorge unique; de hautes murailles à pic, surmontées de dangereux glacis de pierres croulantes, resserrent le lit où, jadis, une belle rivière roulait ses eaux profondes et impétueuses. Aujourd'hui, ce lit n'est plus qu'un chaos de blocs brisés et usés; nulle source ne suinte aux parois rocheuses, nulle flaque d'eau ne mouille les graviers; entre les amas pierreux, nulle plante ne verdoie. La *Vissec*, tel est le nom que les Cévenols ont donné à ce fleuve d'aridité et de mort... » Et cette belle évocation se termine par une comparaison entre cette rivière desséchée, qui cependant s'épanouira dans la plaine, et le maigre courant scientifique qui, de l'antiquité, a traversé les âges pour préparer la renaissance du treizième et du quatorzième siècles.

Par des articles destinés à la grande presse scientifique, Duhem s'efforça aussi de faire pénétrer dans le public des idées qui lui étaient chères. Il a donné à la *Revue Générale des Sciences* un certain nombre d'études historiques, sur Pascal, sur Nicole Oresme, par exemple; à la *Revue des deux Mondes* des considérations sur la Thermodynamique et sur l'Optique. Plusieurs notices de la *Catholic Encyclopaedia*, de New-York, relatives à des savants médiévaux, ont été rédigées par lui. Mais il faut faire une place spéciale à deux articles fort curieux, écrits pour la *Revue philomatique de Bordeaux* en 1899 et 1900, intitulés le premier *Usines et laboratoires*, le second *Théorie et pratique*. Ils pourraient étonner sous la plume de ce savant qui a été le type du pur théoricien : on l'y

P I E R R E D U H E M

voit en effet insister sur les services que la science pratique peut rendre à la théorie, sur le puissant stimulant de l'activité intellectuelle des chercheurs que peuvent être les questions posées par la pratique. Cette attitude de Duhem n'a rien d'étrange : elle lui était dictée, comme il l'a dit, par des considérations historiques. « Lorsque l'homme, écrit-il, prétend, non point résoudre les problèmes qui se sont posés hors de lui, sans lui, malgré lui, mais se poser lui-même les problèmes qu'il résoudra, il ne tarde pas à épuiser ce fond propre dont il croit tout tirer. Ainsi se sont produites toutes les crises de byzantinisme qu'a subies l'esprit humain ». C'est à l'usine à sauver le laboratoire « de la stérilité byzantine ». Le théoricien doit, en retour, présenter à l'ingénieur « sous une forme didactique, claire, précise, aisément assimilable, les doctrines scientifiques nouvelles qui importent au développement de l'industrie ». Mais cependant, que l'on se garde de tomber dans l'excès contraire. Les Facultés des Sciences, disait volontiers Duhem, ne doivent pas être « des écoles de contre-maîtres ». N'est-il pas néanmoins bien intéressant de voir le mathématicien de l'Energétique étendre jusque sur les usines son rayonnement scientifique ? N'oublions pas, d'ailleurs, qu'il a fortement contribué à faire créer, à Bordeaux, un cours de chimie appliqué à l'industrie des résines, bien utile pour les exploitants de la région landaise.

*
* *

P I E R R E D U H E M

Cependant, si nous voulons saisir l'influence de Duhem dans ce qu'elle eut de plus intime et de plus profond, ce n'est pas dans sa chaire de Faculté que nous irons le trouver : c'est à l'Association catholique des Etudiants de l'Université de Bordeaux, et — pour un an seulement, malheureusement, — au Groupe catholique des Etudiantes.

Pendant longtemps, Duhem avait volontairement limité aux relations professionnelles, aux encouragements scientifiques, ses rapports avec les étudiants. Aller plus loin, pénétrer dans leur vie, discuter avec eux d'autre chose que de physique, lui paraissait difficile, sinon dangereux. M. Jordan rapporte cette boutade qu'il s'amusait à répéter, à propos du mouvement déclenché par l'Encyclique *Rerum novarum* : « Ils parlent d'aller au peuple et trouvent cela tout simple : s'ils savaient combien il est difficile d'aller seulement à l'étudiant ! »

Mais, en 1913, l'initiative de quelques professeurs de l'Université fondait l'Association catholique des Etudiants : et l'attitude de Duhem — sa vie entière, pourrait-on dire — se transforme entièrement. Après s'être assuré que toute préoccupation politique serait étrangère au nouveau groupement¹, — « Jeunes gens, s'écriait-il un jour dans un banquet, faites de

¹ Duhem n'a jamais fait de politique, et prétendait même n'avoir pas d'opinions. Cependant ses préférences secrètes le poussaient du côté des démocrates, chez qui il comptait beaucoup d'amis.

P I E R R E D U H E M

la politique, mais jamais avant quarante ans ! » — il se dévoua, corps et âme, à cette œuvre, contribua pour une grande part à son développement, l'aïda à vivre malgré la crise de 1914, élaborant pour elle des programmes de cercles d'études, y donnant des conférences... On ne reconnaissait plus le Duhem individualiste, enfermé dans sa tour d'ivoire, qui répugnait à tout ce qui ressemblait à un enrégimentement. Il était dans sa voie : il était fait pour l'apostolat intellectuel : la nouvelle Association lui fournissait le champ d'action qu'il n'avait pas trouvé jusque là.

Mais, pour savoir ce qu'était Duhem auprès des étudiants catholiques, il n'est que de nous adresser à celui qui, dès son origine, fut l'âme du groupe, son aumônier, l'abbé Bergereau. Écoutons l'allocution, pleine d'émotion douloureuse, qu'il prononça, à la Messe de rentrée des Etudiants, en novembre 1916, à cette Messe où, pour la première fois, l'on ne vit plus Duhem.

« Il était de toutes nos réunions. Ne lui est-il pas arrivé de partir de Paris le samedi soir, se privant ainsi d'un jour de vacances qu'il aurait pu passer auprès de sa fille, pour ne pas manquer notre Messe du lendemain ? A nos cercles d'études, où ces derniers temps surtout il se faisait un devoir d'assister, avec quelle exquise bienveillance il écoutait les pauvres conférenciers que nous sommes, et sur chaque question, puisant dans les trésors de sa science, que de choses il avait toujours à dire, et si

P I E R R E D U H E M

mesurées, et si lumineuses, et si piquantes ! Qui ne l'a pas admiré venant les jours de communion s'agenouiller à nos côtés, à la table sainte ? A chacun de nos banquets il avait sa place ; et comme il y redevenait vite le normalien, tout pétillant d'esprit, qu'il avait été autrefois ! Il n'est pas jusqu'à nos excursions dont il ait toujours voulu être. Vous n'avez pas oublié le délicieux compagnon qu'il fut à Verdélais le jour de l'Ascension. D'un pas joyeux et allègre, riant avec l'un, discutant avec l'autre, sur la route de Langon à Verdélais, il gravit le matin les cotéaux de la Garonne, puis les redescendit le soir. C'était à qui se glisserait auprès de lui. Chacun l'eût voulu pour soi seul. J'étais dans l'admiration de voir avec quelle simplicité, supprimant sans façon les distances, ce grand homme se faisait tout à tous, et réussissait même si bien qu'il nous échappait quelquefois de le traiter comme tel ».

« Je me rappelle qu'à plusieurs reprises, pénétrant dans notre salle de réunion, avant la Messe du dimanche, surpris de ne pas l'apercevoir aussitôt, plusieurs demandèrent tout bonnement : où est Duhem ? Certes, M. Duhem n'était pas loin. Il était si peu loin qu'il lui arriva d'entendre la question. Le rouge montait au front des audacieux. Mais lui se contentait de sourire. On le sentait joyeux. Il savait bien que ces petites familiarités n'enlevaient rien au respect et à la vénération que nous avons pour lui, mais qu'elles témoignaient de la grande place que nous lui avons faite dans notre cœur. Il n'est pas

P I E R R E D U H E M

étonnant qu'il soit devenu l'âme de notre groupement, au point que, parlant de nous, le public en arrivait à dire : l'œuvre de M. Duhem... »

Oui, c'était bien son œuvre, en effet, et dans tous les sens du mot. Il en était l'animateur, il en profitait aussi. « Puisque M. Duhem, disait l'abbé Berge-reau dans un toast, aime à dire quelquefois que, passé la cinquantaine, il est encore un étudiant, nous devons reconnaître que de tous il a été certainement le plus fidèle, celui qui a fait le plus crânement et le plus simplement son devoir... Dieu nous donne beaucoup d'étudiants tels que lui ». Cette action de présence, cette assiduité continuelle et touchante, cette humble ardeur à suivre les conférences, à prendre des notes aux cours d'instruction religieuse, n'étaient pas les moindres facteurs de son influence. Ce n'étaient pas les seuls.

*
* *

Duhem savait aussi, dans mainte circonstance, donner aux étudiants, sous une forme parfois humoristique, de sages conseils qui, venant de lui, étaient écoutés. Tous ceux qui l'ont entendue se souviennent de l'allocution qu'il prononça au second banquet des Etudiants, le 4 juin 1914, dans laquelle il dénonça, plaisamment mais impitoyablement, l'arrivisme. Imprimé à peu d'exemplaires, dans un compte-rendu devenu rare, on nous excusera de reproduire ici, en grande partie, ce toast où se retrouvent toutes

P I E R R E D U H E M

les qualités de Duhem, et dont on peut bien aisément appliquer les conclusions à sa vie elle-même.

« Mes chers amis, disait-il, ayez horreur de l'arrivisme ! Ayez-en horreur chez les autres, ayez-en horreur pour vous-mêmes !

« L'arrivisme, qu'est-ce ?

« La conférence si intéressante que mon collègue le docteur Pierre Mauriac nous donnait il y a peu de temps m'en fournit la définition. Le docteur Mauriac nous parlait des *tropismes*, de l'*héliotropisme* par exemple ; « tout de même que la fleur qu'on nomme héliotrope », comme disait Thomas Diafoirus, le tournesol jaune tourne sans cesse vers le soleil son grand disque bête de gros pissenlit.

« Or il y a, de par le monde, des gens qui ont sans cesse une face anxieuse et des yeux avides tournés vers quelque chaire vacante ou quelque fauteuil vide ; que dis-je ? vers une chaire dont ils voudraient bien qu'elle fût vacante ou vers un fauteuil dont ils souhaiteraient qu'il fût vide. C'est un tropisme, et ce tropisme a reçu le nom d'*arrivisme*.

« Le tournesol jaune est un exemple d'héliotropisme. Voulez-vous un exemple d'arrivisme ? Laissez-moi vous rappeler une anecdote. Vous la connaissez tous, car elle est historique ; je crois toutefois qu'elle est vraie.

« Cela se passait il y a quelques trente ans, un soir, chez Taine ; les colonnes de la libre pensée d'alors étaient là. Marcellin Berthelot devisait avec le maître de la maison ; penché sur une table, le gros Renan

P I E R R E D U H E M

crayonnait quelque chose sur un bout de papier. On s'approcha. Le dessin de Renan représentait une pierre tombale avec cette épitaphe : « Ci-gît Berthelot : il occupe la seule place qu'il n'ait jamais demandée ».

« Mes chers amis, vous ne demanderez pas toutes les places.

« Quand une place sera vacante, vous vous demanderez en conscience : Pour la remplir, suis-je l'homme qu'il faut, *the right man in the right place*? Et si votre conscience vous dit non, vous n'irez pas plus en avant.

« Si votre conscience vous dit : oui, vous jetterez alors les yeux autour de vous. Vous chercherez si, parmi vos concurrents, il n'en est pas un plus digne que vous de la fonction que vous ambitionnez. Si vous en apercevez un, vous vous effacerez pour le laisser passer; que dis-je ? vous vous emploierez à le faire passer.

« Si vous avez reconnu, en votre âme et conscience, que vous êtes le plus digne de cette charge, vous vous interdirez encore, pour l'obtenir, tout moyen qu'on ne peut employer au plein jour, toute démarche qui ne serait pas de la plus scrupuleuse loyauté.

« Je devine la pensée qui, pendant que je parle, traverse peut-être l'esprit de quelqu'un d'entre vous : En me piquant de tant de délicatesse, ne risquerai-je pas que quelque concurrent moins réservé me passe devant ?

P I E R R E D U H E M

« Risquer, mes chers amis ? Mais vous ne le risquez pas, vous en êtes sûrs.

« Dès là que vous vous interdirez d'employer les passe-droits à votre profit, vous les verrez quelque jour employés contre vous. A suivre mes conseils, donc, vous pourrez bien ne pas arriver aussi haut qu'en les méprisant.

« Vous n'arriverez peut-être pas bien haut. Mais vous ne vous direz pas : Sans doute, je suis accablé de charges et comblé d'honneurs; mais, devant moi, je vois qu'on sourit, et, derrière moi, j'entends qu'on rit; je sais qu'on m'appelle l'incapable, la nullité.

« Vous n'arriverez peut-être pas bien haut. Mais vous n'aurez pas à songer : Je suis digne, il est vrai, du rang que j'occupe; mais un tel était plus digne que moi; et parce que je l'ai évincé, il est pauvre, il est humilié, il est malheureux.

« Vous n'arriverez peut-être pas bien haut. Mais votre conscience ne vous répètera pas sans cesse : Tu étais digne de la place que tu détiens, tu en étais le plus digne; et cependant, pour l'obtenir, que de platitudes, que de vilénies, que d'apostasies.

« Croyez-vous, mes chers amis, que le bonheur d'échapper à tous ces remords, que la fierté de porter bien haut un front sans rougeur, ne soit pas une suffisante consolation de quelques défaveurs et de quelques injustices ? Croyez-vous que vous ne recevrez pas votre récompense dès ce monde ? Et que vous dirai-je de celle qui vous attend dans l'autre ? Car, arrivistes plus avisés que Berthelot, vous aurez

P I E R R E D U H E M

demandé la seule place qui vaille la peine d'être recherchée, parce qu'aucune retraite ne vient vous en arracher, parce qu'on l'occupe pour l'éternité... »

Et, comme conclusion de ces belles paroles, Duhem formulait un souhait pour son jeune auditoire :

« Mais, disait-il, un souhait, quand on est chrétien, quand on ne croit pas à la fortune, ou quand on y croit pour l'appeler Providence, c'est une prière. Ne vous étonnez donc pas que mon toast prenne la forme d'une prière.

« Quand vous aurez pris rang au banquet de la vie, je prie Dieu de passer souvent le long des tables, de remarquer l'humble place où votre modestie vous aura fait asseoir, et, vous prenant alors par la main, de vous dire : Mon ami, montez plus haut ! »

*
**

L'Association catholique des Etudiants n'eut pas le bonheur de conserver longtemps le maître qui lui donnait de si nobles avis; le Groupe catholique des Etudiantes, fondé en 1915, le connut encore moins. Duhem présida cependant son Assemblée générale du 27 juin 1916 — quelques semaines avant sa mort.

S'il eût vécu, il eût été, sans nul doute, un des plus fermes soutiens du groupe naissant. Peut-être avait-il été, au début, un peu étonné, sinon choqué, de voir les salles universitaires envahies par des jeunes filles, presque aussi nombreuses, et parfois plus, que leurs camarades masculins : en tout cas,

P I E R R E D U H E M

ce mouvement de défiance ne dura guère, et Duhem, au contraire, s'enorgueillissait des succès à l'agrégation, voire au doctorat, de plusieurs de ses étudiantes en physique. Lors de cette assemblée générale, il exposa, avec une charmante délicatesse, ses sentiments sur le sujet :

« Parmi vous, Mesdemoiselles, disait-il, le désir de savoir grandit sans cesse, et la vocation de l'enseignement se montre de plus en plus fréquente; dans les Facultés, vous venez, chaque année plus nombreuses, recueillir les parcelles de vérité que nous avons mission de distribuer. Et tout aussitôt, parmi ceux qui s'intéressent aux choses de l'esprit, surgissent des préoccupations et naissent des inquiétudes. Composer la science et la répandre, c'était jusqu'ici la besogne propre et presque exclusive de l'homme. Si la femme prend, à cette tâche, une part de plus en plus grande, la façon de l'accomplir n'en sera-t-elle pas changée ? A nos vieilles méthodes d'enseignement, n'imposeront-elles pas quelques formes nouvelles, ces jeunes filles qui se pressent dans nos salles de cours ? Et cette forme nouvelle, que sera-t-elle ? La devons-nous souhaiter, ou bien nous la faut-il redouter ?

« Il est, il me semble, facile de répondre. En venant prendre part à notre tâche, vous ferez, Mesdemoiselles, ce que vous faites partout où vous passez, et ce sera œuvre bénie ».

Et Duhem faisait un tableau ému de la transforma-

P I E R R E D U H E M

tion joyeuse que fait subir à un salon morose la présence d'une jeune fille :

« Entrez dans cette maison qu'aucune jeune fille n'habite depuis longtemps, ouvrez la porte du salon; les meubles y sont de bon style et les œuvres d'art de bon goût; tout est en ordre; les fauteuils s'alignent avec symétrie et les rideaux sont exactement tendus; cependant, rien ne séduit le regard, rien ne plaît; dans cette salle morose, on n'a pas envie de s'attarder.

« Une jeune fille survient. Que fait-elle ? Elle dérange une table, quelques chaises; elle déplace de menus objets, dans un vase, elle dispose une gerbe de fleurs... C'est fort peu de chose, et cependant tout est changé ».

On pense invinciblement, en lisant ces lignes, à l'esclave aux longs yeux de Paul Valéry, qui

... de la raison pure épargne l'appareil.

Et Duhem concluait : « Dans le manoir des études, vous ferez entrer l'élégance et la clarté; par vous, cette antique demeure va devenir aimable et charmante... »

Ainsi, en chaque circonstance, Duhem savait admirablement prendre le ton qu'il fallait et dire à son auditoire ce qui était opportun. Il est mort, malheureusement pour nous, avant la grande extension actuelle de nos groupements de Professeurs catholiques. On peut être sûr qu'il s'y serait vivement intéressé, et qu'il aurait été un des orateurs les plus écoutés de nos Journées universitaires. Dieu ne l'a pas permis :

P I E R R E D U H E M

du moins pouvons-nous considérer Duhem à la fois comme le physicien, qui marqua si fortement de son empreinte la génération de l'Énergétique, comme l'historien qui apporta de si étonnantes révélations, comme le philosophe qui sut avec tant de justesse raisonner sur les théories et les hypothèses — enfin comme un exemple vivant d'apostolat intellectuel, discret et rayonnant.

N'est-ce point à ces signes que, dans toute la plénitude du terme, on reconnaît le Maître ?

Bibliographie

A. *Travaux à consulter sur P. Duhem*

Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, 7^e série, tome I, entièrement consacré à Duhem. Contient les études suivantes (avec deux portraits) :

1^{er} cahier (1917) :

Pierre Duhem, par Edouard JORDAN, pp. 9-39.

Notice sur les titres et travaux scientifiques de P. Duhem (rédigée par lui-même et précédée d'une liste de ses publications jusqu'en 1913), pp. 41-169.

2^e cahier (1927) :

La physique de P. Duhem, par O. MANVILLE, pp. 173-605.

Bibliographie des travaux de P. Duhem, pp. 607-630.

L'Œuvre de P. Duhem dans son aspect mathématique, par I. HADAMARD, pp. 637-665.

L'histoire des sciences dans l'œuvre de P. Duhem, par A. DARBOIS, pp. 669-718.

Emile PICARD, *La vie et l'œuvre de Pierre Duhem* (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, tome LVII, 2^e série, 1922, pp. XCIX à CXLII [avec un portrait]).

E. JOUQUET, *L'œuvre scientifique de Pierre Duhem* (*Revue générale des Sciences*, 28^e année, n^o 2, 30 janvier 1917, pp. 40-49).

O. MANVILLE, *Qu'est-ce que la Science? La Réponse de Pierre*

P I E R R E D U H E M

Duhem (*Cahiers de la Nouvelle Journée*, n° 5, Paris, Bloud et Gay, 1926).

Augustin FLICHE, *Pierre Duhem* (*Revue historique*, tome CXXIII, 1916, p. 444).

E. DOUBLET, *Pierre Duhem, le système du monde* (*Bulletin astronomique*, 1915, pp. 145, 242, 350 ; 1916, p. 146).

Abbé BERGÈREAU. — *Pierre Duhem* (allocution prononcée devant les étudiants catholiques de Bordeaux), Bordeaux, Wetterwald, 1916, 23 pages (une photographie).

Association catholique des Etudiants de l'Université de Bordeaux. *Compte rendu annuel*, 1913-1914, Bordeaux, Wetterwald, 1914 (contient un toast de Duhem, pp. 39-44.)

Groupe catholique des Etudiantes de l'Université de Bordeaux, *Compte rendu de l'Assemblée générale du 25 juin 1916*, Bordeaux, Pech, 1916 (contient un discours de Duhem, pp. 11-18).

Charles FABRY, *Histoire de la physique en France* (in *Histoire de la Nation française*, par G. HANOTAUX, Paris, Société de l'Histoire nationale [Plon-Nourrit]).

Bernard BRUNHES, *Les sciences physiques et chimiques* (in *Un Siècle, mouvement du monde de 1800 à 1900*, Paris, Oudin, 1900).

B. — Principaux travaux de Duhem

Nous ne donnons, dans la bibliographie qui suit, que : 1° les *ouvrages* publiés par Duhem, qu'il s'agisse de science pure, de philosophie, ou d'histoire des sciences ; et 2° les *articles* philosophiques ou historiques. Nous laissons volontairement de côté la longue série des notes et mémoires uni-

P I E R R E D U H E M

quement scientifiques, dont la nomenclature n'aurait d'intérêt que pour les techniciens. On en trouvera la liste complète dans les fascicules de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux cités plus haut. Elle nous a été d'un grand secours pour établir cette bibliographie.

1^o Ouvrages de P. Duhem

- 1 *Le potentiel thermodynamique et ses applications à la mécanique chimique et à la théorie des phénomènes électriques*, 1 vol., xi-248 pp., Paris, Hermann, 1886.
- 2 *Hydrodynamique, élasticité, acoustique*, cours professé à Lille, 2 vol. autographiés, Hermann 1891, 378 et 310 pp.
- 3 *Leçons sur l'électricité et le magnétisme*, 3 vol., 560, 480, 528 pp., Paris, Gauthier-Villars, 1891-92.
- 4 *Introduction à la mécanique chimique*, 1 vol., 188 pp., Gand, Hoste, 1893.
- 5 *Traité élémentaire de mécanique chimique, fondée sur la thermodynamique*, 4 vol., 300, 378, 380, 381 pp., Hermann, 1897-99.
- 6 *Thermodynamique et chimie*, leçons élémentaires à l'usage des chimistes, 1 vol., 496 pp., 1^{re} édition, Hermann, 1902 ; 2^e édition augmentée, 1910 ; 3^e édition, avec additions par A. BOUTARIC, 1930. L'ouvrage a été traduit en anglais par G. K. BURGESS, sous le titre *Thermodynamics and chemistry*, New York and London, 1903.
- 7 *Le mixte et la combinaison chimique*, essai sur l'évolution d'une idée, 1 vol., 208 pp., C. Naud, 1902.
- 8 *Les théories électriques de J. Clerk Maxwell*, étude historique et critique, 1 vol., 228 pp., Hermann, 1902. Re-

P I E R R E D U H E M

produit des articles précédemment parus dans les *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*, 1900 et 1901.

- 9 *Recherches sur l'hydrodynamique*, 1^{re} série, 1 vol., 212 pp., Gauthier-Villars, 1903 ; 2^e série, 1 vol., 153 pp., 1904. Reproduit des articles précédemment parus dans les *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1901, 1902 et 1903.
- 10 *L'Evolution de la Mécanique*, 1 vol., 348 pp., Paris, A. Ioanin, 1903. Précédemment paru dans la *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 1903. Ouvrage traduit en allemand par le D^r Philip FRANK, sous le titre *Die Wandlungen der Mechanik*, Leipzig, 1912. Il en existe aussi une traduction polonaise.
- 11 *Les origines de la Statique*, 2 vol., 360-364 pp., Hermann, 1905-06. Précédemment paru dans la *Revue des Questions scientifiques*, de Bruxelles, 1903-04-05-06.
- 12 *Recherches sur l'élasticité*, 1 vol., 218 pp., Gauthier-Villars, 1906. Précédemment paru dans les *Annales de l'Ecole Normale Supérieure*, 1904-05-06.
- 13 *La Théorie physique, son objet et sa structure*, 1 vol., 450 pp., 1^{re} édition, 1906 ; 2^e édition, 1914 ; Paris, Chevalier et Rivière. Précédemment paru (en partie) dans la *Revue de Philosophie*, 1904-05. Ouvrage traduit en allemand par Friedrich ADLER, sous le titre de *Ziel und Struktur der Physikalischen Theorien*, Leipzig, 1908.
- 14 *Etudes sur Léonard de Vinci, ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu*, 1^{re} série, 1 vol., 355 pp., Hermann, 1906 ; 2^e série, 1 vol., 474 pp., Hermann, 1909 ; 3^e série, *Léonard de Vinci et les précurseurs parisiens de Galilée*, 1 vol., 610 pp., Hermann, 1912. La plupart des chapitres de ces trois volumes ont paru dans le *Bulletin italien*, de 1905 à 1912.

P I E R R E D U H E M

- 15 *Un fragment inédit de l'Opus Tertium de Roger Bacon*, précédé d'une étude sur ce fragment, 1 vol., 197 pp. *Ad Claras Aquas, ex typographiâ Collegii S. Bonaventurae*, 1909.
- 16 *Traité d'Energétique ou de Thermodynamique générale*, 2 vol., 528-504 pp., Gauthier Villars, 1911.
- 17 ΣΩΖΕΙΝ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, 1 vol., 144 pp., Hermann, 1908. Précédemment paru dans les *Annales de Philosophie chrétienne*, 1908.
- 18 *Le Mouvement absolu et le Mouvement relatif*, 1 vol., 284 pp., Montligeon, 1909. Précédemment paru dans la *Revue de Philosophie*, 1907-08-09.
- 19 *Le Système du Monde*, Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic, Hermann.
Tome I. *La cosmologie hellénique*, 1913.
Tome II. *La cosmologie hellénique (fin). L'Astronomie latine au Moyen Age*, 1914.
Tome III. *L'Astronomie latine au Moyen Age (suite)*, 1915.
Tome IV. *L'Astronomie latine au Moyen Age (fin). La crue de l'Aristotélisme*, 1916.
Tome V. *La crue de l'Aristotélisme (fin)*, 1917.
Tome VI. *Le reflux de l'Aristotélisme*, 1918.
Tome VII. *La Physique parisienne au xiv^e siècle*, 1919. (L'ouvrage complet devait comprendre 12 volumes.)
- 20 *La science allemande*, 1 vol., 145 pp., Hermann, 1915.
- 21 *La chimie est-elle une science française?*, 1 vol., 187 pp., Hermann, 1916.

P I E R R E D U H E M

2^o Principaux articles historiques et philosophiques

Abréviations des titres de Revues

RQS	<i>Revue des questions scientifiques</i> (Bruxelles-Louvain).
ASB	<i>Annales de la Société scientifique de Bruxelles.</i>
RDM	<i>Revue des deux Mondes.</i>
MB	<i>Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux.</i>
RPB	<i>Revue philomathique de Bordeaux.</i>
BM	<i>Bibliotheca Mathematica</i> (Leipzig).
RGS	<i>Revue générale des Sciences pures et appliquées.</i>
RP	<i>Revue de philosophie.</i>
APC	<i>Annales de philosophie chrétienne.</i>
RAL	<i>Rendiconti della Reale Accademia dei Lincei</i> (Rome).
AFH	<i>Archivium Franciscanum historicum.</i>
RMM	<i>Revue de Métaphysique et Morale.</i>

- 1 Quelques réflexions au sujet des théories physiques, RQS, 1892.
- 2 Notation atomique et hypothèses atomistiques, RQS, 1892.
- 3 Physique et métaphysique, RQS, 1893.
- 4 L'Ecole anglaise et les théories physiques, RQS, 1893.
- 5 Les théories de l'optique, RDM, 1894.
- 6 Quelques réflexions au sujet de la Physique expérimentale, RQS, 1894.
- 7 Fragments d'un cours d'optique, ASB, 1894, 95, 96.

P I E R R E D U H E M

- 8 Les théories de la chaleur, *RDM*, 1895.
- 9 L'évolution des théories physiques du dix-septième siècle jusqu'à nos jours, *RQS*, 1896.
- 10 Thermochimie, à propos d'un livre récent de M. Berthelot, *RQS*, 1897.
- 11 Une soutenance de thèses de doctorat à la Faculté des Sciences de Bordeaux, *RPB*, 1898.
- 12 A propos d'une thèse de physique, *RPB*, 1898.
- 13 Un point d'histoire des sciences : la tension de dissociation avant H. Sainte Claire Deville, *MB*, 1899.
- 14 Une science nouvelle : la chimie physique, *RPB*, 1899.
- 15 Usines et laboratoires, *RPB*, 1899.
- 16 Théorie et pratique, *RPB*, 1900.
- 17 Un doctorat de l'Université de Bordeaux, *RPB*, 1900.
- 18 Archimède a-t-il connu le paradoxe hydrostatique? *BM*, 1900.
- 19 L'œuvre de J. H. van't Hoff, *RQS*, 1900.
- 20 Sur quelques extensions récentes de la statique et de la dynamique, *RQS*, 1901.
- 21 Notice sur la vie et les travaux de Georges Brunel, *MB*, 1902.
- 22 A propos de la déformation des solides, *RGS*, 1904.
- 23 Léonard de Vinci et la composition des forces concourantes, *BM*, 1904.
- 24 Paul Tannery, *RP*, 1905.

P I E R R E D U H E M

- 25 Un ouvrage perdu cité par Jordanus de Nemore : le Philotechnes, *BM*, 1905.
- 26 Sur l'algorithmus demonstratus, *RM*, 1905.
- 27 Le principe de Pascal : essai historique, *RGS*, 1905.
- 28 Physique de croyant, *APC*, 1905-06.
- 29 Le P. Marin Mersenne et la pesanteur de l'air (1^{re} partie : le poids spécifique de l'air ; 2^e partie : l'expérience du Puy-de-Dôme), *RGS*, 1906.
- 30 Sulla origine della statica, *RAL*, 1906.
- 31 Leonardo da Vinci, *RAL*, 1907.
- 32 La valeur de la théorie physique, *RGS*, 1908.
- 33 Ce qu'on disait des Indes occidentales avant Christophe Colomb, *RGS*, 1908.
- 34 Du temps où la Scolastique latine a connu la Physique d'Aristote, *RP*, 1909.
- 35 Un précurseur français de Copernic : Nicole Oresme, *RGS*, 1909.
- 36 La physique néo-platonicienne au Moyen Age, *RQS*, 1910.
- 37 La mécanique expérimentale, *RGS*, 1910.
- 38 Sur les *Meteorologicorum libri quatuor*, faussement attribués à Jean Duns Scot, *AFH*, 1910.
- 39 Un document relatif à la réforme du calendrier (Hommage à Louis Olivier, Paris, 1911).
- 40 Le temps selon les philosophes hellènes, *RP*, 1911.

P I E R R E D U H E M

- 41 Articles suivants dans *Catholic Encyclopaedia*, New-York, 1911 :
- History of Physics ;
 - Jordanus de Nemore ;
 - Nicole Oresme ;
 - Albert of Saxony ;
 - John of Saxony ;
 - Thierry of Saxony.
- 42 La nature du raisonnement mathématique, *RP*, 1912.
- 43 La précession des équinoxes selon les astronomes grecs et arabes, *RQS*, 1912.
- 44 François de Meyronnes, O. F. M., et la question de la rotation de la Terre, *AFH*, 1913.
- 45 Le temps et le mouvement selon les scholastiques, *RP.*, 1913-14.
- 46 Roger Bacon et l'horreur du vide (*Seventh centenary of the birth of Roger Bacon*, Oxford, 1914).
- 47 Quelques réflexions sur la Science allemande, *RDM.*, 1915.
- 48 Science allemande et vertu allemande (in *Les Allemands et la Science*, ouvrage collectif, 1916).
- 49 L'optique de Malebranche, *RMM*, 1916.
-

Table des matières

CHAPITRE I. — L'homme	7
CHAPITRE II. — Le physicien	31
CHAPITRE III. — Le philosophe	59
CHAPITRE IV. — L'historien	85
CHAPITRE V. — Le maître	119
BIBLIOGRAPHIE	137

Imp. G. Thone, Liège (Belgique), II-32

LES MAITRES D'UNE GÉNÉRATION

Les livres de cette collection sont consacrés à des hommes récemment disparus, et qui ont occupé une place importante dans le catholicisme français contemporain.

Leur influence, qu'elle ait été visible à tous les yeux ou qu'elle soit restée momentanément ou partiellement cachée, n'en a pas moins été considérable.

L'action catholique, la pensée catholique d'aujourd'hui sont pénétrés de l'esprit de ces maîtres. Il était juste de leur rendre hommage et profitable d'écouter leurs leçons.

Ouvrages parus :

Mgr JULIEN, par le Chanoine Alleaume.
George FONSEGRIVE, par Paul Archambault.
Victor DELBOS, par J. Wehrlé.
Paul BUREAU, par Pierre Méline.
L. OLLÉ-LAPRUNE, par Maurice Blondel.
Pierre DUHEM, par P. Humbert.

Paraîtront ultérieurement :

F. BRUNETIÈRE, par Jacques Nanteuil.
Mgr DUCHESNE, par René Aigrain.
Etienne LAMY, par Edouard Trogan.
Abbé LEMIRE, par L. Blanckaert.
Abbé NAUDET, par Robert Cornilleau.
Léon HARMEL, par A. Michelin.
P. IMBART DE LA TOUR, par J. Chevalier.
A. MITHOUARD, par Raoul Narsy.
Mgr BATIFFOL, par Maurice Brillant.
Mgr MIGNOT, par l'Abbé de Lacger.
A. GUIARD, H. du ROURE, L. CONSTANT,
par Paul Renaudin.
Henri COCHIN.
Henri LORIN.
Emile CHENON.
etc.

Imp. G. Thone, Liège (Belgique)