

# Caractère expérimental de l'enseignement de la physique XIX<sup>ème</sup> - XX<sup>ème</sup> siècles

par Nicole HULIN

Université de Paris VI et Centre Alexandre Koyré

---

*A l'heure où une réflexion approfondie sur les programmes de Sciences Physiques et leur caractère expérimental est à nouveau en cours, il nous a paru intéressant de publier cette étude historique (dont la 2<sup>ème</sup> partie - XX<sup>ème</sup> siècle - paraîtra dans le B.U.P. n° 749, Décembre 1992).*

Celui qui s'intéresse aux problèmes posés par l'enseignement scientifique au seuil du XXI<sup>ème</sup> siècle et aborde son histoire, ne peut que remarquer la permanence de certains types de discours et la pérennité des thèmes abordés d'un siècle à l'autre. L'insistance sur le caractère expérimental de la physique est un élément particulièrement important dans les considérations concernant l'enseignement de cette discipline qui peut alors être présentée comme une science expérimentale modèle. Mêmes affirmations de principe à C. Pouillet, qui écrit en 1827 «c'est surtout en physique qu'il faut voir et toucher», répond en écho V. Duruy (rapport de 1868) «il faut que les yeux voient et que les mains touchent». Même demande dans la réforme de 1902 et dans le rapport Bergé (1989) : accentuer le caractère expérimental de l'enseignement de la physique et privilégier la méthode inductive.

Dans un parcours de deux siècles, nous suivrons donc ce thème du caractère expérimental de la physique à travers les discours sur la discipline, la présentation qui en est faite dans les manuels, l'introduction d'épreuves pratiques ou la conception de l'épreuve théorique.

## INTRODUCTION

La physique expérimentale se développe en France, au milieu du XVIII<sup>ème</sup> siècle [1], sous l'influence de l'abbé Nollet. La grande vogue des cabinets de physique et des collections, qui se maintient jusqu'à la

fin du siècle, entraîne l'essor du métier de constructeur d'instruments et Sigaud de La Fond donne même des leçons particulières pour la préparation d'appareils et d'expériences. Dès le milieu du siècle des «démonstrateurs de physique», qui vendent des instruments, interviennent à l'intérieur des collèges comme le rapporte le chimiste Fourcroy [2] :

«Au lieu d'un cours de physique et d'histoire naturelle, un démonstrateur ambulante venait montrer quelques phénomènes électriques ou magnétiques, quelques expériences dans le vide [...] le spectacle du grossissement de quelques objets dans le microscope. Là se bornait l'étude de la nature dans les collèges [...] et l'on décorait ces séances de quelques heures du nom de physique, parce que, quelques mois auparavant, on avait dicté des cahiers de théorie et d'explication, qui n'étaient que des mots vides de sens pour la majorité des élèves».

Le cours de physique de R.J. Haüy à l'École normale de l'an III, dont est issu le traité de physique pour les lycées - qui fera l'objet de trois éditions, la 3<sup>ème</sup> édition en 1821 - est une référence pour le début du XIX<sup>ème</sup> siècle. Quelles sont les conceptions de Haüy [3] ? En présentant la méthode de la physique il insiste sur le rôle de la théorie dont il souligne l'importance de la valeur prédictive. La physique s'intéresse aux phénomènes de la nature et à leurs lois, aussi après l'observation et l'expérimentation le physicien établit les théories explicatives. L'importance des expériences bien menées est aussi illustrée par l'exemple des travaux de Coulomb. Haüy expose ainsi les éléments essentiels de la méthode expérimentale, accompagnant ses leçons des expériences nécessaires pour en faciliter l'intelligence, et il affirme que «la véritable méthode pour parvenir à l'explication des phénomènes est celle qui a été adoptée par [...] Newton». Cette même référence se trouve dans le *Cours de physique expérimentale et mathématique* de Mussenbrock [4] qui affirme la nécessité d'observations et d'expériences plusieurs fois réitérées et de différentes manières.

Desaguliers dans son *Cours de physique expérimentale* [5] affirme qu'«une physique dénuée d'observations et d'expériences n'est qu'une science de mots et un jargon inintelligible», ajoutant immédiatement qu'«il faut nécessairement faire appel à la géométrie et à l'arithmétique si on ne veut pas se borner à l'histoire naturelle et à la physique conjecturale». Ainsi est souligné un lien fort entre les mathématiques et la physique sur lequel insiste aussi Mussenbrock ; c'est par la connaissance mathématique «qu'on observe l'intensité des causes, toute l'étendue des propriétés et des phénomènes, et qu'on détermine ce qui

doit suivre de ces découvertes». Dans ses *Leçons de physique expérimentale* l'abbé Nollet [6] note aussi «comme une chose nécessaire à celui qui veut étendre les progrès de la physique, de posséder assez [la géométrie et l'algèbre] pour s'en aider dans ses recherches et pour évaluer ses découvertes». On cherche donc alors à convaincre de l'utilité des mathématiques ; plus tard on voudra réduire leur importance dans la présentation du cours de physique.

## PREMIÈRE PARTIE - LE XIX<sup>ème</sup> SIÈCLE

### Du début du siècle aux années 1830

Le statut du 16 février 1810 (art. 12) pour les facultés des sciences précise qu'il y aura «des démonstrations et des expériences dans tous les cours qui en sont susceptibles». En 1821 une circulaire fixe la liste du matériel de physique pour les collèges royaux et y joint un catalogue de machines de précision pouvant être utiles pour les travaux des professeurs qui mèneraient des recherches personnelles.

En ce qui concerne l'École normale le règlement du 31 octobre 1829 prévoit pour les élèves qui suivent les cours de physique et de chimie une initiation aux manipulations. Le programme des manipulations de physique qui ont lieu en 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> années est précisé en 1837. Ayant effectué en 2<sup>ème</sup> année les principales expériences de physique et construit des baromètres, thermomètres..., en 3<sup>ème</sup> année ils apprennent, sous la direction d'un constructeur d'instruments les détails de construction des instruments de physique et l'usage des outils qu'on emploie. Préparation pratique fort utile, en particulier, pour ceux des normaliens qui, enseignant dans un lycée, souhaitaient mener des travaux de recherches et préparer une thèse de doctorat de sciences physiques [7].

Les avertissements, introductions des traités de physique insistent sur les caractéristiques de l'enseignement de la physique liées à son aspect expérimental. (Les ouvrages que nous allons citer ont fait non seulement l'objet de plusieurs éditions mais ont aussi été traduits et recommandés en Espagne en 1841 et 1847). Ainsi C. Pouillet [8], ayant souligné le soin pris par l'Université pour étendre les cabinets de physique et augmenter les collections d'instruments, note :

«Les plus longs développements ne suppléeraient pas à la seule inspection des appareils et des phénomènes qu'ils peuvent produire ; c'est surtout en physique qu'il faut voir et toucher : quand les yeux

sont frappés par l'expérience, le raisonnement a plus de prise pour frapper l'intelligence».

E. Pelet [9], de son côté, insiste sur la nécessité d'un grand nombre d'observations, faites avec la précision la plus grande, pour déterminer les lois des phénomènes et introduit la notion d'erreurs de mesure dues à «l'imperfection de nos organes et de nos instruments». Il fait la distinction entre lois et théories, expliquant :

«Le temps en augmentant le nombre des observations pourra perfectionner plusieurs de nos théories, rendre certaines celles qui ne sont encore que probables, substituer à quelques unes d'autres plus voisines de la vérité ; mais [...] jamais les lois, qui sont l'expression fidèle des observations, ne pourront être altérées».

Et il affirme avec force «les connaissances mathématiques sont indispensables au physicien». Pour C. Despretz [10] la physique tire son importance de ce qu'elle fournit des «méthodes expérimentales applicables dans une infinité de circonstances». F.S. Beudant [11] tâche «d'habituer les jeunes gens à construire eux-mêmes, à peu de frais et avec tout ce qui se trouve habituellement sous leurs mains, les appareils» car c'est «le seul moyen de faire dans tous les temps, dans tous les lieux, un grand nombre de recherches, qui seraient souvent impossibles s'il fallait employer des appareils dispendieux» comme un grand nombre de ceux qui se trouvent dans les cabinets de physique. S'il considère qu'il est plus utile dans un cours élémentaire de «présenter des preuves palpables, tirés de quelques expériences faciles à faire», que des formules algébriques, néanmoins il précise [12] :

«L'expérience fournit les bases du calcul, et le calcul, par sa fécondité ordinaire, conduit en partant d'une seule observation, à une multitude de conséquences qui devancent souvent les observations du même genre, ou leur donnent naissance».

Ce caractère expérimental de la physique peut aussi apparaître dans la conception du problème de physique lorsque son objet est défini comme «l'invention d'une méthode expérimentale» par exemple [13].

### **Des années 1840 au Second Empire**

A la fin de la première moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle, on ressent la nécessité de développer l'enseignement scientifique au sein de l'*enseignement secondaire*, qui est alors dominé par les humanités classiques. Certains demandent l'introduction, dès les basses classes des collèges

(6<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup>), de l'enseignement des sciences physiques [14], jusque là refoulées en classe de philosophie. Tel est le cas de Laisné [15], professeur de mathématiques au collège Rollin, qui considère utile de donner, dès la 6<sup>ème</sup> et la 5<sup>ème</sup> des notions de physique et de chimie purement expérimentales (lettre au ministre de 1846). Tel est aussi le cas de C. Despretz [16], professeur à la Sorbonne, qui recommande en 1847, dès la classe de 6<sup>ème</sup>, un enseignement des notions élémentaires de physique, dispensé par le professeur de physique et essentiellement expérimental.

Souhaitant vivement le développement de l'enseignement des sciences dans l'enseignement secondaire, le chimiste J.B. Dumas présente en 1847 un projet [17] comprenant, à partir de la classe de 3<sup>ème</sup>, une distinction entre collèges littéraire et scientifique. Dans une lettre au ministre du 6 avril 1847 [18] il présente le caractère particulier des sciences physiques qui initie «à la connaissance de l'art d'observer, de l'art d'expérimenter». Tel est, écrit-il, «le but philosophique qu'elles doivent se proposer ; c'est là, ce qui en fait l'utile complément, l'auxiliaire indispensable, quelquefois même le correctif heureux des études de philosophie pure et des sciences abstraites». Pour une étude sérieuse des sciences physiques J.B. Dumas considère comme

«tout à fait indispensable non-seulement de pratiquer devant les élèves toutes les expériences sur lesquelles se fonde la partie de ces sciences qu'il s'agit de leur enseigner, mais, en outre, de leur faire exécuter par eux-mêmes toutes les manipulations essentielles à leur intelligence».

Et, J.B. Dumas conclut que «dans tous les collèges scientifiques il faut donc instituer des manipulations dès l'origine». Il faudra attendre une cinquantaine d'années pour que ce souhait se réalise.

L'organisation de 1852, lors de la réforme de la « bifurcation», s'inspire directement du projet Dumas de 1847 ; les instructions pour les sciences physiques (reprises en 1890) sont rédigées par J.B. Dumas et il est tout à fait intéressant de rapprocher les affirmations de 1847 et 1854 [19]. L'enseignement doit être simple et de caractère expérimental ; en effet, les études de sciences physiques «doivent être calculées pour la masse des élèves, et il importe pour atteindre ce but de les faire entrer dans un ordre d'idées plus expérimental et plus pratique» (1847). Il faut «partir de l'expérience fondamentale toutes les fois que le sujet le permet» (1854), appuyer ces études «sur des faits ou sur des expériences nombreuses, bien enchaînées et bien exécutées» (1847).

Enfin l'histoire des sciences a sa place dans cet enseignement à caractère expérimental ; en exposant la méthode des inventeurs on «montre toute la part qu'il faut [...] faire à l'expérience, à l'observation».

Donc, au début du Second Empire, en 1852, s'opère une réforme profonde des études secondaires avec l'institution de la «bifurcation des études» c'est-à-dire la création de deux filières, l'une littéraire et l'autre scientifique à partir de la classe de 3<sup>ème</sup>, l'ensemble de l'enseignement des différentes disciplines scientifiques débutant dès la 3<sup>ème</sup> [20]. J.B. Dumas recommande d'effectuer les expériences fondamentales devant les élèves, en évitant toutefois de «décrire les instruments dans tous leurs détails». Les collections scientifiques des lycées doivent être adaptées à ce nouvel enseignement et cent cinquante mille francs sont prélevés sur le budget pour permettre le développement des cabinets et laboratoires. Cependant J.B. Dumas encourage vivement les professeurs à contruire eux-mêmes les appareils :

«Les professeurs de physique craignent d'aborder l'étude d'une classe de phénomènes quand la machine imaginée par les constructeurs de Paris manque à leur cabinet, comme si cette exposition perdait quelque chose à être faite à l'aide des procédés simples imaginés par les inventeurs mêmes, et toujours de nature à être réalisés à peu de frais partout».

Critique donc de l'attitude des professeurs, mais aussi recherche d'un moindre coût pour les expériences.

La circulaire de 10 juin 1853 [21] concernant les examens du baccalauréat ès sciences résume toute la philosophie de cet enseignement : «Habituer la pensée à s'élever de l'observation des faits à la considération des lois», unir partout «la théorie à l'application et la pratique aux spéculations les plus générales».

Cette réforme est accompagnée d'une modification du concours de recrutement des professeurs [22], l'agrégation, avec en particulier l'institution d'épreuves en rapport avec la pratique enseignante ; ainsi sont introduites des épreuves pratiques à l'agrégation unique de sciences, consistant en deux opérations (statut de 1853) ou une opération (statut de 1855) à choisir parmi les mathématiques appliquées, la physique ou la chimie, les sciences naturelles. Dans le procès verbal de l'agrégation de 1856, le président de jury J.B. Dumas [23] préconise un sujet unique pour tous les candidats de manière à

simplifier l'appréciation de l'épreuve. On revient à une double agrégation de sciences dès 1858, et en 1869 on distingue trois spécialités ; l'agrégation de sciences physiques comporte alors une manipulation de physique d'une durée de 3 heures et une manipulation de chimie d'une durée de 2 heures.

En ce qui concerne le *haut enseignement* dispensé dans les facultés, le règlement des licences du 8 juin 1848 précise le programme des examens. Celui de la *licence ès sciences physiques* comporte de la physique pratique (une manipulation sur un programme de 10), de la chimie pratique (29 thèmes au programme), de l'analyse chimique, une épreuve de minéralogie pratique (8 thèmes). Pour le *doctorat* [24] se pose le problème du financement des thèses expérimentales et de l'absence de laboratoire d'accueil. J.B. Dumas estime, en 1846, la dépense à quelques milliers de francs pour une thèse de physique et considère qu'il est absurde d'exiger cette dépense de tous lorsqu'une fois faite elle peut servir à tous. Le règlement de juin 1848 proposera une possibilité de rachat du matériel par la Faculté à l'issue de la soutenance.

L'enseignement pratique dans les facultés se développe sous le ministère Duruy, en particulier sous l'influence de L. Pasteur. Dès 1846, encore élève à l'École normale, il affirme [25] dans une lettre adressée à J.B. Dumas que «ce serait avec peine que l'on pourrait saisir l'attention des élèves sans les expériences» ; en 1848, enseignant alors la physique au lycée de Dijon devant une classe de 80 élèves (!) il déclare son intention de multiplier beaucoup les expériences vers la fin de la classe pour maintenir l'attention des élèves. Nommé professeur à la faculté de Lille il attache une grande importance aux manipulations. En février 1855 il indique que 11 élèves sont inscrits et manipulent tous deux fois par semaine, de 4 à 5 heures chaque fois, et il note le «plaisir infini» que prennent les élèves à ces manipulations et leur attente impatiente du jour qui les ramène au laboratoire. En mars 1855 il déclare :

«Il faut tout faire pour appeler les jeunes gens dans nos laboratoires, surtout au début. L'enseignement pratique peut devenir la force vive des facultés des sciences. C'est par lui qu'elles se procureront des auditeurs sérieux».

On notera la faible proportion de véritables élèves, inscrits aux manipulations, dans le public d'auditeurs de 100 à 300 personnes.

Dans son Rapport à l'Empereur du 31 juillet 1868 [26] Victor Duruy affirme la nécessité de laboratoires d'enseignement ouverts aux étudiants et pas seulement réservés à la préparation des expériences illustrant les leçons du professeur. Une augmentation de crédit est prévue au budget de 1869 pour accroître ces laboratoires et les pourvoir en appareils nécessaires. Au début de son rapport V. Duruy dénonce le fait que les maîtres sont «trop souvent dépourvus des instruments et des appareils qui sont devenus de si puissants moyens de découvertes ou d'enseignement», en ajoutant :

«Les leçons orales faites devant une nombreuse assistance [...] ne suffiront jamais à faire un physicien, un chimiste ou un naturaliste, parce que la parole n'est même pas toujours la moitié de l'enseignement ; parce que bien souvent, la meilleure leçon du plus habile professeur ne vaudra pas une expérience que l'auditeur aura faite lui-même ; parce que, enfin, il faut, en mille cas, que les yeux voient et que les mains touchent».

Pour le ministre «les laboratoires d'enseignement, ainsi constitués, seront la pépinière où les directeurs des laboratoires de recherches [...] viendront choisir leurs auxiliaires».

En 1869 la Sorbonne comprend le laboratoire d'enseignement de physique dirigé par P. Desains et le laboratoire de recherches physiques confié à Jamin. Pendant l'année 1872-73, quarante élèves suivent les exercices de laboratoire, sous la direction de E. Branly, chef de travaux. Le rapport d'activité indique :

«Dans le laboratoire d'enseignement les élèves n'ont point à faire de recherches spéciales. Ils voient les expériences fondamentales de la science ; ils les répètent, ils se familiarisent avec le maniement des instruments, ils apprennent l'art de la manipulation».

### **La fin du XIX<sup>ème</sup> siècle**

Sous le ministère Duruy la bifurcation est supprimée et on revient à une conception classique de l'enseignement secondaire. Puis la circulaire du 16 août 1874 [27] précise les objectifs assignés à l'enseignement de la physique dispensé en classe de philosophie : mettre les élèves «en possession de la méthode expérimentale ; leur bien faire connaître ce qu'elle est et comment elle s'applique». Avec le plan d'études du 2 août 1880 l'enseignement de la physique est réparti sur l'ensemble des classes allant de la 3<sup>ème</sup> à la classe de philosophie, un enseignement de sciences physiques et naturelles essentiellement descriptif et expérimental étant introduit dans les classes de 6<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup>

et 4<sup>ème</sup> [28]. On considère que cet enseignement entièrement nouveau dans les classes de grammaire doit impérativement être confié aux professeurs de sciences. Le programme du 22 janvier 1885 supprime l'enseignement de la physique en classe de rhétorique et indique que le cours, en classe de 3<sup>ème</sup>, doit être essentiellement expérimental. En 1890 la commission des réformes sur l'enseignement scientifique remet ses rapports [29] dont nous tirons les affirmations suivantes dans le domaine de la physique :

- l'exposé dogmatique dénature le caractère de la science qui est expérimentale ;
- l'expérience est «le principe et le nerf de la science» ;
- il faut montrer aux élèves que «des faits bien analysés fournissent au raisonnement son point de départ ou sa rectification ou sa preuve» ;
- un aperçu de la marche de la science peut montrer l'importance de la méthode expérimentale.

Des extraits des instructions de 1854 sont aussi cités, concernant en particulier les appareils (critique des appareils compliqués, incitation des professeurs à les construire eux-mêmes, importance des travaux d'atelier) et les recommandations pédagogiques pour le professeur :

«S'adressant d'abord aux sens, il doit partir de l'expérience fondamentale, toutes les fois que le sujet le permet, en fixer les conditions, en mettre en relief toutes les circonstances, obliger les élèves à s'en rendre compte par eux-mêmes, puis fonder tout l'édifice de sa discussion sur cette base solide [...]. Aussi [...] les professeurs trouveront-ils bien plus de profit à préparer leur leçon dans le laboratoire même, au milieu des appareils, en prenant part à la disposition matérielle des expériences, qu'à l'étudier dans leur cabinet, abstraction faite des objets qu'ils vont avoir à manier et à faire passer sous les yeux des élèves».

Et J.B. Dumas ajoutait dans le texte de 1854 :

«L'homme n'a pas inventé la physique ; il a saisi des observations données au hasard ; il en a varié les conditions, et il en a déduit les conséquences.

Persuader aux jeunes gens que l'esprit humain pouvait se passer de fait qui sert de base à chaque découverte importante, qu'il pouvait créer la science par le raisonnement seul, c'est préparer au pays une jeunesse orgueilleuse et stérile».

La place occupée par l'appareil est un élément important du discours sur l'enseignement. En 1864 A. Cournot [30] dénonçait les trop lourdes descriptions d'appareils qui étaient données dans les cours, l'énumération des précautions à prendre dans une expérience comme si l'objectif était de former des expérimentateurs. La présentation de la physique dans les manuels n'évolue guère dans toute la deuxième moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle ; la place occupée par les descriptions d'instruments est très importante et ce défaut est encore dénoncé en 1931 par Paul Langevin [31]. En 1901 H. Bouasse [32] se lance dans une campagne contre les méthodes d'enseignement de la physique dans les lycées et dénonce l'absurdité de ces descriptions accumulées d'appareils qui envahissent les cours.

Cette présentation détaillée des appareils est très caractéristique, comme le souligne en 1891, A. Potier, professeur de physique à l'École polytechnique, dans l'introduction à la traduction de l'ouvrage de J.C. Maxwell sur la chaleur [33]. «[...] Maxwell n'est pas moins sobre des descriptions d'appareils, écrit-il, et sous ce rapport s'éloigne notablement de la plupart de nos traités de physique». Prenons en guise d'illustration l'appareil du général Morin, machine qui réalise l'enregistrement graphique de la chute des corps. Le traité élémentaire de Drion et Fernet (1893) donne des détails de construction et indique le rôle des divers éléments :

«Le corps pesant dont on doit étudier le mouvement est une petite masse de fonte D, de forme cylindroconique [...] le crochet a, engagé d'abord dans le crochet b, sert à maintenir le corps D [...]».

Remarquons qu'encore au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle les manuels continuent à présenter la machine de Morin, certes avec moins de précisions, mais les indications données ne sont pas toujours du plus grand intérêt. Ainsi, dans le cours de physique de Rumeau, Bertrand Gueraud (1948), on donne des détails de construction : il s'agit d'un «cylindre de bois de diamètre 12 cm, de hauteur 170 cm» et une photographie présente plus loin la machine de Morin modifiée par M. Saissac en précisant que le cylindre est alors métallique.

La physique présentée dans les manuels est une physique très descriptive où expériences et appareils sont présentés en détail. Par exemple dans l'édition de 1869 de l'ouvrage de Drion et Fernet onze pages sont consacrées aux baromètres : baromètre à cuvette, baromètre de Fortin, baromètre fixe, baromètre à siphon, baromètre de Gay Lussac (baromètre à siphon de transport facile), baromètre à cadran, baromètre

métallique de M. Bourdon. Pour l'édition de 1893 on réduit à... dix pages. puis à neuf pages en 1901. Ou bien encore dans ce même ouvrage, au sujet de l'ébullition d'un liquide, une rapide introduction précède une accumulation de faits et d'expériences (expérience de Cagniard de Latour, expérience de M. Donny (de Gand), expérience de M. Dufour), puis sont présentées les «conséquences des faits qui précèdent, concernant les conditions du phénomène d'ébullition» avant d'arriver à énoncer : «En résumé, l'expérience montre donc».

La physique est une science expérimentale. C'est ce qui est affirmé dans le chapitre introductif de l'ouvrage de Ganot [34]. Dans un paragraphe intitulé «méthode physique ou méthode expérimentale» l'auteur explique qu'une science se définit aussi bien par sa méthode que par son objet et indique les traits principaux de la méthode physique : l'observation, l'expérimentation et la généralisation. La méthode physique conduit à la détermination des lois physiques et à la conception des théories physiques. Physique science expérimentale : en 1886 Boutan rappelle aux candidats à l'agrégation que le jury tient «un très grand compte de la partie expérimentale des leçons». Partir de l'expérience, mais «faut-il, demande H. Bouasse [35] avoir l'air d'établir expérimentalement toutes les lois qu'on énonce ? Sans parler de l'impossibilité d'expliquer aux élèves certains appareils nécessaires à cet établissement [...], sans insister sur le rôle que l'analogie et la divination ont joué dans cette démonstration expérimentale, et par conséquent sur le trompe l'œil qu'elle est souvent».

*La suite de cet article (XX<sup>ème</sup> siècle) paraîtra dans le bulletin de décembre.*

## NOTES

- [1] R. TATON, *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII<sup>ème</sup> siècle*, Paris, Hermann, réédité en 1986.
- [2] Cité dans Nicole HULIN, *L'organisation de l'enseignement des sciences*, Paris, CTHS, 1989, p. 45.
- [3] Cours de l'École normale de l'an III, édition critique, Bordas-Gauthier Villars, à paraître 1993.
- [4] Traduction de Sigaud de la Fond, Paris, Ganeau, 1769.
- [5] Traduction publiée en 1751, Paris, J. Rollin et Ch.A. Jombert.
- [6] Préface de la 6<sup>ème</sup> édition, Paris, Durand, Neveu, 1771.

- [7] Nicole HULIN, «Les instruments dans l'enseignement scientifique au XIX<sup>ème</sup> siècle», *Corps écrit* (PUF) n° 35, p. 39-43.
- [8] C. POUILLET, *Éléments de physique expérimentale*, Paris, Bechet, 1<sup>ère</sup> édition 1827.
- [9] E. PECLET, *Traité élémentaire de physique*, Paris, Hachette, 2<sup>ème</sup> édition 1832.
- [10] C. DESPRETZ, *Traité élémentaire de physique*, Paris, Maquignon - Marvis, 4<sup>ème</sup> édition 1836.
- [11] F.S. BEUDANT, *Essai d'un cours élémentaire et général de sciences physiques*, Paris, Verdière, 2<sup>ème</sup> édition 1821.
- [12] F.S. BEUDANT, *Traité élémentaire de physique*, Paris, Verdière, 6<sup>ème</sup> édition 1838.
- [13] E. BARY, *Nouveaux problèmes de physique*, Paris, Hachette, 1838.
- [14] On comparera ces positions à celles de Le Châtelier, présentées et discutées dans Michel HULIN, *Le Mirage et la Nécessité*, Paris, PENS et Palais de la Découverte, 1992, p. 165, 168-169.
- [15] Cité dans Nicole HULIN, «Les sciences physiques en 6<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup>. Permanence des thèmes», *B.U.P.*, n° 736, juillet-septembre 1991, p. 1073-1075 et *op. cit.* n° 2.
- [16] *Ibid.*
- [17] *Op. cit.* n° 2, p. 79-95.
- [18] *Journal général de l'Instruction publique*, 19 mai 1847, volume 16, p. 409-410.
- [19] *Op. cit.* n° 2, p. 100-101.
- [20] *Op. cit.* n° 2.
- [21] *Bulletin Administratif*, 1853, t. 4.
- [22] Nicole HULIN, «La formation des professeurs : savoir disciplinaire et qualification pédagogique», *B.U.P.* n° 740, janvier 1992, p. 97-120.
- [23] *Archives de l'Académie des sciences* ; voir *op. cit.* n° 2, p. 199-200.
- [24] Nicole HULIN, «Les doctorats dans les disciplines scientifiques au XIX<sup>ème</sup> siècle», *Revue d'histoire des sciences*, 1990, XLIII/4, p. 401-426.
- [25] L. PASTEUR, *Correspondance*, t. 1, Paris, Grasset, 1940, p. 109, 141-142, 289, 291.

- [26] *L'administration de l'Instruction publique 1863-1869*, t. 1, Paris, Delalain, 1869, p. 645-649.
- [27] *Bulletin Administratif*, 1874, p. 607-608.
- [28] A titre d'exemple on peut citer E. LEFEBVRE, *Notions élémentaires de physique et de chimie* (programme du 2 août 1880), classe de 6<sup>ème</sup>, Paris, Germer-Baillièrre.
- [29] *Bulletin Administratif*, 1890, n° 48, p. 564-571.
- [30] A.A. CURNOT, *Des institutions d'Instruction publique*, Paris, Vrin, 1977, p. 54.
- [31] Conférence au Musée pédagogique, *La pensée et l'action*, Paris, Les éditeurs français réunis, 1950, p. 228.
- [32] Voir *op. cit.* n° 7.
- [33] J.C. MAXWELL, *La chaleur*, Paris, Tignol, 1891, Préface p. III.
- [34] A. GANOT, *Traité élémentaire de physique expérimentale et appliquée*, Paris, Hachette, 20<sup>ème</sup> édition 1887.
- [35] H. BOUASSE, «Enseignement des sciences physiques dans l'enseignement secondaire», *Journal de l'enseignement secondaire*, 1901.