

L'enseignement de la physique d'un siècle à l'autre : Évolutions, permanences et décalages

par Nicole HULIN
Université P. et M. Curie (Paris VI) et Centre Alexandre Koyré

RÉSUMÉ

Cette étude historique sur deux siècles est menée suivant trois pistes de réflexion : les évolutions marquées par la spécialisation et la diversification des études avec en toile de fond le problème des lignes de partage et couplages disciplinaires, les permanences dans les problèmes rencontrés et les discours tenus en dépit des changements de contextes, les décalages divers d'un siècle à l'autre.

INTRODUCTION

Les années 1960-1970 constitueront le stade ultime de ce parcours historique allant du XIX^e au XX^e siècle de manière à disposer d'un suffisant recul. Pour ce panorama, d'une part il convient de situer la physique au sein de l'enseignement scientifique, mais d'autre part il importe de préciser la place de celui-ci dans l'enseignement général. Le sujet étant fort vaste un domaine d'étude doit être préalablement précisé : un premier noyau dur peut être défini par l'enseignement secondaire - qui représente un élément décisif du système éducatif - et la formation de ceux qui le dispensent. Deux éléments essentiels peuvent être distingués : la définition du cadre institutionnel et l'étude des contenus de l'enseignement. Mais, en tout premier lieu, il importe de repérer les dates marquantes de l'évolution.

1. LES DATES ESSENTIELLES

Nous définirons celles-ci en opérant un compte à rebours.

1.1. Les années 1960-1970

Dans l'enseignement supérieur, la réforme Fouchet - Aigrain de juin 1966 institue un premier cycle sur deux ans - le DUES - pour lequel sont établis de nouveaux programmes de physique dûment modernisés comprenant de la relativité, une introduction à la thermodynamique statistique ainsi qu'à la mécanique quantique.

Au niveau de l'enseignement secondaire, la Commission LAGARRIGUE (instituée en octobre 1970, installée en mai 1971) introduit dans les programmes des éléments de physique moderne. À la rentrée 1972 commence une phase d'expérimentation avec les programmes de seconde : un baccalauréat expérimental est organisé en 1975 et la généralisation intervient en 1981. Des programmes allant de la 6^e à la terminale sont produits de 1977 à 1979. Cette réforme est à situer dans un mouvement international de révision des programmes (PSSC, HPP, Nuffield) et de changement de conception de l'enseignement de la physique : on veut faire comprendre la physique.

Au moment de la création de la Commission Lagarrigue on affirme que les programmes de physique sont inchangés depuis le début du siècle.

1.2. Le tournant XIX^e-XX^e siècles

En 1896 le régime de la licence est modifié ; désormais la licence est définie par trois certificats d'études supérieures, ce qui permet d'ouvrir des champs nouveaux comme celui de la physique appliquée. On considère que le rôle de Universités ne doit plus être uniquement celui de former les futurs enseignants et, en cette fin du XIX^e siècle, se développent au sein des Universités des instituts de sciences appliquées. Pour le doctorat certains certificats sont obligatoires tels physique générale et chimie générale pour celui de sciences physiques. Au niveau de l'agrégation quatre certificats sont exigés à savoir, pour celle de sciences physiques, physique générale, chimie générale, mécanique rationnelle, le dernier étant un certificat de mathématiques ou celui de minéralogie. Une autre innovation est introduite en 1904 avec l'exigence du diplôme d'études supérieures pour l'agrégation.

Par ailleurs, en 1902, intervient une réforme importante de l'enseignement secondaire. Celle-ci introduit une structuration en quatre filières, dont l'une des branches distinguée dès la 6^e est constituée par l'enseignement moderne. A partir de la 2^{de} il existe quatre filières : latin - grec, latin - langues, latin - sciences et langues - sciences, les sciences prenant une place plus importante dans les deux dernières. La réforme CARCOPINO de 1941 adoptera une organisation voisine de celle de 1902.

En 1902 on veut constituer des «humanités scientifiques» (slogan lancé par Marcelin BERTHELOT en 1891). La place de la physique, à côté des mathématiques abstraites, est justifiée par le fait qu'elle introduit la notion de «vérité positive». La réforme est préparée par une grande enquête parlementaire aboutissant en 1899 au rapport RIBOT qui fait alors référence à la réforme de la «bifurcation des études» de 1852.

1.3. La réforme de la «bifurcation» de 1852

Il s'agit d'une *réforme novatrice* qui introduit deux divisions dans l'enseignement secondaire à partir de la 3^e, la section des lettres et la section des sciences, l'ensemble

des disciplines scientifiques commençant en 3^e. Jusque là l'enseignement de la physique était repoussé en fin de cursus. Ces deux filières sont *équivalentes* par la *durée* et la *sanction* des études, l'une conduisant au baccalauréat ès lettres et l'autre au baccalauréat ès sciences ; ainsi le baccalauréat ès sciences *devient* indépendant du baccalauréat ès lettres. En effet, jusque là le régime était celui établi par le décret impérial de 1808 et qui stipulait que les aspirants au baccalauréat ès sciences devaient produire le baccalauréat ès lettres et répondre sur des questions de mathématiques. Notons qu'en 1821 avait été créé, à l'intention des médecins et des naturalistes, un baccalauréat ès sciences physiques comportant des sciences physiques et naturelles.

La réforme de 1852 instaure donc l'indépendance du baccalauréat ès sciences tout en rétablissant son unicité.

Mais *pourquoi* cette réforme ? et *pourquoi* intervient-elle à ce moment-là ?

Dès le premier quart du XIX^e siècle une réflexion est menée sur la nécessaire adaptation de l'enseignement secondaire aux besoins de la société. En effet les crises se succèdent : poussée industrielle des années 1821-1825, crise boursière de 1825 entraînant des faillites, crise agricole des années 1826-1829 (effondrement de la production de pommes de terre, puis mauvaises récoltes de céréales). La misère pousse les campagnards vers les villes entraînant une redistribution des forces de travail. En 1832 s'y ajoute l'épidémie de choléra (qui emporte Sadi Carnot). Des grèves commencent à éclater en 1833, puis la crise s'intensifie dans les années 1839-1840 avec un chômage important. Le perfectionnement de l'outillage, l'introduction des machines entraînent un afflux de ruraux vers les villes. Une partie des classes laborieuses des grandes villes est considérée comme dangereuse pour la société. Aux troubles agraires s'ajoute l'agitation des ouvriers qui commencent à s'organiser politiquement. En 1845 de mauvaises récoltes entraînent une flambée des prix et en 1847 la crise est générale. À tout ceci il convient d'ajouter que, sous la Monarchie de Juillet, s'était accrue la liberté de choix de carrière ; les jeunes gens sont attirés par les grandes villes et on dénonce alors ces «jeunes gens reçus bacheliers ès lettres [...] mais à qui ce titre vain ne donnait pas une profession» ; on considère que ces «déclassés» représentent un danger potentiel pour l'État.

Des voix s'élèvent pour demander l'adaptation de l'Instruction publique aux besoins sociaux. Ainsi l'économiste saint-simonien Michel CHEVALIER affirme :

«Chez des nations où le plus grand nombre de citoyens (je souligne le mot) se consacre à l'industrie [...] il n'est pas possible que les hommes qui occupent les plus hautes fonctions publiques [...] soient bornés à une éducation qui les laisserait dans l'ignorance des principaux faits industriels et des lois naturelles sur lesquelles la pratique de l'industrie se fonde [...]. Les gouvernants et les gouvernés ne seraient pas le même peuple.» (1846)

La réforme de 1852 est en quelque sorte une synthèse du projet établi par Victor COUSIN en 1834 au retour d'un voyage d'études en Prusse - mais qu'il ne met pas à exécution lorsqu'il est ministre en 1840 (il repousse d'ailleurs l'enseignement de toutes les sciences en classe de philosophie) - et du projet avancé par Jean-Baptiste DUMAS en 1847 - qui a certes inspiré le statut de 1847 établissant un enseignement spécial mais qui n'a été repris que fort partiellement.

En 1852, la période est propice à cette réforme. Sous l'Empire autoritaire le régime a les moyens d'imposer une réforme qui bouleverse l'organisation des études ; de plus il a l'appui des saint-simoniens qui constituent les «piliers de l'Empire» pour reprendre le terme d'Auguste BLANQUI. À ceci s'ajoute une grande motivation pour développer l'enseignement des sciences car on considère, d'une part que c'est une manière de lutter contre les écoles du clergé, d'autre part que cet enseignement peut être envisagé d'une manière idéologiquement saine en le bornant à «une information, une acquisition utilitaire des connaissances». Soulignons que dans cette réforme la classe de philosophie devient la classe de logique.

Cette réforme fut éphémère puisque la «bifurcation» est supprimée par Victor DURUY en 1864. Il revient à un enseignement classique, mais il crée dès 1865 l'enseignement secondaire spécial qui en évoluant donne naissance à l'enseignement moderne en 1891. Cependant l'indépendance du baccalauréat ès sciences est définitivement acquis.

Comment se présente *l'enseignement de la physique* dans la réforme de la «bifurcation» ? Dans ce XIX^e siècle où la physique se construit, les traités élémentaires adoptent un ordre historique pour présenter les résultats, accumulent les faits et les descriptions d'appareils. Ces ouvrages évoluent d'ailleurs peu dans toute la deuxième moitié du XIX^e siècle. Dans celui de Ch. DRION et E. FERNET la présentation de divers baromètres occupe onze pages de l'édition de 1869, neuf pages dans celle de 1901 ! Dans une campagne lancée en 1901, Henri BOUASSE dénonce «l'empilement de tout ce bazar instrumental».

1.4. Le tournant des années 1830-1840

Si dès l'organisation de l'Université impériale les doctorats sont spécialisés avec la distinction sciences mathématiques, sciences physiques et naturelles, puis très vite ensuite la licence, il existe un concours unique d'agrégation de sciences où les sciences naturelles ne jouent aucun rôle. Aussi pour avoir des professeurs scientifiquement compétents va se poser le problème de la spécialisation du concours de l'agrégation et de l'organisation des études à l'École normale, entraînant la nécessité d'un choix de coupes disciplinaires.

En 1830 paraît un règlement pour les études de l'École normale où sont distinguées deux sections : celle des mathématiciens-physiciens et celle des chimistes-naturalistes ; dans cette organisation on peut reconnaître l'influence du physico-mathématicien POISSON qui ne voulait pas la séparation des mathématiques et de la physique. Le règlement de 1830 ne sera pas appliqué car dès 1831 on revient au régime précédent d'une section indivise de sciences pendant toute la durée des études. En effet, face à Poisson se trouvait le chimiste THENARD qui souhaitait garder liées la physique et la chimie. En 1840, peu après la mort de POISSON, l'agrégation est séparée en deux spécialités sciences mathématiques d'une part, sciences physiques et naturelles d'autre part.

De ce fait la physique est éclatée en la physique mathématique, liée aux mathématiques (tel est le cas dans les thèses de doctorat), et la physique expérimentale liée à la chimie. À titre indicatif, entre 1811 et 1850, sur 50 thèses de sciences mathématiques à Paris 22 % concernent la physique mathématique mais les thèses de physique expérimentale sont quatre fois plus nombreuses que celles de physique mathématique. Cette proportion devient plus écrasante dans la deuxième moitié du XIX^e siècle. Au total à peu près 700 thèses sont soutenues à Paris de 1811 à 1890 dont la moitié après la guerre de 1870. Sur un peu plus de 1000 docteurs ès sciences au cours du XIX^e siècle on en compte 41 % en sciences physiques.

Parmi les thèses de physique mathématique on peut citer celle de A. LEVISTAL (1866), élève d'Émile VERDET, portant sur des recherches d'optique géométrique ou bien celle de V. ROBIN (1886) concernant la distribution de l'électricité à la surface des conducteurs. Ajoutons que, lors de la création en 1840 de l'éphémère concours d'agrégation des facultés des sciences, les questions de physique mathématique figurent dans les épreuves de l'agrégation de sciences mathématiques alors que physique expérimentale et physique théorique interviennent dans l'agrégation de sciences physiques. Une des conséquences de cet éclatement est que, par exemple, la relativité ne trouve pas place dans l'enseignement de physique ; ainsi, H. OLLIVIER explique en 1932 que la relativité n'a pas à être intégrée dans son cours de physique générale mais dans le cours de physique mathématique.

L'étape suivante de la spécialisation se situe en 1869 avec l'instauration d'une triple spécialisation : sciences mathématiques, sciences physiques, sciences naturelles. Mais jusqu'en 1885 une composition d'histoire naturelle est maintenue à l'agrégation de sciences physiques. Le manque de candidats ne permet pas d'organiser, dès sa création, le concours pour les sciences naturelles ; il faut attendre 1881, lorsque les programmes de 1880 ont développé cette partie de l'enseignement en introduisant de la 6^e à la 4^e les sciences physiques et naturelles dans un enseignement descriptif et expérimental. Enfin en 1959 deux options sont distinguées en sciences physiques (à l'agrégation mascu-

line) : l'option physique et l'option chimie se distinguant par la nature du problème, soit de physique soit de chimie.

2. LES DIFFÉRENTS DÉCALAGES

Les grandes étapes de l'évolution étant indiquées, il convient de souligner un certain nombre de décalages sur deux siècles de cette histoire.

2.1. Le public concerné par l'enseignement secondaire

Tout ce qui a été dit jusqu'ici concerne uniquement l'enseignement masculin ; nous allons revenir ensuite sur le décalage masculin - féminin.

Au XIX^e siècle il s'agit d'un enseignement non gratuit, accessible à moins de 5 % des enfants. Pour répondre à une demande sociale, d'enseignement de classe celui-ci s'oriente vers un enseignement de masse : les effectifs du secondaire, qui ont évolué entre 100 000 et 200 000 du milieu du XIX^e siècle à 1930, atteignent 1 000 000 en 1960. Les raisons de cette croissance des effectifs sont diverses : augmentation du nombre des naissances, développement de l'enseignement féminin (1924-1928), instauration de la gratuité dans le secondaire (1930), puis scolarité obligatoire établie jusqu'à 16 ans (décision de 1959 avec effet en 1967).

2.2. Masculin-féminin : les décalages

L'enseignement féminin est marqué par deux types de décalage par rapport à l'enseignement masculin : un décalage dans le temps pour son organisation et un décalage dans sa conception.

La loi SÉE de 1880 marque le début de l'enseignement secondaire féminin. Celui-ci, conçu différemment de son homologue masculin créé au début du XIX^e siècle, est un enseignement *moderne*, qui ne mène *pas* au *baccalauréat* et qui, par conséquent, ne permet *pas* l'*accès aux facultés*.

Il convient cependant de noter l'obtention de diplômes masculins par les jeunes filles dès la fin du XIX^e siècle, à savoir :

- de 1866 à 1882 , 52 baccalauréats ès sciences dont 19 à Paris
et 3 licences ès sciences ;
- en 1888 est soutenue à Paris la première thèse scientifique, dans le domaine des sciences naturelles ; il y aura au total trois thèses scientifiques féminines au XIX^e siècle, avec en 1889 une autre thèse de sciences naturelles et en 1893 une thèse de sciences mathématiques. La première thèse de sciences physiques est celle de Marie Curie en 1903.

Dans le projet de loi SÉE, qui comporte une liste des matières à enseigner, le libellé adopté pour les sciences est «les sciences mathématiques, physiques et naturelles». Au Sénat le rapporteur Paul BROCA propose un libellé plus restrictif, «une formule plus modeste» pour reprendre l'expression de Camille SÉE, à savoir «l'arithmétique, les éléments de la géométrie, de la physique, de la chimie et de l'histoire naturelle». D'ailleurs le rapport de 1881 de la «Société pour l'étude des questions d'enseignement secondaire» (qui sur environ 400 membres comprend 6 femmes) souligne la spécificité féminine. Les mathématiques doivent être avant tout pour les jeunes filles - car elles ne deviendront pas ingénieurs, souligne le rapport - «une introduction obligée à l'étude des sciences physiques et naturelles qu'un esprit cultivé ne peut ignorer». En 1882 Octave GRÉARD, vice-recteur de l'Académie de Paris, explique que pour les filles il faut rendre «la science, la vraie science, plus assimilable» et que par conséquent il leur faut «un enseignement sobre, bien dépouillé, un enseignement de résultats et de conclusions».

Le décret de 1882 organise l'enseignement en deux cycles, l'un de 3 ans avec un certificat d'études, l'autre de 2 ans avec un diplôme d'études secondaires.

En 1881, pour former les professeurs, est créée l'École normale supérieure de Sèvres (qui ne sera rattachée à l'Enseignement supérieur qu'en 1936). Puis, en 1884, est instituée une agrégation féminine alors qu'à cette date *trois* spécialités sont déjà distinguées pour les hommes. Une particularité du concours féminin est de comporter une épreuve de langues vivantes et une composition littéraire. Cette dernière est justifiée par «l'utilité qu'il y aurait à ne pas laisser trop étrangère aux exercices de littérature ou à l'art d'écrire les jeunes filles qui suivront la carrière des sciences». Cette composition porte sur un sujet de morale ou d'éducation ; elle demeure lorsque deux spécialités (sciences mathématiques, sciences physiques et naturelles) sont distinguées en 1894, alors que l'épreuve de langues vivantes disparaît ; elle est toujours maintenue dans les années 1920. Deux exemples permettent de juger de l'orientation des sujets :

- Concours 1897 : «Qu'entend-on par devoirs stricts et devoirs larges ? Quel est le sens exact et le véritable fondement de cette distinction ?»
- Concours 1899 : «Habitue et moralité»

Cette composition littéraire qui compte pour 1/5 de l'écrit en 1902, conserve encore son importance au début des années 1920. En 1924 on précise que «les sujets auront un caractère pédagogique et pratique». Ajoutons qu'en 1894 il était spécifié que «dans les différentes épreuves orales, le jury tient compte de la diction».

Mais des jeunes filles vont présenter les agrégations masculines :

- en 1885, M^{elle} BORTNICKER, boursière d'agrégation à Paris, est reçue seconde à l'agrégation de sciences mathématiques après un normalien et le jury souligne la qualité de ses épreuves ;
- en 1911, M^{elle} FANDARD est reçue seconde à l'agrégation des sciences naturelles ; elle passera le doctorat en 1918.

À partir de 1924, la situation évolue. La loi BÉRARD identifie les deux enseignements secondaires masculin et féminin (décret du 25 mars 1924) et le décret du 27 mai 1924 permet de s'inscrire en faculté des sciences avec le brevet supérieur lorsque les notes en mathématiques et en français sont ≥ 12 . On rapproche alors peu à peu les deux types de concours d'agrégation ; en 1927 l'agrégation de sciences naturelles devient mixte ce qui décharge l'agrégation féminine de sciences physiques des sciences naturelles. Le problème de la fusion des agrégations se trouve posé. Certains, tel l'inspecteur de mathématiques MARIJON en 1926, recommandent la prudence dans l'assimilation des programmes. Certains sont opposés à la fusion des concours comme le mathématicien Henri LEBESGUE qui explique en 1928 : «Imposer aux femmes le vaste programme des hommes, [...] c'est pour un résultat nul ou mauvais, exiger d'elles, qui en sont physiologiquement incapables, un effort plus grand que celui demandé aux jeunes gens». Une telle position est dénoncée par le physicien Georges BRUHAT qui explique en 1933, dans l'avant-propos de son *Traité de mécanique*, que «les physiciens croient pouvoir déduire de l'expérience que les cerveaux féminins ont la même capacité que les cerveaux masculins».

Au milieu du XX^e siècle les deux types de concours ont désormais même structure et en 1941 l'interdiction est faite aux filles de se présenter aux concours masculins s'il existe un concours féminin équivalent. Toutefois l'arrêté du 31 juillet 1958 vient perturber cette harmonie en réformant le seul concours masculin de sciences physiques dès la session de 1959, y créant deux options, physique et chimie, alors que l'agrégation féminine est maintenue indivise. Protestation de l'École de Sèvres, autorisation aux Sévriennes de demander à passer le concours masculin, une élève se présente et est reçue. Dès la session 1960 s'opère l'alignement des deux concours. Puis l'évolution continue dans le sens d'une diminution du décalage : 1965, sujets communs mais avec deux classements distincts avant la fusion complète des concours pour les diverses agrégations (1974-1976) c'est-à-dire un classement unique sur des épreuves identiques. En 1985 s'opère la fusion des deux Écoles normales supérieures d'Ulm et de Sèvres.

Au niveau des thèses, comment se présente la situation ? De 1888 à 1920, sur 31 thèses féminines soutenues à Paris on en compte seulement 1 en mathématiques et 5 en sciences physiques. De 1921 à 1935 un rééquilibrage s'opère au sein des sciences expé-

riminales : sur 71 thèses, dont 2 seulement portent sur les mathématiques, 42 % concernent les sciences physiques. En 10 ans, de 1920 à 1929, sur un total général de 470 thèses (presque la moitié de l'ensemble des thèses soutenues au XIX^e siècle), 7,5 % sont des thèses féminines.

2.3. Le contenu des mots

Le terme *physique théorique* utilisé au XIX^e siècle concerne l'exposé des théories, la physique mathématique ayant pour objet les calculs développés au sujet d'une situation physique par opposition à la physique expérimentale.

Le mot *problème de physique* désigne au XIX^e siècle ce qui dans notre terminologie actuelle serait un exercice, réservant le terme «problème» à un ensemble structuré de questions.

Le décalage peut aussi venir de l'évolution du *contexte conceptuel*, avec ce que recouvre, par exemple, l'importance attachée au principe de conservation de l'énergie.

En 1902 on restructure le cours de physique en donnant de l'importance au principe de conservation de l'énergie qui à la fin du XX^e siècle occupe une place centrale. Mais le contexte conceptuel est bien différent, avec d'un côté le rejet de tout ce qui n'est pas réalité observable, de l'autre la primauté accordée aux «superlois» (conservation, invariance, symétrie) directement liées au processus de formalisation mathématique. Dans ce dernier cas il faut faire le lien avec le théorème de Noether (1918) où la conservation de l'énergie pour un système isolé est lié au caractère d'homogénéité attribué au temps. Dans le premier cas on se situe dans le contexte de l'énergétique, introduite en 1855 par le physicien écossais W. RANKINE qui était porté aux considérations philosophiques. Celui-ci fait une différence entre une théorie basée sur des hypothèses supposant l'existence d'entités non observables tels les atomes et les molécules et une théorie «abstraite» dont les éléments sont des entités évidentes pour nos sens. Après une réémergence de la théorie en 1887, W. OSTWALD s'y intéresse à partir de 1890. Il affirme que les lois naturelles se ramènent toutes à la même forme «trouver un invariant» et que «l'invariant le plus général» est l'énergie. Il s'agit pour lui d'une question de science positive, explique-t-il. Jean PERRIN dénoncera «les théologiques obscurités du Culte de l'Énergie».

2.4. Science enseignée - science savante

Si on s'intéresse au passage de la science savante à la science enseignée, il faut prendre en compte qu'entre le savant et l'enseignant - ou, pour reprendre les termes d'Ernest RENAN, entre le «fabricant» et le «débitant» de science -, il existe un intermédiaire, le concepteur de programmes (inspection générale ou commission *ad hoc*), qui impose des limites en dehors du champ des disciplines particulières, qui définit les con-

tenus et les grandes lignes d'orientation de l'enseignement qui doit être dispensé. Ceci constitue une première source de décalage.

Pour mesurer le décalage dans le temps on peut se reporter aux programmes et aux traités. Cependant certains auteurs peuvent faire preuve d'un modernisme exceptionnel ; tel est le cas de P.A. Daguin qui, dès 1855, introduit dans son traité de physique quelques pages sur l'équivalent mécanique de la chaleur. On lui reprocha d'avoir introduit des nouveautés n'ayant pas encore reçu une sanction suffisante. Rappelons que les premiers résultats de JOULE sont publiés en 1843 et que son grand mémoire date de 1850. L'équivalent mécanique de la chaleur est introduit en 1874 dans les programmes de terminale et apparaît à l'agrégation en 1876 au sein de l'épreuve de la leçon.

Mais le poids des idéologies dominantes est aussi un facteur de décalage. L'exemple de l'enseignement de la théorie atomique est très caractéristique des blocages qui peuvent apparaître et de l'influence qu'a exercée le positivisme. A. WÜRTZ, qui œuvre pour promouvoir la théorie atomique, explique en 1875 dans l'avertissement des *Leçons élémentaires de chimie moderne* :

«La théorie des atomes [...] n'est qu'une hypothèse, mais elle offre un caractère de simplicité et de généralité qui lui assurent la vraisemblance et par conséquent l'autorité, et qui en font un des instruments les plus efficaces pour la découverte des vérités scientifiques et pour l'amélioration des méthodes d'enseignement».

Cette position est très proche de celle exprimée en 1904 par Paul LANGEVIN qui inclut dans les principes généraux dominant toute science expérimentale les idées atomistiques, les faisant passer du domaine des hypothèses à celui des principes et insistant sur l'intérêt pédagogique de leur introduction dans l'enseignement.

Mais de telles conceptions sont en opposition avec celles des physiciens positivistes qui donnent la prééminence aux faits et à l'observation, qui ne s'attachent qu'aux réalités observables, qui rejettent les «explications illusoirs [auxquelles conduisent] les hypothèses, qui substituent une image possible à la réalité immédiate» en reprenant la formulation de W. OSTWALD.

Cette prégnance positiviste apparaît nettement dans les programmes de 1902 qui insistent de manière répétitive sur le caractère expérimental du cours de physique. La présentation adoptée par les manuels est conforme aux prescriptions. Par exemple, pour l'étude de la chute des corps, au lieu de poser les lois *a priori*, l'exposé commence par «l'observation journalière», puis passe à l'expérimentation pour mettre en évidence qualitativement l'effet de la résistance de l'air et définir les conditions permettant de la négliger ; on introduit alors des dispositifs expérimentaux *ad hoc* (machine de MORIN ou machine d'ATWOOD), on vérifie les diverses lois de la chute des corps (loi des espaces,

loi des vitesses), puis on passe à la «vérification du principe d'inertie» l'auteur pouvant ne pas hésiter à ajouter «nous avons donc démontré expérimentalement le principe d'inertie».

Ce type de dérive n'est certainement pas isolé, justifiant une vive réaction d'Henri BOUASSE contre les abus de langage :

«Les principes ne se démontrent pas ; il est invraisemblable et triste qu'on soit forcé d'énoncer de pareils truismes.[...]»

Qu'on réfléchisse un instant et l'on verra l'absurdité d'un tel projet, ou si l'on veut d'un tel langage.

On appelle *principe, postulat, hypothèse* (ces trois termes sont absolument équivalents) ce qu'on prend pour point de départ du sorite, pour origine de la forme [...]

[...] démontrer *expérimentalement* un principe, c'est une entreprise dont l'absurdité saute aux yeux. On peut démontrer que certains faits, tous les faits connus si l'on veut, rentrent dans une forme et par conséquent sont contenus dans le principe générateur de cette forme. On ne peut évidemment pas démontrer que les faits qu'on ignore, y rentrent aussi».

Les programmes de 1912 insistent sur les orientations retenues en 1902 et développent la partie consacrée au courant alternatif avec le libellé suivant :

«Influence de la self-induction et de la capacité d'un conducteur sur la puissance d'un courant alternatif dans ce conducteur (sans calculs) ; idée du facteur de puissance»

Henri BOUASSE, dans la préface de l'un de ses livres en 1913, s'élève contre cette tendance à «remplacer le raisonnement par de vagues expériences» et fait directement référence aux programmes de 1912 :

«Je lis dans l'arrêté ministériel du 4 mai 1912 [...] : "Idée du facteur de puissance". Voilà le résumé de leur pédagogie, l'aboutissement de trente ans d'égarement ; ils veulent qu'on donne "l'idée d'un cosinus", que sans calculs, on fournisse aux élèves des "notions" sur les courants alternatifs ! [...] ils ont la prétention de traiter d'une manière élémentaire, sans calculs, les questions les plus difficiles *au moyen d'expériences impossibles à analyser.* [...] *qu'ils cessent de croire à la possibilité de remplacer le raisonnement par l'expérience, qu'ils donnent enfin à l'expérience sa place éminente, mais subordonnée.*

Au fond ce que je réclame c'est, ni plus ni moins, l'enseignement par un homme intelligent qui sache de quoi il parle»

Les décalages sont extrêmement divers ; ajoutons quelques exemples :

- décalage entre les mesures décidées pour l'enseignement secondaire et la formation des professeurs (par exemple, incitation à faire usage de l'histoire des sciences sans aucune sensibilisation dans ce domaine) ;
 - décalage entre les mesures prises et la réelle application qui en est faite ;
 - décalage entre les projets de mesures et les choix effectués (projet COUSIN de 1834 et plan d'études de 1840) ;
 - décalage entre les affirmations des savants et leur pratique effective ;
- etc.

3. LES PERMANENCES

Des thèmes apparaissent de manière récurrente dans le discours sur l'enseignement :

- place de l'histoire des sciences dans l'enseignement ;
- caractère expérimental de l'enseignement de la physique ;
- etc.

Nous allons suivre le deuxième thème sur deux siècles, mais nous noterons d'abord que la physique expérimentale se développe en France, au milieu du XVIII^e siècle, sous l'influence de l'abbé NOLLET. Les cabinets de physique sont en vogue jusqu'à la fin du siècle entraînant l'essor du métier de constructeur d'instruments et SIGAUD de la FOND dispense des leçons particulières pour la préparation d'appareils et d'expériences. Dès la fin du XVIII^e siècle, comme le rapporte le chimiste FOURCROY, des «démonstrateurs de physique», qui vendent des instruments, interviennent à l'intérieur des collèges montrant des phénomènes électriques ou magnétiques, des expériences dans le vide ou bien encore le spectacle du grossissement d'objets dans le microscope, et permettent ainsi d'illustrer les cours dictés quelques mois auparavant.

Avec le XIX^e siècle apparaît un discours militant en faveur du caractère expérimental de l'enseignement de la physique et, du XIX^e au XX^e siècles, vont se succéder des affirmations de principe comme : «C'est surtout en physique qu'il faut voir et toucher» [Claude POUILLET, 1827] ; «Ce serait avec peine que l'on pourrait saisir l'attention des élèves sans les expériences» [Louis PASTEUR, 1846] ; «Il faut que les yeux voient et que les mains touchent» [Victor DURUY, 1868] ; «Il ne suffit même pas de regarder des expériences faites au cours par le professeur. Il faut les avoir répétées soi-même» [Henry Le CHATELIER, 1928] ; ou encore : «On doit privilégier la méthode inductive et le recours systématique à l'expérience» [rapport de Pierre BERGÉ, 1989].

Bien qu'assez rares, des réserves critiques sont faites sur ces orientations : «Faut-il 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 trompe l'œil que [la démonstration expérimentale] est souvent» [Henri BOUASSE, 1901] ; ou bien ce jugement (1931) de Gaston BACHELARD sur les instructions ministérielles :

«Pesez, mesurez, comptez ; méfiez-vous de l'abstrait [...] ; attachez les jeunes esprits au concret, au fait. Voir pour comprendre, tel est l'idéal de cette étrange pédagogie. Tant pis si la pensée va ensuite du phénomène mal vu à l'expérience mal faite.»

ou bien encore cette affirmation d'un professeur de physique au Congrès de l'enseignement expérimental à Paris en 1937, se situant à contre-courant de toutes les autres prises de position :

«Je ne crois pas qu'on puisse présumer autre chose de l'expérience qu'une plus vive illumination des esprits [...] plus qu'une aide [...] ni surtout qu'elle puisse primer la clarté logique résultant d'exposés soigneusement travaillés.»

Enfin citons, faisant une incursion dans les années 1980, cette dernière analyse :

«Les manipulations font recours à un matériel *didactique* hors de prix et *ad hoc* qui enlève l'essentiel de leur intérêt aux manipulations car il s'agit d'un matériel *modèle* imposé dans une structure figée aux élèves [...]. A la limite, le recours expérimental devient purement idéologique» [Michel HULIN, 1987].

Cela étant dit repérons les étapes essentielles qui ont marqué l'organisation de l'enseignement expérimental de la physique.

Lors de la réforme de la «bifurcation» au début du Second Empire, la recommandation est faite pour la physique de «partir de l'expérience fondamentale toutes les fois que le sujet le permet», mais en évitant de «décrire les instruments dans tous leurs détails». Des crédits sont prévus pour équiper les laboratoires et les professeurs sont vivement encouragés à construire eux-mêmes les appareils. Cette réforme est accompagnée d'une modification du concours de recrutement des professeurs, l'*agrégation*, avec en particulier l'introduction d'*épreuves pratiques*.

Mais quelle est la situation dans le haut enseignement dispensé dans les facultés ? La distinction explicite de trois licences apparaît dans le règlement de 1848, et, en sciences physiques, il existe une épreuve de «physique pratique» constituée par une manipulation choisie dans un programme de dix. Pour le doctorat se pose le problème du financement des thèses expérimentales ; aussi le règlement de 1848 propose-t-il une possibilité de rachat du matériel par la Faculté à l'issue de la soutenance.

Le rapport DURUY de juillet 1868 affirme la nécessité de laboratoire de recherches et d'enseignement, ces derniers étant ouverts aux étudiants et non pas réservés exclusivement à la préparation des expériences illustrant les leçons du professeur. En 1872-73, 40 élèves travaillent au laboratoire d'enseignement de la Sorbonne sous la direction d'Édouard BRANLY, chef de travaux. Le rapport d'activité indique :

«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».

Revenons à l'enseignement secondaire. V. DURUY supprime la «bifurcation» et revient à une conception classique de l'enseignement secondaire, tout en établissant parallèlement les bases de ce qui deviendra à la fin du siècle l'enseignement moderne. En 1874 une circulaire précise les objectifs assignés à l'enseignement de la physique dispensé en classe de philosophie : il s'agit de mettre les élèves «en possession de la méthode expérimentale» ; en 1890 la commission des réformes de l'enseignement scientifique affirme avec force que l'expérience est «le principe et le nerf de la science». Peu à peu la physique est présentée comme une science expérimentale modèle.

Dans cette deuxième moitié du XIX^e siècle les descriptions minutieuses d'appareils et les précautions opératoires à respecter vont envahir les traités élémentaires. En 1901 Henri BOUASSE lance une campagne, expliquant :

«Les traités élémentaires sont d'étranges recueils d'instruments démodés ; on s'y trouve comme dans un musée d'antiquités où l'on a réuni pêle-mêle le legs des temps passés».

Il dresse une liste des appareils qu'on trouve dans les collections, en les classant :

- «les appareils qui ne sont justifiés ni par la pratique, ni par la théorie [...] ;
- les appareils qui ont pu donner des résultats exacts, mais qui sont inconfortables, définitivement abandonnés [...] ;
- les appareils qui font double emploi, l'un n'étant que le perfectionnement de l'autre [...] ;
- les appareils utiles dans la pratique, mais qui n'ont aucun intérêt pédagogique [...] ;
- les appareils qui conservent un intérêt historique douteux.[...] ;
- les appareils de pure démonstration que la routine fige dans une forme archaïque, inconfortable et souvent absurde [...]»

La description de ces appareils, ajoute H. BOUASSE, «forme le plus clair des cours de physique [...] de sorte qu'on pourrait dire, sans paradoxe, qu'un cours de physique élémentaire est le catalogue méthodique et expliqué des appareils qu'il ne faut pas utiliser». En 1931, Paul LANGEVIN peut encore dénoncer cette accumulation de présentations

d'instruments «dont l'étude détaillée ne peut intéresser que le spécialiste de leur emploi ou de leur construction».

En 1902, cinquante ans après la réforme de la «bifurcation», intervient une importante réforme. On souligne la nécessité d'habituer les esprits à s'incliner toujours devant une preuve, d'apprendre à observer, à remonter d'un fait à une loi, à vérifier une hypothèse. La méthode inductive est recommandée. Les conseils généraux précisent : «Évitant les développements mathématiques, [l'enseignement] doit toujours être fondé sur des expériences». La circulaire de 1906 concernant le baccalauréat indique qu'il faut que «l'énoncé de la loi ne vienne sous la plume de l'élève que comme conclusion des expériences rapportées». La réforme introduit une innovation avec *l'instauration des manipulations* pour les élèves, mesure préconisée par J.-B. DUMAS dès 1847 car il la considérait comme indispensable pour une étude sérieuse des sciences physiques. Les recommandations jointes aux programmes soulignent l'importance de ces exercices pratiques et invitent le professeur à y attacher la même attention et le même intérêt qu'aux leçons.

Mais les appareils classiques des collections des lycées sont jugés ne plus convenir pour la plupart. Le jury d'agrégation de 1902 (auquel appartient H. BOUASSE), indique dans son rapport que «les collections sont encombrées d'appareils surannés, mal conçus ou même absurdes, qui doivent disparaître» et il souligne son intérêt pour le choix judicieux des appareils employés par le candidat lors de l'épreuve de la leçon, surtout s'ils «ont été réalisés simplement et élégamment par le candidat lui-même». D'ailleurs pour les manipulations les professeurs sont invités à utiliser des appareils peu dispendieux et à les fabriquer si possible eux-mêmes. Un *recueil d'expériences élémentaires de physique* est alors préparé sous la direction de H. ABRAHAM, secrétaire général de la Société française de physique, avec la collaboration d'une centaine de professeurs. L'ouvrage comprend une initiation aux travaux d'atelier, rédigée par Jules LEMOINE. L'intérêt de la constitution d'une sorte de «Mutuelle des idées» conduit à la création de l'Union des physiciens en 1906 et à la publication d'un bulletin périodique. En 1904, toutes ces incitations faites aux professeurs pour accentuer le caractère expérimental de leur enseignement se concrétisent par l'introduction à l'agrégation de l'épreuve du «*montage de physique*» qui consiste à «dresser le programme des opérations à effectuer pour une leçon de lycée indiquée par le jury et les effectuer».

Cependant en 1913 Henri BOUASSE peut encore dénoncer «l'incompréhension du rôle que jouent l'expérience et la manipulation dans l'éducation scientifique. Après les avoir longtemps négligées, dit-il, on les prône comme la panacée souveraine».

Les programmes de 1925 donnent aux sciences mathématiques et aux sciences physiques le «même développement pour tous les élèves» de l'enseignement secon-

daire (principe de l'égalité scientifique). Le caractère expérimental de la physique est vigoureusement souligné par les auteurs de manuels :

«L'expérience avant toute chose» [E. VOISIN]

«Un cours de physique ne saurait être qu'expérimental» ou encore «L'intérêt d'une question, en physique, tient plus à l'expérimentation qu'à l'organisation de l'exposé» [M. GINAT]

Ceci est en accord avec les textes officiels, comme la circulaire de 1931, qui recommande de :

«donner aux élèves le sentiment net et le spectacle direct de ce qu'est observer un phénomène, monter une expérience, vérifier une loi».

Le caractère expérimental de l'enseignement de la physique est un des thèmes permanents du discours sur l'enseignement scientifique d'un siècle à l'autre, mais avec des motivations variables. Au milieu du XIX^e siècle le chimiste J.-B. DUMAS avance l'argument qu'en développant l'aspect expérimental de l'enseignement de la physique on le rendra accessible pour la «masse des élèves». Mais, en fait, c'est une manière d'affirmer la différence entre physique et mathématiques et de justifier le couplage de la physique avec la chimie plutôt qu'avec les mathématiques. Au moment de la réforme de 1902 le discours officiel, tout en affirmant l'unité de la science, souligne l'apport spécifique des sciences physiques, à savoir «la notion de vérité positive, c'est-à-dire du fait expérimentalement constaté», et donne ainsi une justification à la place qui vient d'être faite aux sciences physiques aux côtés des «mathématiques abstraites». Dans cette mouvance se situe encore l'affirmation placée dans l'avertissement d'un ouvrage de physique du milieu du XX^e siècle :

«Nous avons eu le souci permanent de la méthode expérimentale ; nous pensons que c'est la seule façon de justifier la place donnée aux sciences physiques dans la culture secondaire.»

Dans les années 1970, la Commission LAGARRIGUE affirme aussi le caractère expérimental de la physique, avec dans ce cas une certaine ambiguïté dans le discours du fait de place de choix réservée à la physique microscopique. L'introduction du courant continu montre bien l'évolution : caractérisé jusque là par ses effets électrolytique, calorifique, magnétique, le courant continu est alors présenté comme un flux d'électrons. Mais c'est encore une manière de situer la physique par rapport aux mathématiques dont l'enseignement vient d'être rénové (réforme des mathématiques modernes). Cependant un élément nouveau apparaît ici dans le discours, l'affirmation de la nécessité de respecter autant que possible les caractéristiques épistémologiques de la discipline, l'interaction dialectique entre l'activité expérimentale et l'activité théorique.

A côté des affirmations de principe - telle celle sur le caractère expérimental de l'enseignement de la physique - il faut noter :

- la constance des objectifs énoncés (comme celui de développer la créativité des élèves),
- la permanence de certains problèmes (comme celui de la formation des professeurs et son articulation autour de deux pôles : l'acquisition des savoirs et leur transmission)

et tout ceci dans un contexte extrêmement évolutif d'un siècle à l'autre, mais avec une permanence des enjeux économiques (adapter la société à l'activité moderne et ses exigences techniques) ainsi que des enjeux culturels (faire entrer les sciences dans la culture) alors que s'opère un glissement des rivalités disciplinaires : lettres - sciences, mathématiques - sciences expérimentales.

Au XIX^e siècle, où les humanités sont dominantes, s'effectue une longue marche pour développer l'enseignement scientifique où les mathématiques occupent une place privilégiée. Au XX^e siècle, dans les années 1920, on pose le problème de la possibilité de concevoir deux espèces d'enseignement scientifique, l'un à tendance plus mathématique et l'autre à tendance plus expérimentale, c'est-à-dire, l'un plus abstrait et l'autre plus concret. Dans les années 1970, la Commission LAGARRIGUE formule l'idée d'une formation axée sur deux grands pôles, les sciences mathématiques, les sciences et les techniques c'est-à-dire physique, chimie, biologie et disciplines techniques. Mais la Commission LAGARRIGUE insiste sur la nécessité d'une formation générale harmonieuse réalisant l'équilibre entre les disciplines abstraites d'une part, les sciences d'observation et d'expérimentation d'autre part.

BIBLIOGRAPHIE

Bruno BELHOSTE, Hélène GISPert, Nicole HULIN, (ouvrage collectif sous la direction de), *«Les sciences au lycée - Un siècle de réformes des mathématiques et de la physique en France et à l'étranger»*, Paris, Vuibert et INRP, 1996.

Michel HULIN, *«Le mirage et la nécessité - Pour une redéfinition de la formation scientifique de base»*, Paris, Presses de l'École normale supérieure et Palais de la découverte, 1992.

Nicole HULIN, *«L'organisation de l'enseignement des sciences»*, Paris, CTHS, 1989.

«Caractère expérimental de l'enseignement de la physique XIX^e-XX^e siècles - Seconde partie : le XX^e siècle», BUP n° 749, décembre 1992, pages 1565-1580.

«Histoire des sciences et enseignement scientifique. Quels rapports ? Un bilan XIX^e-XX^e siècles», BUP n° 786, juillet - août - septembre 1996, pages 1201-1243.

«Science enseignée et science savante : évolutions et décalages - Études de cas pour la physique en France», in L'histoire des sciences et des techniques, champ disciplinaire et interdisciplinaire, (dir. Jean ROSMORDUC), CNDP, 1997.