

Introduire la dimension historique au collège en France

DANIELLE M.E. FAUQUE

Groupe d'Histoire et de Diffusion
des Sciences d'Orsay (GHDSO)
Université Paris XI
France
dymfau@wanadoo.fr

RÉSUMÉ

L'introduction d'éléments d'histoire des sciences dans l'enseignement secondaire français est actuellement en cours de généralisation dans les programmes de sciences physiques du collège (11-15 ans) applicables à la rentrée 2007. Des activités pédagogiques historiques sont développées dans le Document d'accompagnement destiné aux enseignants. Un des exemples proposés, l'invention de la pile électrique de Volta (1800), est exposé dans cet article. Cette activité est replacée dans le contexte du système éducatif français actuel d'une part, et dans l'évolution historique de l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement secondaire français depuis trois décennies, d'autre part.

MOTS-CLÉS

France, histoire des sciences, enseignement, sciences physiques, Volta.

ABSTRACT

The introduction of historical elements within the secondary education of France actually tends to be generalized nowadays. Several activities that draw upon the history of science are proposed for 11-15 year-old students within the official teacher's guide. The invention of Volta's battery in 1800, which is detailed here, is one of these. This activity is replaced in the context of the contemporary education system of France, as well as during the last thirty years when the introduction of the history of science in our secondary education has been evolving.

KEY WORDS

France, history of science, teaching, experimental sciences, Volta.

INTRODUCTION

Depuis trois décennies, des éléments d'histoire des sciences et des techniques sont introduits dans le programme de sciences physiques (dit physique-chimie aujourd'hui) de l'enseignement secondaire français. Tout d'abord dans les sections littéraires au début des années 1980, puis en classe de terminale scientifique à partir de 1993, il s'est généralisé à l'ensemble des classes du collège et du lycée peu à peu. Son utilisation était recommandée par les commissions successives chargées d'enquêter sur l'enseignement des sciences. Mais, au niveau du collège, dans les dernières réformes (2005 et 2007), des activités d'histoire des sciences précises sont conseillées sur certains sujets comme les travaux de Volta, d'Ampère et Ohm, ou l'histoire de la découverte du gaz carbonique ou l'histoire de la notion d'atome. Pour aider les enseignants dans cette voie, un *Document d'accompagnement* complète le programme officiel, en donnant des exemples assez détaillés d'application effective ou possible en classe. J'ai choisi ici de rapporter une partie de ce qui est proposé sur l'histoire de l'invention de la pile électrique par Volta en 1800. La séquence pédagogique s'appuie sur la lettre de Volta, sur une expérience, et sur un extrait de cette lettre fournie aux élèves en classe. Des conseils de méthode pour introduire de l'histoire des sciences et des techniques dans l'enseignement secondaire sont ajoutés.

Afin que le lecteur non français puisse mieux comprendre mon propos ou l'enjeu présenté dans cette proposition, des annexes donnent une brève histoire de l'introduction d'histoire des sciences et des techniques dans l'enseignement secondaire français, un tableau chronologique des dernières réformes du système éducatif français, des références bibliographiques fournies au professeur qui veut utiliser l'histoire des sciences et des techniques en classe.

L'ENSEIGNEMENT DES DISCIPLINES SCIENTIFIQUES AU COLLÈGE EN FRANCE

Les nouveaux programmes de mathématiques, sciences de la vie et de la Terre, et physique-chimie, enseignés au collège en France, vont entrer en application à la rentrée 2007, pour les classes de sixième (11 ans), cinquième (12 ans) et quatrième (13 ans), et à la rentrée 2008 pour la classe de troisième (14 ans).

Ces programmes ont été établis dans le cadre d'une importante réforme du collège, survenue à la suite de la loi du 23 avril 2005, modifiée le 11 juillet 2006. Cette loi

présente le concept de *socle commun des connaissances et des compétences* (MEN, 2006). Ce socle définit les connaissances et les compétences que tous les élèves doivent avoir acquises à la fin de leur scolarité obligatoire. La publication du socle commun constitue donc un acte fondateur pour l'école française, et concerne tous les enfants de France. Les programmes sont conçus en bloc pour les quatre années du collège conjointement pour les différentes disciplines. Ils sont élaborés en continuité avec l'école primaire. Les professeurs de collège sont d'ailleurs invités à consulter les "fiches connaissances" sur les sciences expérimentales et la technologie, de l'école (BO, 2007, p. 6).

Les programmes du collège recommandent fortement d'utiliser une démarche d'investigation pour l'étude des disciplines scientifiques. Celle-ci n'est pas exclusive. Tous les objets d'étude ne se prêtent pas à une telle démarche, mais elle doit être privilégiée lorsque c'est possible. Il faut aussi souligner les analogies entre l'application de la démarche d'investigation à l'étude des sciences expérimentales et à celle des mathématiques.

Cette démarche d'investigation s'appuie sur le questionnement des élèves sur le monde réel (en sciences expérimentales) et sur la résolution de problèmes (en mathématiques). "Les investigations réalisées avec l'aide du professeur, l'élaboration de réponses et la recherche d'explications ou de justifications débouchent sur l'acquisition de connaissances, de compétences méthodologiques et sur la mise au point de savoir-faire techniques" (Id.).

Le canevas d'une séquence d'investigation comporte le choix d'une situation problème par le professeur, l'appropriation du problème, la formulation de conjectures et d'hypothèses explicatives, par les élèves. Ils proposent des protocoles possibles à mettre en œuvre pour vérifier les propositions avancées, ils débattent alors entre eux sous l'autorité du professeur. Après avoir mis en évidence, avec l'enseignant, les nouveaux éléments à retenir, il s'agit de confronter les différentes productions au savoir établi, de faire l'analyse critique des expériences et propositions faites. Enfin, l'enseignant reformule avec les élèves les connaissances nouvelles acquises en fin de séquence.

Les programmes disciplinaires sont donc d'abord conçus par discipline de façon verticale pour chacune des quatre années du collège. Des échanges, entre les différents groupes disciplinaires au cours de l'élaboration des programmes, permet d'ajuster les propositions de façon à avoir un ensemble cohérent. Chaque programme disciplinaire, pour chaque année du collège, est alors présenté sous forme d'un tableau. En mathématiques, ce tableau de quatre colonnes présente les connaissances, les capacités, les exemples d'activité et commentaires associés, et les commentaires spécifiques au socle. En sciences de la vie et de la Terre, trois colonnes proposent les connaissances, les capacités déclinées dans une situation d'apprentissage, et les exemples d'activités. En physique-chimie, trois colonnes présentent plus simplement les connaissances, les capacités, et les exemples d'activités. Chaque partie du programme ainsi décliné est

introduite par quelques explications et suivie de commentaires pour en expliciter les objectifs et les méthodes spécifiques à employer.

L'ensemble des programmes des quatre années, pour les mathématiques, les sciences de la vie et de la Terre et la physique-chimie, est réuni dans un bulletin officiel spécial, et précédé d'une introduction générale commune aux trois disciplines scientifiques. Cette introduction insiste sur la culture scientifique acquise au collège, au terme duquel, l'élève doit s'être construit une première représentation globale et cohérente du monde physique dans lequel il vit. Il doit pouvoir apporter des éléments de réponse simples mais cohérents aux questions: "comment est constitué le monde dans lequel je vis? Quelle y est ma place? Quelles sont les responsabilités individuelles et collectives?" (Id. p. 4).

"L'élaboration d'une représentation globale et cohérente du monde passe par la mise en convergence des savoirs disciplinaires" autour de thèmes tels que l'énergie, l'environnement et le développement durable, la météorologie et la climatologie, la santé, la sécurité, le mode de pensée statistique dans le regard sur le monde. Cette construction commune nécessite de la part des enseignements disciplinaires des contributions coordonnées, explicitées dans la partie intitulée *thèmes de convergence* (Id.). Ceux-ci sont établis conformément au programme de chacune des disciplines concernées dans lesquelles leurs contributions sont également mentionnées. Ils n'introduisent donc pas de compétences nouvelles ni ne constituent un supplément de programme, ils sont les programmes eux-mêmes, décrits de façon différente. Ils sont obligatoires. Cela implique la nécessaire bivalence des professeurs (enseigner deux disciplines dans la même classe) pour réduire la taille de l'équipe pédagogique afin d'avoir plus de simplicité et de souplesse de mise en place.

L'APPEL À L'HISTOIRE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES DANS LES PROGRAMMES DU COLLÈGE

Le texte introductif officiel ajoute un peu plus loin: "la perspective historique donne une vision cohérente des sciences et des techniques et de leur développement conjoint. Elle permet de présenter les connaissances scientifiques comme une construction humaine progressive et non comme un ensemble de vérités révélées. Elle éclaire par des exemples le caractère réciproque des interactions entre sciences et techniques" (Id.).

Une dimension historique peut donc être donnée à un certain nombre d'items de chaque programme lorsqu'elle est à la portée de l'élève. Nous donnons ci-dessous les références officielles à des éléments d'histoire des sciences et des techniques. Mais cette dimension par son aspect universel s'intègre bien dans les thèmes de convergence.

En mathématiques, il est souligné de faire appel à l'histoire des mathématiques seu-

lement dans une rubrique du programme de sixième, “grandeurs et mesures” (longueurs, masses et durée, angles, aires et volumes), mais cette rubrique se répétant chaque année, on peut sous-entendre le même conseil (Id., p. 28). Néanmoins, la volonté générale d’introduire de l’histoire des sciences et des techniques n’est pas soutenue dans le détail des items des programmes du collège. Cependant, dès qu’il est possible, le lien avec les autres disciplines (SVT, technologie, histoire-géographie, physique) est clairement annoncé. De même les références aux enseignements de la dernière année de l’école primaire, sont-elles soulignées dans le programme de sixième, pour assurer la continuité de l’enseignement.

En sciences de la vie et de la Terre, dans l’introduction générale aux quatre années de cet enseignement au collège, les réformateurs insistent dès les premières lignes sur la démarche d’investigation, et les objectifs pédagogiques de cette discipline. L’éducation à la responsabilité, la contribution à la formation du citoyen concernent essentiellement la santé, la sexualité, l’environnement et le développement durable ainsi que la santé. Cette discipline entre donc pleinement dans les thèmes de convergence. Un autre objectif est de faire acquérir par l’élève une culture humaniste. La référence à l’histoire des sciences, et la situation dans le temps et l’espace qu’elle implique, particulièrement en géologie, contribuent à l’acquisition de cette culture humaniste (Id., p. 67). Cette fois, dès qu’il est possible, les références à un aspect historique spécifique sont indiquées dans les alinéas des items du programme. Nous trouvons ainsi comme “capacité déclinée dans une situation d’apprentissage”: *situer dans le temps des découvertes scientifiques* (Id., p. 72, 77, 83, 86, 101, 102). Plusieurs exemples explicites d’activités impliquent l’histoire des sciences. Ainsi en sixième, propose-t-on l’“exploitation des résultats d’un ensachage de fleur” (Id., p. 72), l’étude de documents historiques concernant la notion d’espèce (Id., p. 77), la mise en relation de l’évolution du concept de cellule et de l’évolution des techniques d’observation (Id.). En cinquième, on lit: l’étude critique de représentations historiques de la circulation sanguine (Id., p. 83). En quatrième, le professeur pourra choisir d’analyser des documents concernant la théorie de Wegener (Id., p. 89), des textes et des dessins historiques montrant différentes conceptions de la reproduction humaine (Id., p. 92), et d’exploiter des résultats d’expériences historiques (ablations, greffes d’organes) (Id., p. 95). En troisième, trois activités d’histoire des sciences sont aussi proposées, soit l’étude de textes historiques concernant l’évolution (Id., p. 101), la recherche des modalités de découverte des antibiotiques (Id., p. 102), l’exploitation de textes historiques sur la découverte des principes de la vaccination (Id., p. 103). On ajoute également qu’une capacité attendue est celle de situer dans le temps sur une frise chronologique quelques repères jalonnant l’histoire des organismes vivants, quelques repères d’événements permettant de découper le temps géologique (Id., p. 101). Cette capacité contient en soi des éléments dont l’approche historique pourrait être abordée.

En physique-chimie, le premier objectif du programme est de contribuer à la construction d'une culture scientifique et technique donnant une représentation globale cohérente et rationnelle du monde, en mettant l'accent sur l'universalité des lois qui le structurent. Les premières notions sur la matière, ses états et ses transformations, la lumière et la propagation de signaux, l'électricité, l'énergie, la gravitation sont introduites au collège. La physique-chimie contribue aussi à la culture humaniste par des ouvertures en direction de l'histoire des sciences et des techniques et de l'actualité scientifique qui montrent la science qui se construit. L'histoire des découvertes scientifiques ou techniques apportent des repérages dans le temps. (Id., p. 110). La physique-chimie commence en cinquième, et l'accent est mis sur l'expérimentation au cours de cette première année, en développant autant que possible la démarche d'investigation. "Des ouvertures en direction de l'histoire des sciences sont mentionnées pour contribuer à éveiller la curiosité des élèves" (Id. p. 113). Ces ouvertures sont signalées à la fin de chaque item, ainsi trouve-t-on cette référence pour la météorologie et la climatologie, la découverte du gaz carbonique, le système métrique (Révolution française), la référence à Ibn Al-Haytham ou Alhazen pour la lumière, les ombres portées et Thalès (Id., p. 114, 115, 117, 120, 121). Dans la colonne *activités*, quelques exemples sont proposés comme "Thalès et les ombres", la prévision des éclipses, naissance d'une forme rudimentaire de sciences (empirisme), les découvertes scientifiques liées à l'utilisation des ombres – observation des astres et naissance de la science, la rotondité de la Terre (Id., p. 121). Mais ces exemples ne sont pas exclusifs; plusieurs aspects du programme peuvent donner lieu à l'introduction d'une dimension historique, au choix ou selon la sensibilité du professeur, ou éventuellement à partir des questions posées par les élèves.

En classe de quatrième, de la même façon, nous trouvons des ouvertures en direction de l'histoire des sciences. Ainsi, sont proposés les thèmes suivants: de l'évolution du modèle moléculaire à la molécule (Id., p. 125), les travaux d'Ampère et les travaux de Volta (Id., p. 128), la notion de loi à propos des travaux d'Ohm (Id., p. 129), le trichromatisme (Id., p. 130). Les exemples proposés comme activités portent sur l'étude documentaire sur l'histoire du modèle moléculaire (Id., p. 125), des études documentaires sur la détermination historique de la valeur de la vitesse de la lumière (Id., p. 132), et sur les premiers moyens utilisés par l'homme pour échanger des informations à distance (Id.). Pour ce qui concerne la vitesse de la lumière et celle du son, le recours à l'histoire des sciences est recommandé (Id.). De même est-il conseillé à l'enseignant d'indiquer qu'un long processus historique a conduit à proposer une description des solides, des liquides et des gaz comme un assemblage de "grains de matière" qu'à titre provisoire et dans le cadre du programme de quatrième, on désigne sous le nom de molécules; le professeur souligne ainsi les progrès de la connaissance scientifique et montre l'intérêt de l'histoire des sciences (Id., p. 126). Rappelons que la notion d'ion n'est pas abordée en quatrième.

En troisième, le programme se prête bien à l'interdisciplinarité, et certaines parties doivent s'appuyer sur les thèmes de convergence qui correspondent à d'importants sujets de société (cette référence est précisée à la fin des items concernés). Plusieurs activités relatives à l'histoire des sciences sont aussi proposées: activité documentaire sur l'histoire de l'électron (Id., p. 134), étude d'un texte historique sur l'atome (Id.), définition du sens historique de circulation du courant électrique dans un circuit (Id., p. 135), recherche documentaire sur l'invention de la pile électrochimique (Id., p. 137), perspective sur l'histoire de l'éclairage (Id., p. 141). À la fin de plusieurs parties principales du programme, des références à l'histoire des sciences sont également signalées comme l'histoire se référant à l'atome (Id., p. 135), les piles et les ions (Id., p. 137), la production de l'électricité (Id., p. 139), laissant une ouverture vers des exemples d'activités autres que celles proposées. L'enseignement de physique-chimie au collège comporte donc de nombreuses entrées d'histoire des sciences, pouvant s'intégrer harmonieusement dans le processus d'évolution de chaque programme. L'enseignant n'arrive pas en classe en disant "nous allons faire de l'histoire des sciences", mais il porte en lui la dimension historique qu'il est sollicité à rendre active dès que l'occasion se présente, sous diverses formes, comme nous le verrons un peu plus loin.

Après cet exposé linéaire de l'enseignement des sciences au collège, en France, regardons d'un peu plus près les thèmes de convergence.

THÈMES DE CONVERGENCE ET HISTOIRES DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES

Les thèmes de convergence sont présentés après les programmes de mathématiques, de sciences de la vie et de la Terre et de physique-chimie, en annexe 5. Ils sont au nombre de six: énergie, environnement et développement durable, météorologie et climatologie, importance du mode de pensée statistique dans le regard scientifique sur le monde, sécurité. Dans certains cas, les disciplines traitent d'un thème de convergence dans leurs objectifs d'apprentissage, dans d'autres cas, le thème ne fait qu'offrir un support d'activités dans une entrée pluridisciplinaire, et pourrait être l'occasion de mettre en œuvre l'intervention conjointe de deux professeurs devant le même groupe d'élèves. Mais outre les difficultés de réalisation pratique de cette proposition, elle est très difficile à mettre en œuvre sur le plan humain et financier. Il ne s'agit pas d'alourdir la tâche des professeurs, ce sont les enseignements disciplinaires eux-mêmes qui alimentent la substance de ces thèmes. Il s'agit de s'en imprégner et de les intégrer dans son enseignement (Id., p. 145). Selon les thèmes de convergence d'autres disciplines sont également concernées, comme l'éducation physique et sportive, l'histoire et la géographie, l'éducation civique, la technologie.

La dimension historique est présente dans le thème *énergie*, en particulier avec la révolution industrielle (vue dans le programme d'histoire). Elle ouvre sur la perspective historique du progrès technique lié aux découvertes scientifiques (Id., p. 146). Le thème *environnement et développement durable* permet à l'élève de prendre conscience que le mode de vie de l'Homme doit beaucoup au progrès des sciences et des techniques, et que ce progrès s'inscrit dans le temps. Dans le thème *météorologie et climatologie*, un certain nombre de notions ont été abordées depuis l'école primaire (pluviométrie, hygrométrie, température, vents, pression, etc.), dont l'aspect historique peut être souligné; de même l'histoire des progrès de la météorologie depuis le XIX^e jusqu'aux satellites météorologiques permet de faire comprendre les avancées considérables qu'ont permises les collectes de grandes quantités de données. Celles-ci permettent aussi de croiser le thème *mode de pensée statistique*. Les thèmes *santé et sécurité* ne livrent pas immédiatement de suggestions sur une dimension historique, cependant on pourrait glisser quelques informations sur l'histoire de la prise de conscience publique des risques et les lois édictées pour la protection du citoyen (par exemple à propos des pratiques addictives, ou d'hygiène publique). Pour l'ensemble des thèmes de convergence, l'histoire des sciences et des techniques apparaît comme un axe transversal très riche.

DOCUMENT D'ACCOMPAGNEMENT

Le fascicule contenant les programmes, les recommandations et les commentaires des réformateurs est suivi d'un *Document d'accompagnement*, qui explicite chaque rubrique du programme. Il précise en général les limites de chaque alinéa, et développe ce qui est nouveau en méthode ou en sujet abordé pour la discipline et le niveau enseigné. Il présente de nombreux documents pédagogiques à utiliser en classe et illustrant les activités proposées dans le programme lui-même. Si le sujet de ces activités est nouveau pour l'enseignant (c'est-à-dire: non présent dans les programmes des années antérieures), un "document pour le professeur" le développe. Le "document pour les élèves" le suit. Certaines de ces séquences contiennent un document vidéo. Le *Document d'accompagnement* a donc maintenant la forme d'un DVD. La plus grande partie des informations qu'il contient est ou sera consultable sur les sites académiques et ministériel (www.cndp.fr; <http://eduscol.education.fr>; <http://physique;scola.ac-paris.fr>).

C'est ainsi que plusieurs séquences historiques sont proposées dans le *Document d'accompagnement* des programmes de physique-chimie. Elles correspondent aux suggestions écrites dans les programmes. Parmi ces séquences, prenons celle exposant les travaux de Volta et plus particulièrement l'invention de la pile (1800).

LA COLONNE OU PILE DE VOLTA: UNE SÉQUENCE PÉDAGOGIQUE PRIVILÉGIÉE

L'invention de la pile de Volta est un sujet historique très souvent utilisé, et depuis longtemps, dans les programmes de physique-chimie, en France. Le générateur électrique est présenté en cinquième comme l'objet qui transfère de l'énergie électrique à une lampe ou un moteur ou un autre dipôle. Il est présenté uniquement d'un point de vue expérimental sans aucune interprétation. L'enseignement de l'électricité en cinquième permet de mettre en évidence l'importance de cette forme d'énergie dans la vie quotidienne, et doit être entièrement expérimental. Cette approche conduit à l'apprentissage des schémas normalisés, de nouveaux dipôles (par rapport à ce qui était vu à l'école primaire), des notions de transfert et de conversion de l'énergie, la non-influence de l'ordre des dipôles dans un circuit série, la notion qualitative de résistance, le court-circuit, le sens conventionnel du courant (Id., p. 118). Ce n'est donc pas à ce niveau qu'une séquence historique sur la pile de Volta peut être introduite. Tout au plus, le professeur pourra signaler que la première pile a été inventée par Alessandro Volta, en Italie, et pour préciser la période, après la Révolution, en 1800.

En classe de quatrième, l'étude de l'électricité s'appuie sur des mesures d'intensité, de tension et de résistance. La loi d'Ohm est abordée. L'intensité et la tension sont présentées comme deux grandeurs issues de la mesure. L'élève est donc familiarisé avec l'ampèremètre et le voltmètre. En particulier, il apprend à identifier les bornes d'une pile, et mettre en évidence la tension entre ses bornes en circuit ouvert. Il apprend à vérifier l'additivité des tensions dans un circuit série fermé. Éventuellement, selon les questions des élèves, la seule approche historique reste factuelle, comme en cinquième. On peut présenter la façon dont la pile a été construite, la tension à ses bornes en circuit ouvert, puis en circuit fermé. L'additivité des tensions série (addition des tensions élémentaires des constituants de la pile), la polarisation de la pile (ses deux bornes n'ont pas les mêmes propriétés), la diminution de la tension aux bornes de la colonne lorsque l'on a retourné une dizaine d'éléments, permettent de faire comprendre l'orientation unique de la tension électrique ou son algébrisation. La justification du mot "pile" utilisé en langue française peut être donnée à cette occasion: la pile de Volta résulte d'un nombre quelconque d'éléments simples et semblables posés les uns par-dessus les autres, toujours dans le même ordre, formant justement une "pile" d'éléments. Le programme officiel suggère de présenter les travaux de Volta dans ce contexte (Id., p. 128).

En classe de troisième, l'approche de l'énergie chimique fait référence à la pile électrochimique: *comment une pile peut-elle être source d'énergie?* (Id., p. 137). L'élève apprend que les espèces chimiques présentes dans une pile contiennent de

l'énergie chimique dont une partie est transférée sous d'autres formes d'énergie lorsqu'elle fonctionne. Il apprend aussi que l'énergie chimique mise en jeu dans une pile provient d'une réaction chimique: la consommation de réactifs entraîne "l'usure" de la pile. Au terme de cet apprentissage, l'élève doit être capable de réaliser, décrire et schématiser la réaction entre une solution aqueuse de sulfate de cuivre et de poudre de zinc. Éventuellement, si le niveau de la classe l'aura permis, il peut savoir interpréter l'échauffement du milieu réactionnel comme le résultat de la conversion d'une partie de l'énergie chimique des réactifs en énergie thermique. Cette dernière capacité n'est pas dans le socle commun. Pour illustrer cet enseignement, il est proposé une activité expérimentale en deux étapes. Il s'agit d'étudier la réaction entre les ions cuivre (II) et le zinc, tout d'abord par contact direct de la poudre de zinc et de la solution de sulfate de cuivre (II) avec mise en évidence de l'échauffement, puis en plongeant une lame de zinc et une lame de cuivre dans une solution de sulfate de cuivre. Attention, la notion de couple oxydo-réducteur est absolument hors programme. Des recherches documentaires sont proposées sur l'invention de la pile électrochimique, les constituants d'une pile du commerce, l'existence de plusieurs modèles de piles (pile saline, alcaline, à combustibles). Une approche historique peut être ainsi utilisée de façon approfondie en troisième, sur les piles et les ions.

Il a donc été proposé dans le *Document d'accompagnement* un document pour le professeur et un document pour l'élève sur la pile de Volta.

Le document pour le professeur (assez long) donne l'histoire de l'invention de cette pile, en la replaçant dans le contexte scientifique de l'époque, en rappelant les enjeux aussi. Les sources bibliographiques utilisées pour la rédaction de cet article sont également indiquées, afin que les professeurs voulant aller plus loin puissent s'y référer. Elles sont ici données en annexe.

Outre la lettre originelle de Volta, deux sources ont, en particulier, permis de renouveler l'approche classique que les manuels de physique-chimie donnaient toujours en France. Il s'agit de la biographie de Volta écrite par Giuliano Pancaldi, rééditée en 2005, et de la publication des cours de l'École normale de l'an III, qui permet de saisir ce que la communauté scientifique française considérait comme important dans l'avancée de la science de l'électricité juste avant l'invention de la pile. D'autres sources ont été consultées comme le mémoire de William Nicholson de 1797 lançant le défi d'inventer un appareil qui reproduirait les décharges électriques du poisson torpille, défi auquel Volta répond magistralement en 1800, dans une Europe traversée par les guerres depuis plusieurs années. Plusieurs articles de recherche en histoire des sciences ont également été consultés pour réaliser ce document pour le professeur. Les écrits de Christine Blondel, historienne de l'électricité, ont aussi apporté des informations.

Le document pour l'élève est constitué d'extraits de la lettre de Volta à sir Joseph Banks, président de la Royal Society, et datée du 20 mars 1800, à Côme en Milanois. Cette lettre est écrite en français. Elle donne toutes les indications pour réaliser un appareil reproduisant "l'organe électrique naturel de la torpille", et que Volta nomme "l'organe électrique artificiel". Il est fortement conseillé d'accompagner ce texte d'une expérience réalisant la "pile de Volta". Le document pour l'élève est suivi de six questions sur le texte.

Ces documents ont été réalisés au printemps 2006. Ils ont fait l'objet d'une présentation en stage de formation des enseignants le 10 mai 2006. Ils ont été lus et commentés, voire amendés par le groupe d'experts chargés d'établir le document d'accompagnement.

L'EXPÉRIENCE COMME SUPPORT DE LA SÉQUENCE HISTORIQUE

Le générateur électrochimique est aussi étudié au lycée, en classe de première scientifique et en terminale scientifique. En première scientifique, il est un élément du programme de physique, en terminale scientifique, il fait partie du programme de chimie, comme exemple de système hors équilibre. J'ai présenté l'expérience de la pile de Volta en 2006 et 2007 dans ces deux classes, avec l'extrait de texte donné en annexe I, mais sans les questions. Toute l'étude a été orale et interactive, s'adaptant aux propositions successives des élèves. Au printemps, l'équipe scientifique de mon établissement a réalisé un film de cette expérience. En effet, la mise en œuvre de la séquence est assez lourde, et tous les enseignants n'ont peut-être pas les moyens ni le temps de la réaliser. Le film d'environ quatorze minutes présente uniquement l'expérience, décomposée en séquences indépendantes. Il n'y a aucune interprétation, ce qui permet de l'utiliser au collège comme au lycée. Certaines séquences paraissent longues, mais elles laissent le temps au professeur d'expliquer certains détails et aux élèves de poser en direct des questions. Le professeur peut choisir de présenter une ou quelques séquences de ce film selon le niveau de ses élèves ou l'objectif de l'activité pédagogique envisagée. Le film ne suffit pas en soi. Il n'est qu'un support pédagogique qui doit nécessairement être précédé, puis accompagné, et suivi d'explications. Il entre dans le processus d'une démarche d'investigation dont la liberté d'expression est laissée à l'initiative du professeur, et adaptée selon le niveau de la classe et l'objectif du programme.

Les séquences sont indépendantes. La séquence I présente la construction de la pile dite de Volta avec un matériel ancien, classique dans les lycées.

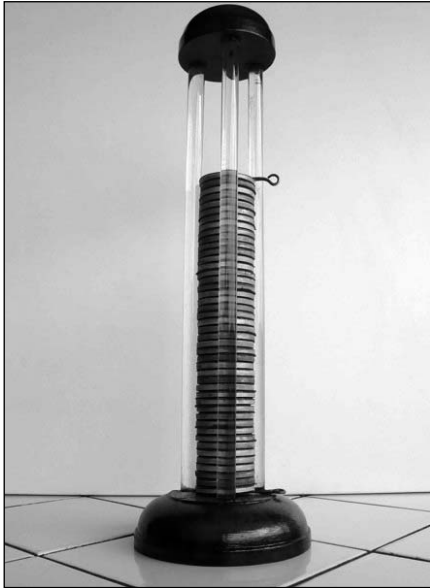


Photo 1: la colonne de Volta, dans un établissement français (Photographie www.iconomust.com)



Photo 2: Disposition des couples (photographie www.iconomust.com).

Cette colonne de Volta était toujours présentée aux élèves comme objet, mais très rarement mise en fonctionnement. Elle est constituée d'un empilement d'éléments formés par une rondelle de cuivre et une rondelle de zinc accolées.

Deux rondelles sont séparées par un morceau de drap. Le premier et le dernier couple Cu/Zn comportent chacun un anneau d'accrochage pour les fils de jonction. La succession des éléments est donc Cu/Zn/drap/Cu/Zn/drap/Cu/Zn/drap/etc/Cu/Zn. Grâce aux connaissances actuelles, nous savons que la première rondelle de cuivre n'a qu'un rôle de jonction, ainsi que la dernière rondelle de zinc. Les éléments constitutifs de la pile sont donc pour l'ordre ici présenté: Zn/drap/Cu, le pôle (-) étant le zinc, le pôle (+) étant le cuivre. Naturellement, la pile peut être montée avec le premier couple dans le sens Zn/Cu. Il suffit de respecter l'ordre d'empilement. Pour Volta et les premiers successeurs, l'action électrique ne s'effectuait qu'entre les métaux cuivre et zinc, et le drap humidifié ne servait que de jonction. Nous savons qu'il n'en est pas ainsi. Le fait d'accoler les deux métaux de façon définitive rend difficile la compréhension immédiate de l'objet. Aujourd'hui, la pile Volta fournie par les fabricants de matériel pédagogique est constituée de rondelles de cuivre et de zinc indépendantes.

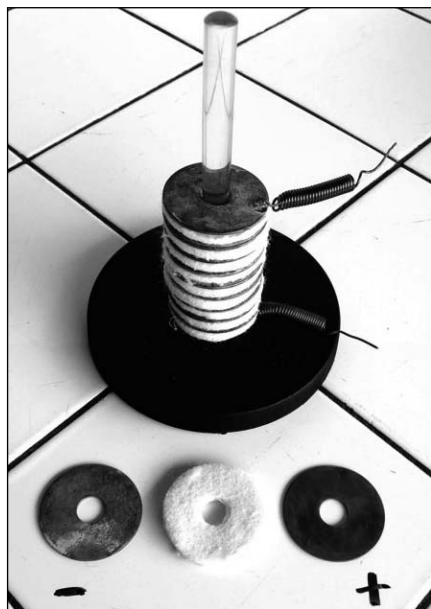


Photo 3: Une pile de Volta moderne (photographie www.iconomust.com)

Le montage doit donc être légèrement différent. Il suffit de commencer par une rondelle de cuivre par exemple, d'ajouter un drap, puis une rondelle de zinc sur laquelle on ajoute une rondelle de cuivre puis un drap puis un zinc puis un cuivre puis un drap, etc. La façon dont la pile est montée, une fois comprise, permet son utilisation sans difficultés.

L'expérience réalisée devant les élèves demande des pré-requis comme la connaissance de l'usage du voltmètre et de l'ampèremètre. Car bien sûr, on ne peut, comme Volta, utiliser sa langue, sa main et un baquet d'eau pour le plaisir de se donner des chocs électriques. L'expérience doit se faire en toute sécurité, et convaincre; il est nécessaire pour cela d'utiliser des appareils à grand affichage visible de toute la classe.

La colonne ainsi montée compte environ 45 couples Cu/Zn. Une mesure de tension à ces bornes donne une valeur nulle (séquence 2.1). La colonne est ensuite entièrement immergée dans une solution de chlorure d'ammonium à une mole par litre pendant environ une minute, retirée et époncée (séquence 2.2). Puis la tension est mesurée aux bornes de la colonne humide (séquence 2.3). Une inversion des fils de connexion du voltmètre donne une tension négative (séquence 2.4). L'additivité des tensions élémentaires (Cu/drap/Zn), toutes égales, est aussi vérifiée (séquence 2.5). Le retournement d'une dizaine de couples Cu/Zn permet de vérifier que la tension est une grandeur orientée (séquence 2.6).

La séquence 3 présente un circuit fermé associant la colonne, une résistance et un ampèremètre. La pile débite, la tension à ses bornes baisse considérablement. En cir-

cuit ouvert, un tapotement sur la colonne lui redonne sa tension à vide primitive. C'est ainsi que Volta pouvait écrire que comme le poisson torpille, son appareil retrouvait sa capacité d'action primitive. Les séquences 2 et 3 sont accompagnées de commentaires citant Volta, paraphrasant en fait la lettre de Volta, expliquant chaque situation présentée dans l'action.

La séquence 4 est pour le professeur. Elle présente la pile obtenue auprès d'un fabricant de matériel pédagogique.

Une séquence présentant la pile de Volta peut être préparée auprès des élèves en leur demandant d'effectuer, au préalable, une recherche pédagogique sur Volta, sa vie et ses travaux. La consultation sur internet leur donnera à la fois des détails biographiques et des schémas. Un questionnement en classe préalable à l'expérience permet de vérifier les pré-requis nécessaires (en électricité), et de faire le tour sur ce que les élèves ont réuni comme informations sur Volta. La mise en ordre effectuée, les hypothèses émises sur les conditions et la nature de l'expérience, le professeur peut effectuer l'expérience.

Ce n'est qu'après avoir fait cette expérience, et l'avoir exploitée que l'on peut étudier un extrait de la lettre de Volta, qui, en particulier, révèle les conditions exactes de l'invention de Volta (le baquet d'eau comme élément de jonction dans le circuit, la main dans l'eau, une lame de connexion dans la main, ou la bouche, etc.), ce qui sera l'occasion de sourires et de commentaires, et aussi pour le professeur l'occasion de quelques recommandations de sécurité.

J'avoue que j'ai eu beaucoup de plaisir à lire Volta et à effectuer l'expérience en le suivant mot à mot, toute sécurité prise.

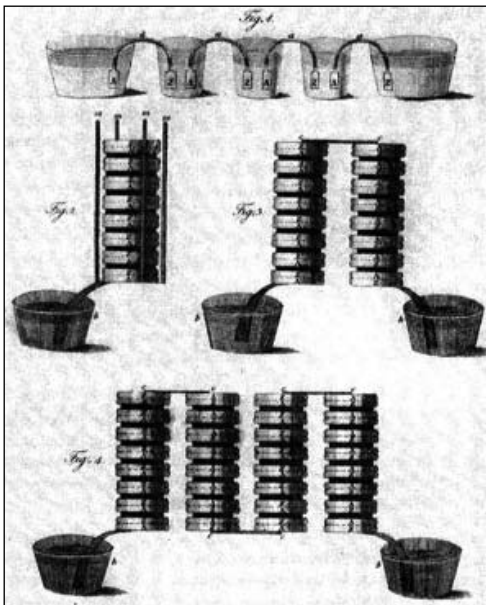


Photo 4 : Dispositif de Volta in Philosophical Transactions (1800), part II, p. 431.

QUELLE HISTOIRE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES AU COLLÈGE? ET COMMENT L'ENSEIGNER?

Cela fait maintenant 28 ans que j'introduis ce que l'on nomme la dimension historique, dans mon enseignement de physique-chimie, au collège comme au lycée. Cette longue pratique fait que l'histoire des sciences et des techniques et la science elle-même se coulent l'une dans l'autre, au grand plaisir des élèves. Néanmoins, on peut, à la lumière de cette pratique, définir un certain nombre de critères ou de formes pour l'introduction en physique-chimie, dans l'enseignement secondaire, des éléments d'histoire des sciences. Voici ci-dessous un choix de propositions.

Une culture scientifique

Il est toujours surprenant d'entendre des élèves nous dire que les sciences physiques sont abstraites. La danse des lois et des formules, l'assistance passive à une succession d'expériences rendent souvent notre discours incompréhensible pour beaucoup de nos élèves dont les préoccupations sont très loin des événements qui se déroulent en classe. Les élèves apprennent souvent leurs leçons et les techniques de démonstration par cœur. Une façon de les intéresser et de marquer leur mémoire est de susciter leur curiosité intellectuelle, leur interrogation devant ce que nous devrions présenter aussi comme une aventure humaine, leur émerveillement devant une expérience simple mais riche de questions et de propositions. Cette "aventure scientifique", digne d'intérêt, renvoie directement à soi.

Au delà de la curiosité, il y a la culture, pour celui qui désire approfondir davantage ou qui se pose des questions quant à la source de nos connaissances dans ce domaine. Avec une dimension historique, la science à apprendre devient plus proche, plus accessible, plus compréhensible, plus nécessaire. On comprend mieux sa présence dans le quotidien, son rôle dans la société, et pour chacun, ne serait-ce qu'au point de vue de la santé, de l'alimentation, de la sécurité et de l'énergie. L'histoire des sciences et des techniques permet de comprendre en grande partie l'évolution de la société humaine, et plus particulièrement le destin du monde occidental, et l'influence que son mode de vie a eu sur la planète, à l'heure de la globalisation. Elle aura son rôle dans la prise en compte de l'environnement. Ces divers aspects dépassent le cadre de l'enseignement des sciences physiques, et pourraient être abordés dans un travail ou des échanges pluridisciplinaires.

Il ne s'agit pas d'ajouter à notre enseignement scientifique un enseignement d'histoire, mais d'illustrer quelques aspects de notre programme par un certain nombre d'informations. Celles-ci éclairent le fait ou la loi elle-même, mais aussi des définitions, des constructions logiques que l'élève trouve souvent trop "abstraites", dit-il.

Le professeur de physique-chimie n'est pas historien, rétorquera-t-on. Bien sûr, et

il n'est pas question de le transformer en historien. Mais il aura lu ou possédera dans sa bibliothèque une *Histoire générale* des sciences, même modeste, qui lui donnera déjà quelques repères, autant chronologiques, géographiques, sociétaux, que conceptuels. Il s'agit pour lui de s'approprier d'abord quelques notions qui, il s'en apercevra rapidement, simplifient la chose à enseigner et la lui font comprendre plus intimement. Souvent en revenant aux sources d'une découverte ou d'une invention, l'explication qu'en donne son auteur apparaît plus claire que celle donnée par les commentateurs ou les successeurs; mais il est nécessaire, pour cela, d'accepter d'entrer dans le processus de connaissance du savant ou de l'ingénieur.

Par petites injections

La première approche est donc de procéder par *petites injections* dans le cours lui-même, comme un interlude ou une incidente dans le discours pédagogique. Cette activité est comme une pause dans le discours plus austère de la démonstration. Il s'agit de donner un nom, un lieu, une date, de préciser une circonstance qui permet de mieux comprendre le fait scientifique étudié. Cette première approche, relativement aisée, permet aussi au professeur d'acquérir peu à peu sa propre culture historique, adaptée à son enseignement, tout en préparant son cours. En effet, cette connaissance personnelle se construit par petites touches, au fur et à mesure de la succession des items des programmes. En nous appuyant sur ces derniers, émettons quelques réflexions sur la découverte scientifique et la méthode scientifique que l'on peut exposer aux élèves.

Du rôle du hasard...

Ce qui frappe, c'est souvent l'aspect inattendu ou accidentel de la découverte. J. Jacques (1990) cite d'ailleurs un certain nombre de ces découvertes fortuites. Dans son *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Claude Bernard écrit: "Le savant complet est celui qui embrasse à la fois la théorie et la pratique expérimentale. 1° Il constate un fait; 2°, à propos de ce fait, une idée naît dans son esprit; 3°, En vue de cette idée, il raisonne, institue une expérience, en imagine et en réalise les conditions matérielles; 4°, De cette expérience résultent de nouveaux phénomènes qu'il faut observer, et ainsi de suite".

Ainsi, dès leur découverte faite, ces savants ont-ils su mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de déterminer les caractéristiques du phénomène observé, et de l'exploiter. Pourquoi alors, tous les expérimentateurs ne font-ils pas les mêmes observations, pourrait demander un élève? Certains savants attendent un résultat prévisible et ne sont pas préparés à voir autre chose. L'inattendu est alors considéré comme une erreur. D'autres – et c'est leur génie – ont l'esprit plus souple, devant un aspect nouveau de leur expérience. La curiosité fait le reste, et l'enchaîne-

ment logique des idées leur permet d'expliquer le phénomène nouveau. Ainsi, intuition et logique s'allient de façon heureuse.

Claude Bernard le dit ainsi: "Les hommes qui ont une foi excessive dans leurs théories ou dans leurs idées, sont non seulement mal disposés pour faire des découvertes, mais ils font aussi de très mauvaises observations. [...] C'est ce qui nous a fait dire ailleurs qu'il ne fallait jamais faire des expériences pour confirmer ses idées, mais simplement pour les contrôler" (Ib.). Le XX^e siècle a apporté des outils théoriques et technologiques d'investigation qui permettent dans certains cas de confirmer non une idée mais une théorie très élaborée. Néanmoins, ce texte du grand savant garde une portée universelle qui dépasse le cadre de la biologie (Gmerk, 1997).

... à l'introduction d'une technique, d'une philosophie ou d'une théorie nouvelles...

D'autres savants sont arrivés à une découverte importante dans un champ qui n'était pas celui de leur formation (Pasteur chimiste et la vaccination par exemple). Ils y apportent des méthodes novatrices, et font des découvertes originales.

L'introduction d'un instrument nouveau joue aussi un rôle de tout premier plan. Rappelons l'utilisation de la lunette d'approche par Galilée qui en fit une lunette astronomique pour observer le ciel, avec les conséquences que l'on sait; ou encore l'invention du microscope par Leeuwenhoek qui permit la découverte de microorganismes.

D'autres encore partent au contraire d'une idée philosophique qui étayera leurs travaux. Marcelin Berthelot veut montrer que la synthèse d'une molécule organique à partir des corps simples minéraux rend le concept de "force vitale" tout à fait inutile.

Enfin, l'utilisation judicieuse et audacieuse d'une hypothèse heuristique permet une avancée considérable. Antoine Lavoisier renouvelle l'approche des réactions chimiques avec la conception de la conservation de la masse totale d'un système réactionnel clos.

L'audace contre la routine

Certaines découvertes fondamentales ont exigé de leurs auteurs un courage intellectuel exceptionnel. Rappelons, la vaccination, les théories pastoriennes. Et saluons le courage exceptionnel de Marie Curie, qui obstinément dans des conditions matérielles éprouvantes, et souvent bravant l'hostilité de la communauté scientifique masculine qui l'entourait, a poursuivi pendant plus de dix ans l'extraction en quantité suffisante d'un sel de radium afin de prouver l'existence du nouvel élément. L'hostilité de la communauté scientifique, en effet, il fallut que son mari Pierre se batte pour que le nom de Marie soit associé au sien lors de la remise du prix Nobel de 1903.

Le cas le plus dramatique est celui d'Ignaz Semmelweis (1818-65), médecin autrichien qui, prônait l'antiseptie dans les hôpitaux pour lutter contre la fièvre puerpérale que les sommités de la médecine s'obstinaient à considérer comme non contagieuse. Il rencontra une hostilité si forte de la part de ses supérieurs qu'il perdit son pos-

te, fut interdit d'exercer et interné dans un asile d'aliénés où il mourut, sans voir le succès de ces efforts, à partir des années 1870.

Pour en revenir à un autre cas proposé au collègue, celui de Georg Simon Ohm, il révolutionna la physique allemande encore très empirique et spéculative par son approche mathématique d'inspiration française des phénomènes électrocinétiques. La reconnaissance vint très tard dans son pays. Ironie du sort, il ne fut pas reconnu en France.

Plus récemment encore, citons les prix Nobel 2005, Barry Marshall et Robin Warren qui identifièrent une nouvelle bactérie, *Helicobacter pylori*, présente dans le milieu acide de l'estomac, contredisant ainsi tout ce que la médecine affirmait alors. Ils montrèrent qu'elle est responsable d'un grand nombre d'ulcères.

La connaissance de la variété des circonstances des découvertes scientifiques ne peut qu'interpeller l'élève et, le renvoyant à lui-même, l'aider à prendre confiance dans ses propres capacités. Il nourrira sa pensée et acceptera plus facilement de s'essayer à des méthodes personnelles de travail plus fructueuses.

Introduire un texte extrait d'une source primaire

Une autre façon d'introduire l'histoire dans l'enseignement scientifique est de proposer un document original. Ce document original peut être extrait d'une œuvre du savant dont on parle, ou le texte d'un commentateur contemporain (article de presse ou de périodique scientifique par exemple) relatant cette découverte. Le document peut aussi être une image ou un schéma, ou dans le cas que nous avons développé, être accompagné d'une expérience.

Il ne peut être introduit que plus tardivement, après une préparation assez importante de la part du professeur. Dans ce cas, l'improvisation ne passe pas. Il n'est pas facile et même fortement déconseillé d'introduire un texte auprès d'élèves non sensibilisés, ou si le texte n'entre pas dans la continuité d'un processus pédagogique. Si le professeur arrive en classe en se disant "je vais étudier un texte historique avec mes élèves aujourd'hui" sans que celui-ci n'ait de lien avec la leçon en route ou à venir (rôle introductif de l'histoire), la proposition aura de fortes chances de tomber à plat. Pourquoi tout d'un coup le professeur a-t-il décidé de parler d'histoire des sciences ou des techniques? Est-ce qu'il faut apprendre cela? Serons-nous interrogés dessus? Etc.

Il faut donc introduire la nécessité du texte par un débat en classe qui part d'une observation commune familière aux élèves, ou de leurs idées préconçues sur tel ou tel phénomène, ou d'une expérience adaptée. La discussion qui s'engendre en classe, les questions suscitées, pourront trouver leur réponse à travers le texte préparé par le professeur, que ce dernier présentera au moment opportun. Ce texte ne doit pas être trop long, afin d'être discuté dans le détail en une seule séance. Il est impératif de ne pas terminer la séance sans conclure et (ou) tirer la synthèse du travail accompli. Il faut donc rester humble dans ses objectifs, afin d'être certain de tout faire.

Quelques pistes pour une préparation et une présentation d'une séquence historique en classe

1. Choisir judicieusement le texte, ou l'image, ou (et) établir une chronologie. Bien vérifier les sources, vérifier également la chronologie. Il existe suffisamment de dictionnaires, et plusieurs sites internet croisés permettent de trancher, de vérifier, sans perdre trop de temps.
2. Préparer une introduction orale à ce document. Le replacer dans un contexte historique élargi (localisation, périodisation, statut du document, et de son contenu, problème à résoudre éventuellement, et (ou) posé par la communauté des savants, ou au contraire phénomène tout à fait nouveau, etc., engendrant une rupture...).
3. Lire soigneusement le document, afin de préparer l'explication du vocabulaire, et donner des précisions sur tel ou tel aspect. Le texte doit être entièrement compris par les élèves du point de vue de sa syntaxe, de sa grammaire, et de son vocabulaire, avant d'aborder sa signification scientifique.
4. Élaborer une série de questions visant à faire ressortir le contenu du texte. Cette partie permet de vérifier que tous ont compris de quoi il s'agissait.
5. Analyser ensuite l'information (ou les informations) donnée dans le contexte de l'époque où le texte a été écrit, puis dans le contexte d'aujourd'hui. Cela donne lieu à interactivité, les élèves posent et se posent des questions, proposent des réponses qui sont débattues, le professeur servant de guide, d'arbitre et de régulateur.
6. Après une synthèse du contenu, conclure.

Le document peut être un test écrit en classe

Le texte est alors nécessairement très court, une dizaine de lignes environ. Il présentera un nombre limité d'informations à exploiter, mais significatives (on ne peut prétendre faire tout dire d'un texte). Les questions doivent d'abord porter sur la compréhension du texte et ensuite vérifier le lien des informations du texte avec les connaissances du programme étudié en classe.

Le professeur pourra, pour lui-même, procéder ensuite à une analyse rapide des réponses des élèves, sous forme d'un tableau EXCEL. Par exemple pour quatre questions, quatre niveaux de réponses (a: bien; b: moyen; c: mauvais; \emptyset : pas de réponse), soit 18 colonnes (nom/ 16 informations / bilan par ligne) pour n+2 lignes (en-tête / n élèves / somme). Ce tableau est une image synthétique de la réception par la classe de ce type de test. Son intérêt est évident quand il est dressé. Le professeur saura tout de suite si le texte a été compris et (ou) si ses propres explications ont été des meilleures, et bien sûr, réfléchira sur sa démarche dans le cas contraire. En tirant parti de ces résultats, le professeur comme les élèves trouvera là un moyen de progresser.

La parole est aux élèves

Le professeur pourra aussi susciter les questions des élèves sur des sujets historiques, et peut-être lancer une étude personnelle, une lecture à présenter en classe, un travail de recherche à la maison... C'est ainsi l'occasion de discuter sur la méthode scientifique ou de débattre sur les controverses scientifiques.

Indications bibliographiques

Quelques références sont données en annexe pour faciliter le travail des professeurs concernant l'introduction de la dimension historique dans l'enseignement physique-chimie, leur choix résulte en partie des connaissances personnelles de l'auteur de ce texte, et donc ne saurait être exhaustif.

CONCLUSION

Les réformateurs attendent beaucoup des nouveaux programmes, en particulier des thèmes de convergence, dont l'esprit et la structure présentent quelques similitudes avec le programme conduisant au *General Certificate of Secondary Education (GCSE)* britannique. L'approche par thèmes devrait mieux correspondre aux enjeux sociétaux aujourd'hui et à l'hétérogénéité des élèves, hétérogénéité principalement d'origine culturelle. Ces thèmes recouvrent des aspects de la vie sociale et personnelle qui ne peuvent laisser personne indifférent.

La difficulté principale réside dans l'organisation de l'équipe pédagogique pour élaborer ensemble le déroulement du thème sur les quatre années. Il est absolument indispensable que les enseignants apprennent à travailler ensemble, apportant chacun leurs propres connaissances, pour contribuer à l'éducation des élèves. Ce travail pluri- et interdisciplinaire impose des contraintes (perte d'une certaine autonomie, abandon de toute forme de dogmatisme, développement de l'interactivité avec ses collègues, acceptation de sa propre remise en question).

L'histoire des sciences et des techniques est dans cette ligne un élément fortement fédérateur, car elle n'appartient pas davantage à une discipline plutôt qu'une autre. Elle est par essence trans-, pluri- et interdisciplinaire. Elle est un champ à investir ensemble, au sein d'une équipe. Telle ou telle découverte a eu en général des liens avec plusieurs disciplines, et l'apport de chaque enseignant, par le regard particulier qu'il donne à l'histoire de cette découverte, contribue à une meilleure vue d'ensemble par l'élève. Dans l'exemple cité, les travaux de Volta sont indissociables des travaux de Galvani, et des recherches des anatomistes (pour la structure de l'organe électrique du poisson-torpille), et l'élargissement de la séquence proposée en SVT permettrait de mieux le comprendre.

Au lycée, des réformes sont aujourd'hui en cours. Par exemple, dans la série

Sciences et technologies de la santé et du social (ST2S), de très nombreuses entrées d'histoire des sciences et des techniques sont proposées (histoire des rayons X, de la radioactivité, de l'imagerie médicale, des sucres, de la glycérine, etc., voir <http://eduscol.education.fr>). Dans les futures réformes de la série générale, il y aura certainement renforcement de cette tendance.

Cet article n'a pas insisté sur les raisons pour lesquelles il faut introduire de l'histoire des sciences et des techniques dans l'enseignement scientifique secondaire. Ces raisons sont exposées et sans cesse reprises depuis au moins trente ans dans tous les colloques ou congrès nationaux ou internationaux. Les exemples d'application, directement utiles pour les enseignants, sont nettement moins nombreux. Il serait temps de travailler à leur plus grande production.

RÉFÉRENCES

- Bulletin officiel (BO) (2007). *Mise en œuvre du socle commun de connaissances et de compétences. Programmes de l'enseignement des mathématiques, des sciences de la vie et de la Terre, de physique-chimie du collège*. Hors Série, vol. 2, n. 6.
- Grmek, M. D. (1997). *Le legs de Claude Bernard* (Paris: Fayard).
- Jacques, J. (1990). *L'imprévu ou la science des objets trouvés* (Paris: Odile Jacob).
- Ministère de l'Éducation Nationale (MEN) (2006). *École et collège: tout ce que nous enfants doivent savoir. Le socle commun des connaissances* (Paris: Scérén, CNDP, Xo éditions).

ANNEXES

Annexe I

Invention de la pile par Volta en 1800 (Document pour l'élève)

«Je me fournis de quelques douzaines de petites plaques rondes ou disques, de cuivre, de laiton, ou mieux d'argent, d'un pouce de diamètre, plus ou moins, (par exemple, de monnoyes,) et d'un nombre égal de plaques d'étain, ou, ce qui est beaucoup mieux, de zinc, de la même figure et grandeur, à-peu-près; je dis à-peu-près, parce qu'une précision n'est point requise, et, en général, la grandeur, aussi bien que la figure, des pièces métalliques, est arbitraire: on doit avoir égard seulement qu'on puisse les arranger commodément les unes sur les autres, en forme de colonne. Je prépare en outre, un nombre assez grand de rouelles de carton, de peau, ou de quelque autre matière spongieuse, capable d'imbiber ou de retenir beaucoup de l'eau, ou de l'humeur dont il faudra, pour le succès des expériences, qu'elles soient bien trempées. Ces tranches ou rouelles, que j'appellerai disques mouillés, je les fais un peu plus petites que les disques ou plateaux métalliques, afin qu'interposés à ceux (sic), de la manière que je dirai tantôt, ils n'en débordent pas».

Volta rassemble donc les différentes pièces devant lui et les dispose comme il vient de le dire. Il constitue une colonne verticale en posant alternativement un disque de zinc, un disque d'argent, un disque mouillé, un disque de zinc, un disque d'argent, un disque mouillé, etc. On peut commencer par l'argent, il suffit de respecter l'alternance. Avec une vingtaine de couples, il peut charger un condensateur par un simple attouchement et lui faire donner une étincelle. La colonne donne une légère com-

motion lorsqu'on pose les doigts sur ses extrémités, et cela à chaque fois que l'on réitère les contacts, de la même façon qu'une torpille languissante continue à donner des coups. Cette commotion est d'autant plus forte que les doigts sont mouillés. Pour augmenter les commotions, Volta propose de relier le pied de la colonne au moyen d'un gros fil métallique à l'eau d'un récipient plein d'eau, dans lequel on plongera la main, dans le même temps que l'on touche le sommet de la colonne avec une lame métallique maintenue de l'autre main. Cette commotion peut engendrer une grande douleur. Volta fait remarquer que si on touche d'abord le dessus de la première paire de disques, en bas de la colonne, on ne ressent qu'un petit picotement, et celui-ci va en augmentant, au fur à mesure que l'on s'élève, en touchant successivement la deuxième paire, la troisième paire, etc., jusqu'à la dernière.

Il faut faire attention à ce que le contact humide entre chaque couple de métaux soit continu tout au long de la colonne. La chaleur favorise l'effet observé. On peut augmenter considérablement le nombre de paires de disques, l'effet sera multiplié d'autant, et deviendra plus fort que celui provoqué par le (poisson-) torpille.

On peut conserver le dispositif longtemps en veillant à garder humides les disques mouillés. On plonge tout le dispositif entier, sans démonter, dans l'eau, on retire, on essuie du mieux qu'on peut. Le mieux est d'enfermer toute la colonne dans de la cire ou de la poix. Le dispositif ainsi réalisé se conserve des semaines, Volta espère même des mois. Ces cylindres peuvent être utilisés debout, couchés ou même dans l'eau, la tête seulement dehors.

«À quelle électricité donc, à quel instrument, doit-il être comparé, cet organe [du poisson-] torpille, de l'anguille tremblante, etc.? à celui que je viens de construire, d'après le nouveau principe d'électricité que j'ai découvert il y a quelques années, et que mes expériences successives, surtout celles qui m'occupent maintenant, ont si bien confirmé, savoir, que les conducteurs sont aussi, dans certains cas, moteurs d'électricité, dans le cas du contact mutuel de ceux de différente espèce, etc. à cet appareil, que j'ai nommé **organe électrique artificiel**, et qui, étant dans le fond le même que l'organe naturel de la torpille, le ressemble encore pour la forme, comme j'ai déjà avancé». FIN.

(Alexander Volta, «On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds, in a letter to Sir Joseph Banks», *Philosophical Transactions*, 1800, part II, p. 403-431, avec une planche. Extraits p. 405-406, 417, 430-431).

Utilisation en classe et remarques

Le texte ci-dessus est long. Mais tout le mémoire de Volta est plaisant à lire. Il est difficile de faire des coupures. Une partie des commentaires en italiques peut être supprimée et remplacée par le commentaire oral du professeur (un document pour le professeur sur les travaux de Volta est donné dans le document d'accompagnement, et peut servir à préparer le commentaire oral).

Cette séquence peut être accompagnée d'une expérience réalisée en lisant (en suivant) le texte de Volta. On plonge réellement la colonne de Volta dans une solution de chlorure d'ammonium à 1 mol.L⁻¹. On utilise une grande boîte de conserve de cuisine (environ 40 à 50 cm de haut). On fait la démonstration devant les élèves. On égoutte dans un bac de laboratoire, on éponge un peu et on branche un voltmètre. On suit les explications de Volta. On atteint 25 à 30 volts, environ 0,8 volt par couple. On montre bien la croissance de la tension, sa polarité. On retourne une dizaine de couples on observe bien que la tension totale est moins forte, on descend le long de cette dizaine pour voir évoluer la tension. La tension lue correspond aux

commotions ou picotements de Volta. C'est moins romantique mais plus sécuritaire. L'effet sur les élèves est assuré.

Les questions ci-dessous ont été proposées par des professeurs de collège. L'une d'elles fait appel à Luigi Galvani. Or, il n'est pas besoin de faire appel à Galvani pour présenter ou expliquer l'origine de la pile aux élèves. La référence au texte de Nicholson est suffisante (voir les travaux de G. Pancaldi pour cela). Toute la séquence que je propose fait l'économie de cet aspect. La question posée par le professeur est donc maladroite, car rien dans le texte, ni dans la préparation de ce texte ne fait appel à cette information. La question n'a donc pas lieu d'être ici. Mais, la tradition historiographique est de toujours mettre en parallèle Galvani et ses travaux sur l'électricité animale et les travaux de Volta qui tendent à démontrer qu'elle n'existe pas, alors même qu'on présente l'invention de la pile. Cet enjeu dépasse largement ce que la séquence pédagogique présentée ici propose de faire, et ne peut être présenté à des élèves de collège dans le contexte du programme de physique-chimie. Dans le cas d'une interdisciplinarité avec les sciences de la vie et de la Terre, si dans cette dernière discipline on aborde l'influx nerveux, alors, cette comparaison est possible. Le professeur peut avoir eu l'occasion de parler de l'ensemble des travaux de Volta, donc avoir pu parler de Galvani. Mais trop d'informations pourrait troubler l'élève et rendre confus le propos. *On ne peut pas tout dire*. Il faut n'apporter que les informations qui éclairent le texte et permettre son appropriation par les élèves, à leur niveau. Ce n'est pas tant l'objet historique qu'il faut viser mais la compréhension par l'élève de l'essentiel de cet objet dans le déroulement de l'enseignement donné. Je transcris cependant cette question mais elle est en italiques.

Les questions posées sont très simples, et n'explorent pas suffisamment le contenu du texte. Il faut vérifier que la disposition proposée par Volta est bien comprise, demander aux élèves la suite des observations faites par Volta, poser une question sur la nécessité d'humidifier le dispositif, etc. Il serait aussi judicieux de faire une comparaison avec une pile d'aujourd'hui.

On voit ainsi qu'il n'est pas si facile d'introduire un texte original auprès des élèves. Cela demande un très gros travail de préparation, cela demande aussi beaucoup de temps en classe. La précipitation conduit au contraire de ce que l'on attend, on risque de l'incompréhension, voire un rejet. Le travail de préparation est tel qu'il n'est pas possible d'envisager de nombreuses séances d'étude de textes. Lorsque l'on a fait deux études, voire au maximum trois études de textes par an, il faut s'estimer heureux. La part la plus importante de la dimension historique passe sous la forme d'apports ponctuels tout au long de l'année.

Questions proposées par des professeurs de collège

1. Quel nom Volta avait-il donné à son invention?
2. Quels métaux Volta conseille-t-il d'utiliser pour fabriquer cette pile?
3. Que ressent-on lorsqu'on touche avec les mains chacune des extrémités de la pile de Volta?
4. Pourquoi a-t-on appelé «pile» l'invention de Volta?
5. *Pour construire sa pile, Volta s'est inspiré des travaux d'un médecin italien, Luigi Galvani: qu'avait observé Galvani?* [question qui ne peut avoir sa place dans cette séquence. Voir ci-dessus]
6. En 1801, Volta vint présenter sa pile en France: par quel chef d'état fut-il reçu?

Sources bibliographiques

Blondel, Ch. (1994). *Histoire de l'électricité* (Paris: Explora, Cité des sciences et de l'industrie, Pocket sciences).

- Blondel, Ch. (1987). L'électricité et le magnétisme au XIX^e siècle. In J. Rosmorduc (dir.) *Histoire de la physique*, t. 1, *La formation de la physique classique* (Paris: Éd. Lavoisier, Tec & Doc), 185-215.
- Guillerme, A. (2001). L'électricité dans ses premières grandeurs (1760-1820). *Revue d'histoire des sciences*, 54(1), 5-9.
- Pancaldi, G. (2005). *Volta, science and culture in the age of enlightenment* (Oxford and Princeton: Princeton University Press).
- Guyon, É. (dir.) (2006). *L'École normale de l'an III, Leçons de physique, de chimie, d'histoire naturelle: Haüy, Berthollet, Daubenton* (Paris: Éditions de l'École Normale de la rue d'Ulm).
- Revue du Palais de la Découverte* (1976). L'électrostatique, numéro spécial 6.
- Nowakowski, C. & Roux, A. (1994). *Histoire des systèmes de télécommunication* (Paris: Éd. Lavoisier Tec & Doc).

Annexe 2

Quelques références bibliographiques générales pour les professeurs de l'enseignement secondaire

1. Les titres ci-dessous proposent des exemples d'application en classe, non spécifiques à un niveau donné, mais ils seront utiles – outre pour la contribution à la culture personnelle de l'enseignant – pour les informations sur les méthodes à suivre pour introduire l'histoire des sciences et des techniques en classe. La collection *Textes et documents pour la classe* ou le *BUP* (Bulletin de l'UDPPC) présentent aussi un certain nombre d'articles sur l'introduction de l'histoire des sciences et des techniques en classe. La liste n'est bien sûr pas exhaustive.

Djebbar, A., Gohau, G. & Rosmorduc, J. (coord.) (2006). *Pour l'histoire des sciences et des techniques* (Paris: Scérén-CNDP, Hachette Éducation).

Barbin, É. (coord.) (2003). *La pluridisciplinarité dans les enseignements scientifiques: 1^{er} tome, Histoire des sciences* (Caen: Scérén-CRDP Basse-Normandie).

Rosmorduc, J. (dir.) (1997). *Histoire des sciences et des techniques*. Actes du colloque de Morgat du 20 au 24 mai 1996 (Rennes: CRDP de Bretagne).

Sonneville, M. & Fauque, D. (1997). *La gravitation* (Paris: CNDP), reste très utile pour la méthode de présentation d'un texte historique en classe, et les conseils généraux.

Scheidecker, M. & Laporte, G. (1996). *Textes historiques et modélisation en physique-chimie, 1 – La réactivité chimique* (Nice: IUFM). Reste d'actualité pour la méthode innovante proposée.
2. Avoir sous la main une ou deux chronologies permet de gagner aussi beaucoup de temps:

Rosmorduc, J. (1997). *Chronologie des sciences et des techniques* (Rennes: CRDP de Bretagne).

Wahiche, D. (dir.), (1997). *Chronologie d'histoire des sciences* (Paris: Larousse). Vaste tableau synoptique.

Annexe 3

Historique de l'introduction d'éléments d'histoire des sciences et des techniques dans l'enseignement scientifique secondaire français

Aujourd'hui, un enseignement d'histoire des sciences et des techniques est assuré, d'un côté, à l'université et en formation initiale pour les futurs enseignants dans les Instituts universitaires de formation des maîtres (IUFM). D'un autre côté, les programmes scientifiques des lycées et des collèges, font de plus en plus appel à l'histoire des sciences et des techniques. Pour arriver à cela, il a fallu s'engager avec constance durant plus d'un quart de siècle. Sans remon-

ter aux grands maîtres, comme Paul Langevin, qui déjà demandait qu'un tel enseignement soit constitué, penchons-nous seulement sur les trois dernières décennies.

1. La demande de la communauté scientifique et des enseignants

La Société française d'histoire des sciences et des techniques (SFHST), nouvellement créée en 1980, a organisé une première rencontre nationale à Nantes, les 9-10 octobre 1980, sur le thème de l'enseignement de l'histoire des sciences aux scientifiques (les techniques viendront plus tard). Il s'agissait de faire le point sur l'enseignement donné à l'université comme option dans les DEUG scientifiques depuis trois ou quatre ans. Cet enseignement posait alors des problèmes de curriculum, d'organisation et d'articulation en amont (histoire des sciences dans le secondaire) et en aval (licence et maîtrise, troisième cycle d'HS). Les réformes de l'enseignement des années 1960 avaient gommé toute appréciation du déroulement historique des disciplines (mathématiques et sciences de la vie et de la Terre), et leur impact social était ignoré. À la fin des années 1970, on observait une volonté manifeste d'intégration de l'histoire des sciences et des techniques (HST) dans l'enseignement scientifique, dans beaucoup d'établissements secondaires. Les instituteurs aussi y étaient sensibles et demandaient une formation en conséquence. Jacques Roger, alors président de la SFHST, écrivait: «Jamais, sans doute, l'histoire des sciences et des techniques n'a suscité autant d'intérêt en France» (Roger, 1980, p. 1). L'envahissement de la science et de la technique, l'évolution de nos modes de pensée, le bouleversement épistémologique des sciences depuis cinquante ans, ont suscité cette demande. En conséquence, des groupes de recherches se sont formés en France pour étudier le phénomène scientifique et technique. Comme il y avait peu d'enseignements organisés, ces derniers étaient constitués principalement d'amateurs et d'autodidactes en histoire des sciences. La discipline restait marginale en sciences et même en philosophie où elle était le mieux enracinée. Elle n'avait pas d'existence autonome ni au CNRS, ni dans les sections du Conseil supérieur des corps universitaires (CSCU). Sa situation était celle d'une discipline en plein développement intellectuel qui se heurtait à la pesanteur des mentalités, à la structure administrative où elle n'avait pas sa place. Bien sûr, un enseignement séparé d'HST était inenvisageable jusqu'au baccalauréat. Il fallait donc s'orienter vers la formation des maîtres dans ce domaine (Rosmorduc, 1980, p. 11).

Au Congrès de la SFHST à Poitiers (2004), la session «Histoire des sciences et des techniques et enseignement» sous la responsabilité de D. Fauque et H. Gispert, a posé le problème: «Enseigner l'histoire des sciences aujourd'hui», au cours d'une table ronde. Celle-ci réunissait des formateurs exerçant majoritairement en IUFM. Pour tous, l'enseignement de l'HST n'apparaît pas nécessaire pour enseigner les sciences, mais peut aider à comprendre la démarche scientifique. Pour les professeurs stagiaires, l'application directe en classe de l'enseignement reçu en IUFM est privilégiée. Pour les professeurs titulaires, elle est source d'un enrichissement personnel, elle permet de prendre du recul vis-à-vis du contenu disciplinaire. Mais on s'aperçoit en fait que l'HST est très peu utilisée en classe si ce n'est sous forme de dates et d'anecdotes. On est loin des idées des concepteurs des programmes.

Cette table ronde (la séance, très animée, s'est révélée trop courte en regard des enjeux révélés), qui a permis de faire émerger des besoins communs, a fait naître la nécessité d'approfondir le débat, et donc de se réunir à nouveau, ce qui fut fait à Montpellier en mai 2005, puis à Antony en 2006, à Caen en 2007.

2. Enseignement de l'HST et formation des enseignants

La nécessité de l'introduction de cet enseignement est apparue d'abord par la demande qui en a été faite. Plusieurs enseignants de sciences, en particulier, ont désiré mieux comprendre le processus de création et d'élaboration du fait scientifique. Cette demande a induit des actions à plus haut niveau menée entre autres par des gens comme J. Rosmorduc, alors enseignant à l'Université de Brest, et Hubert Gié, inspecteur général de sciences physiques.

Depuis, de très nombreuses journées de formation ont été organisées dans les différentes académies avec des fortunes diverses. Corrélativement les Instituts de recherche en enseignement des mathématiques (IREM) ont fourni un travail considérable pour la formation des maîtres en histoire des mathématiques, ils ont même abrité quelques formations en histoire des autres disciplines scientifiques. De nombreux enseignants se sont aussi lancés dans la préparation d'une thèse, parfois alliée à la didactique des disciplines. En particulier, cette formation est donnée au sein du Laboratoire Interuniversitaire de Recherche sur l'Enseignement des Sciences et des Techniques (LIREST) depuis de nombreuses années.

Les besoins en formateurs en histoire des sciences et des techniques se sont accrus avec la création des postes dits Lecourt à l'université, à la fin des années 1990, sous le ministère Allègre. On se souvient aussi des grandes enquêtes lancées par Claude Allègre en 1998, auprès des professeurs de physique-chimie des lycées. L'enquête menée auprès des professeurs de physique-chimie de onze académies révélait que l'histoire des sciences est une des disciplines nécessaires à la culture commune des élèves mais absentes de l'enseignement (Gaudemer, 1998, p. 58). Le rapport de synthèse de la journée qui a clôturé les travaux de cette commission (Bordeaux, 1^{er} avril 1998), souligne le rôle de l'HST dans la formation de l'élève, et ajoute que l'histoire des sciences et des techniques doit faire partie intégrante de la formation des maîtres (Gaudemer, 1998, p. 3).

Le rapport final, sous la présidence de Philippe Meirieu, objet du colloque de synthèse de Lyon, le 11 mai 1998, précise clairement que les disciplines scientifiques et technologiques contribuent à la culture commune (Id., p. 89), et souligne la nécessité d'une coopération entre les disciplines (Id., p. 94). Mais l'histoire des sciences et des techniques ne semble pas apparaître dans ce rapport. Cependant, depuis, l'institutionnalisation de l'enseignement de l'HST a avancé.

3. Rencontres internationales

Le fait que l'histoire des sciences et des techniques contribue à la culture moderne est accepté et défendu par un grand nombre de pays. Son enseignement et sa diffusion étaient déjà fortement recommandés dès la Libération. Dans la première conférence générale de l'UNESCO, en 1946, il a été souligné l'importance de l'histoire des sciences «projet d'importance cardinale pour l'histoire de la culture humaine» (Cortesao, 1948, p. 29; Fauque, 2002, p. 53). Dans le même temps en Grande-Bretagne, des discussions analogues se tenaient au sein de la British Society for the History of Science (BSHS) créée en 1947. Le problème de l'enseignement de l'histoire des sciences à l'école est soulevé à chaque rencontre (BJHS, 1997).

Les préoccupations des chercheurs français des années 1980 étaient aussi celles des chercheurs étrangers. Sans être exhaustif, citons quelques actions. Celle de Fabio Bevilacqua à Pavie tout d'abord. Dès 1983, une réunion internationale s'est tenue à Pavie sur le thème «Using history of physics in innovatory physics education» coorganisée par F. Bevilacqua et P. J. Kennedy de l'Université d'Édimbourg. L'esprit de ce colloque était bien dans la mouvance des idées de l'UNESCO, et de l'IUHPS (Union internationale d'histoire et de philosophie des sciences), esprit

repris par plusieurs groupes de recherches dans le monde, qui tendait à promouvoir une nouvelle façon d'enseigner les sciences. On s'est référé aux travaux de Georges Holton et au Project Physics Course (PPC), etc. Un public nombreux venant de plusieurs continents est venu partager ses expériences et débattre (Bevilacqua, 1983). En 1986, les rencontres se sont poursuivies à Munich, au Deutsche Museum, pour le public européen cette fois (Thomsen, 1986), puis en 1988, à Paris, à la Cité des sciences et de l'industrie (Blondel, Brouzeng, 1988). Une dernière rencontre de ce groupe, formé en 1983, a eu lieu à Cambridge en 1990, mais n'a pas donné lieu à la publication d'actes. Au cours de ces différentes rencontres, la notion de «small injections» proposée par Silvana Galdabini (Milan) a rencontré un certain écho. Il ne s'agit pas d'organiser au niveau du secondaire un enseignement spécifique d'histoire des sciences et des techniques mais à l'occasion de telle ou telle notion d'introduire des éléments d'histoire des sciences et des techniques. Cette proposition reflétait bien le bilan des observations des différents enseignants qui avaient déjà depuis plusieurs années tenté d'introduire de l'histoire des sciences dans leur enseignement scientifique. Depuis le début des années 1990, un grand nombre de pays a développé les rencontres autour du thème de l'introduction d'une dimension historique dans les curricula.

En Italie, l'Associazione per l'insegnamento della fisica (AIF) a consacré un numéro de son périodique trimestriel à la place que l'histoire de la physique occupe dans la didactique de la physique (AIF, 1995).

En 1998, Claude Debru réunissait à Strasbourg, un grand nombre de chercheurs et d'enseignants. Ce congrès était organisé conjointement par l'université Louis Pasteur et la division d'histoire des sciences de l'Union internationale, sous l'égide de l'Union des académies européennes (All European Academies ou ALLEA), sur une proposition de Paul Germain, de l'Académie des sciences. Il a donné lieu à une publication par la Commission européenne en 1999 (Debru, 1999). Ce panorama très varié de l'enseignement de l'histoire des sciences dans le monde permet de se rendre compte de la place que prend l'HST dans la société actuelle, mais a laissé plusieurs participants sur leur faim. Trop de rapports n'exposent que des intentions ou des considérations très générales, peu témoignent d'une véritable réflexion née d'une pratique effective de cet enseignement en particulier aux niveaux précédents l'université. L'enseignement de l'histoire des sciences y apparaît déjà comme assez académique et la discipline trop centrée sur elle-même. En allant plus loin, il apparaît que l'enseignement des sciences est lui-même à transformer. Plaquer un enseignement traditionnel d'histoire des sciences à côté d'un enseignement traditionnel des sciences ne changerait probablement rien quant à la compréhension du phénomène scientifique et de son rôle dans la société d'aujourd'hui. Néanmoins, cette rencontre a permis de souligner l'unité des questionnements dans le monde occidental, questionnements dont les réponses tardent souvent, faute de moyens et peut-être de volonté politique, à émerger.

La commission européenne chargée des affaires culturelles a développé un programme de subventions pour les universités qui favoriseraient un projet international de formation des professeurs en histoire des sciences afin qu'ils introduisent cette dimension dans leur enseignement (Actions Comenius 2-1 et 3-1 du programme Socrates). C'est ainsi que deux projets ont vu le jour à peu près en même temps, le projet de l'université de Hull en Grande-Bretagne (HST Project), *Teaching and learning the history of European science and technology*, dirigé par Bert Sorsby de 1998 à 2002, qui a donné lieu à publication et à la création d'un site internet, Merlin (Sorsby, 2002 abc), et le projet Pénélope (the Penelope project), dirigé par John Cartwright (Ches-

ter College of Higher Education). Ils peuvent donner, et dans notre cas ont conforté, l'idée d'une Europe à l'héritage commun, qu'il faut transmettre.

4. *Évolution de la présence de l'HST dans les programmes officiels de l'enseignement secondaire général, dans le cas particulier des sciences physiques en France*

Une grande réforme des lycées (résultant des travaux de la commission Lagarrigue) propose en 1979 pour la première fois de faire appel à l'histoire des sciences et des techniques dans l'enseignement des sciences physiques aux classes littéraires. Cette phrase va permettre d'ouvrir un champ d'expériences dont les comptes rendus seront communiqués au cours de rencontres nationales ou internationales, et publiés dans les divers actes. Engagée avec prudence, ces tentatives ont été particulièrement observées par H. Gié. Elles ont donné lieu à des débats, des discussions, des recommandations, mais aussi à un encouragement continu et fort. Les résultats de ces expériences ont été pris en compte lors de la rédaction des programmes de 1993, rédaction dans laquelle H. Gié a joué un rôle important. La structure de l'enseignement des sciences physiques évolue vers un ensemble thématique, plus accentué en chimie qu'en physique. Le document d'accompagnement du programme de physique-chimie de la classe de terminale scientifique présente les aspects historiques mis explicitement au programme de mécanique et d'optique, et propose une bibliographie assez large même si elle est limitée aux thèmes abordés en terminale (MEN, 1995, p. 28-48). Aux journées de Morgat, H. Gié soulignait lui-même le rôle de l'histoire des sciences dans les nouveaux programmes des filières scientifiques du secondaire: «Il importe de faire comprendre, autant que possible, comment se construit la science avec ses hésitations, ses longues périodes de réflexion, ses allers et retours, et de montrer la difficulté d'accéder aux concepts nouveaux, même chez les plus grands esprits. L'attitude scientifique consiste à questionner, à remettre en cause, et à abandonner parfois de grandes certitudes. Le progrès se construit sur ce questionnement continu de la nature par la mise en œuvre d'expériences appropriées qui infirment ou confirment les idées en cours. C'est donc là une démarche faite d'humilité constructive sur laquelle s'élève petit à petit l'échafaudage scientifique, le verdict expérimental restant toujours la référence» (Gié, 1997, p. 81). H. Gié présente ensuite quelques recommandations: choisir des exemples significatifs, ne pas négliger la chronologie, faire en sorte de citer tout au long de son enseignement les noms des auteurs des découvertes scientifiques, et la chronologie succincte les concernant, procéder à l'examen de textes scientifiques originaux ou de seconde main, guider les élèves par des questions appropriées (Id., p. 82). Il recommande aussi la lecture attentive du document d'accompagnement qui propose une petite initiation à l'histoire des sciences pour les professeurs, qui sont le plus souvent novices dans le domaine. On y souligne l'évolution non linéaire des idées et le rôle de l'expérience dans cette évolution. Le hasard peut intervenir, mais il ne suffit pas. Il faut un regard préparé à voir. Plus largement l'observation ne précède pas nécessairement la théorie. Cette dernière détermine souvent les expériences à mener (Id., p. 83). Ce texte d'H. Gié est toujours d'actualité.

On peut donc dire que l'histoire des sciences et des techniques fait une apparition officielle en enseignement scientifique pour les élèves de section scientifique avec ces nouveaux programmes de 1993. Cette tendance va s'accroître au cours des réformes suivantes, entraînant par là-même la formation initiale et continue des enseignants (MEN, 2000).

Dans les nouveaux programmes de cinquième et quatrième parus au mois d'août 2005, l'appel à l'histoire des sciences et des techniques est plus clairement présent dans le contenu des

programmes et dans les recommandations, et plus particulièrement dans les thèmes de convergence (BO, 2005), que dans les programmes précédents. L'ensemble n'a été que peu modifié en 2006 à la suite de la loi sur l'école du 23 avril 2005, et a fait l'objet de la publication du *Bulletin officiel* de 2007 dont nous avons parlé précédemment.

Cela permet de rebondir sur l'attitude des didacticiens vis-à-vis de l'histoire des sciences. Un ouvrage dirigé par M. Goffard et A. Weil-Barais, *Enseigner et apprendre les sciences*, présente les recherches et travaux faits au LIREST, replacés dans une perspective historique d'évolution de la didactique. Les chemins suivis par les historiens des sciences soucieux d'introduire un enseignement d'histoire des sciences et des techniques, et les chemins des didacticiens soucieux de mieux comprendre l'acte d'apprendre les sciences ont évolué parallèlement, et pourtant ont des racines communes, nées des recherches effectuées dans les années 1960 principalement aux États-Unis et en Angleterre, respectivement dans les projets PSSC (Physical science study committee), HPP (Harvard project Physics) et Nuffield en Angleterre (Belhoste, Gispert, Hulin, 1996). Il s'agit maintenant de rendre l'élève acteur de sa formation, en éveillant son esprit d'investigation et en développant une pensée créative et raisonnée (projet Nuffield). Il faut donc revoir les curricula; l'histoire des sciences peut répondre à une partie des problèmes (comment s'élabore le processus de création), l'étude du processus d'apprentissage peut contribuer à réformer l'enseignement des sciences. Le PSSC a publié des textes, traduits en plusieurs langues, qui ont servi de départ à de multiples recherches, en enseignement de l'histoire des sciences et en didactique. Ce que beaucoup ont oublié, c'est que les propositions de ces projets reposent sur une méthode plus ancienne, largement diffusée à la fin du XIX^e siècle en Angleterre, la *méthode heuristique* du professeur Armstrong, qui a dépassé largement le cadre de l'enseignement des sciences physiques et a été utilisée en particulier dans la toute nouvelle science de l'éducation (the science of teaching) à la fin du XIX^e siècle. Armstrong avait rapporté les bases de cet enseignement d'Allemagne où il avait été parfaire sa formation de chimiste. Il avait été enthousiasmé par les méthodes d'enseignement des sciences utilisées outre-Rhin. Mais ceci est une autre histoire.

La structure des publications du HPP reste intéressante pour les formateurs des maîtres en histoire des sciences aujourd'hui. Une traduction canadienne diffusée par Vuibert propose un enseignement de la physique entièrement basé sur une approche historique des concepts (IPR, 1980).

Aujourd'hui, les didacticiens et les enseignants en histoire des sciences et des techniques en IUFM se retrouvent devant la même tâche: former des enseignants en sciences. Les uns autant que les autres puisent dans les fonds des uns et des autres des nouvelles propositions.

Je termine ici, ce survol de l'historique de l'enseignement de l'histoire des sciences et des techniques dans les classes pré-baccalauréat et dans la formation de leurs enseignants. Pour plus d'informations sur ce sujet, le lecteur pourra se reporter à l'article de Tréma référencé dans la bibliographie ci-dessous.

Référence bibliographique principale

Fauque, D. (2006). La longue marche d'un enseignement de l'histoire des sciences et des techniques. *Tréma*, 26, 35-47.

ÉLÉMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

- Associazione per l'insegnamento della fisica (AIF) (1995). La storia della fisica nella didattica della fisica. *La fisica nella scuola*, 2(5).
- Belhoste, B., Gispert, H. & Hulin N. (dir.) (1996). *Les sciences au lycée. Un siècle de réformes des mathématiques et de la physique en France et à l'étranger* (Paris: Vuibert, INRP).
- Bevilacqua, F. & Kennedy, P. J. (eds.) (1983). *Proceedings of the international conference on using history of physics in innovatory physics education* (Pavie: Università A. Volta).
- Blondel, Ch. & Brouzeng, Paul (dir.) (1988). *Science education and the history of physics / Enseignement scientifique et histoire de la physique* (Paris: Cité des sciences et de l'industrie; Orsay: Université Paris-XI).
- Special issue (1997). *British Journal for the History of Science* (BJHS), 30, part. I, n° 104.
- Ministère de l'Éducation (2005). Programmes des collèges, thèmes de convergence. *Bulletin officiel de l'Éducation nationale* (BO), Hors Série, 5, 61-67.
- Cortese, A. (1948). L'UNESCO, sa tâche et son but concernant les sciences et leur développement historique. *Actes du V^e congrès international d'histoire des sciences*, Lausanne 1947 (Paris: Hermann), 25-35.
- Debru, C. (ed.) (1999). *History of science and technology in education and training in Europe*, actes du congrès ALLEA (all European academies), Strasbourg, 25-26 juin 1998 (Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities).
- Fauque, D. (1989). L'enseignement de l'histoire des sciences dans les classes du secondaire, *Bulletin de l'Union des physiciens*, 712, 417-424.
- Fauque, D. (1998). La dimension historique dans l'enseignement scientifique secondaire en France, *Bulletin de l'Union des physiciens*, 803, 623-636.
- Fauque, D. (2002). L'histoire des sciences au sein d'une société savante, l'Association française pour l'avancement des sciences (1945-1978). *Archives internationales d'histoire des sciences*, 52, 46-67.
- Gaudemer, A. (dir.) (1998). *Quels savoirs enseigner dans les lycées?*, Journée disciplinaire sur l'enseignement de la chimie, Bordeaux, 1^{er} avril 1998 (Orsay: édition de l'université).
- Gié, H. (1997). L'histoire des sciences dans les nouveaux programmes des filières scientifiques du secondaire. In J. Rosmorduc (dir.), *Histoire des sciences et des techniques* (Rennes: CRDP de Bretagne), 81-88.
- Goffard, M. & Weil-Barais, A. (dir.) (2005). *Enseigner et apprendre les sciences, recherches et pratiques* (Paris: A. Colin).
- Institut de recherches psychologiques (IPR) (1980). *Série Harvard Project Physics*, 4 tomes, traduction française du HPP (Montréal: Institut de recherches psychologiques).
- Ministère de l'éducation nationale (MEN) (1995). *Document d'accompagnement du programme de physique-chimie de la classe de terminale scientifique (enseignement obligatoire)*, part. I.
- Ministère de l'éducation nationale (MEN) (2000). *Document d'accompagnement du programme de physique-chimie de la classe de seconde, partie chimie*.
- Roger, J. (1980). Préface, *Bulletin de la SFHST*, 1(1).
- Rosmorduc, J. (1980). L'enseignement en France de l'histoire des sciences aux scientifiques. In J. Dhombres (dir.). *Actes du colloque Enseignement de l'histoire des sciences aux scientifiques* (Nantes: SFHST, Université de Nantes), 5-15.
- Rosmorduc, J. (dir.) (1997). *Histoire des sciences et des techniques* (Rennes: CRDP de Bretagne).
- Sorsby, B. (ed.) (2002). a. *Teaching and learning the history of European science and technology*. - b.

Teaching and learning the history of European science and technology: Ressource manual. - c. *Teaching and learning the history of European science and technology: Training manual* (Bucarest: Ars Docendi).

Thomsen, P. V. (ed.) (1986). *Proceedings of the multinational teacher / teacher trainer Conference on Science Education and the History of Physics*, Munich, 3-9 May 1986 (Aarhus, DK: Université d'Aarhus).

Annexe 4

Chronologie des réformes du système éducatif français depuis 1975

Date	Évolution du système éducatif français	Évolution de l'enseignement de physique-chimie
1975	La <i>Réforme Haby</i> (11 juillet), institue le collège unique. À la sortie du collège, tous les établissements devront s'appeler lycées. Mise en place de la réforme pour la rentrée 1977.	La Commission Lagarrigue, pour les sciences physiques propose les nouveaux programmes en 1977. Appliqués à partir de 1978, ils renouvellent entièrement l'enseignement des sciences physiques, mais sans faire appel à l'histoire des sciences dans les sections scientifiques. En première littéraire, l'étude se fait par thèmes, et il est conseillé de faire appel à des éléments d'histoire des sciences.
1983	À la suite du rapport Legrand sur le collège (1982), le ministre Alain Savary présente ses mesures pour la rénovation des collèges.	Les programmes Lagarrigue sont déclarés trop ambitieux. On revient en arrière.
1985	<i>Loi-programme sur l'enseignement technique et professionnel</i> Jean-Pierre Chevènement (1984-86) succède à Savary: un des objectifs est d'amener 80% d'une tranche d'âge au niveau du baccalauréat (général, technique et professionnel) en quinze ans, et lance la réforme de l'enseignement technique et professionnel. Création du baccalauréat professionnel le 27 novembre 1985. Réaffirmation d'une "pédagogie de l'activité". Les mathématiques modernes sont définitivement proscrites. Création des secondes de détermination, des filières en première (ABSD'EFGH). Séries C et D conservées à la sortie de 1S.	Modification de l'épreuve de sciences physiques au baccalauréat des séries CDE. En séries C et E, une épreuve de 3h avec cinq questions (3 de physique sur 13 et 2 de chimie sur 7); en série D, une épreuve de 3h avec quatre questions (2+2), pour la session 1985.

1989	<p><i>Loi d'orientation de Lionel Jospin (10 juillet):</i> réforme de tout le système éducatif (objectifs, structure, pédagogie). La scolarité organisée en cycles (objectifs et programmes nationaux): écoles maternelles et école élémentaire en trois cycles, collège en deux cycles, lycée en deux cycles. Un Conseil national des programmes (CNP) est créé. Deux commissions (Bourdieu-Gros, et Bergé) ont pour mission de réfléchir sur les contenus de l'enseignement.</p> <p>Création des IUFM qui prennent le relais des écoles normales. La création du corps des professeurs des écoles suit en 1990.</p>	<p>Le rapport P. Bergé, sur l'enseignement de la physique, préconise une évaluation expérimentale au baccalauréat, où on testerait la méthodologie et l'aptitude au raisonnement expérimental. Pour la session 1990, l'introduction d'un exercice à caractère expérimental dans l'épreuve de sciences physiques est la première reconnaissance de l'aspect expérimental de la discipline. Décret supprimant les sciences physiques en 6^e et 5^e, applicables aux rentrées 1991 et 1992.</p>
1992	<p>Sous le ministre Jack Lang, la classe de seconde devient générale ou technologique, suivies des classes de premières puis terminales générale (L; ES; S) ou technologique (STT, STI, STL, SMS, STAE). Nouveaux programmes.</p>	<p>Affirmation claire du caractère expérimental de l'enseignement de la chimie. L'évaluation des TP ne devra pas être négligée ainsi que les activités de documentation avec ses aspects pratiques et historiques.</p>
1993	<p>Réforme du baccalauréat poursuivie par le ministre François Bayrou. Rénovation de la classe de première et création des séries L, ES, S, STI (sciences et technologies industrielles) et STT (sciences et techniques tertiaires), achevée en 1996.</p>	<p>Une seule terminale scientifique (S), avec un choix d'un enseignement de spécialité à côté de l'enseignement obligatoire.</p> <p>Nouveaux programmes avec introduction d'une dimension historique en sciences physiques de la terminale scientifique. On envisage la possibilité d'établir une épreuve pratique au baccalauréat, en sciences physiques.</p>
1994	<p>"Assises pour l'Éducation": F.Bayrou (livre blanc) invite les enseignants à faire des propositions. Le collège divisé en trois cycles: cycle d'observation en 6^e, cycle central en 5^e/4^e, cycle d'orientation en 3^e.</p>	<p>Sciences physiques obligatoires en L, facultatives en ES, épreuve écrite au baccalauréat à partir de 1995.</p> <p>Essai en vraie grandeur de l'évaluation de la pratique expérimentale au baccalauréat.</p>
1995	<p><i>Loi de programmation du 13 juillet:</i> le "Nouveau contrat pour l'école" mis à l'étude. Élaboration jusqu'en 1997. Définition du "socle de connaissances communes à tous les élèves" par le CNP. Mise en place de la réforme des classes de sixième. Nouveaux programmes (école, collège, lycée).</p>	<p>Nouveau programme de l'enseignement scientifique en L et ES applicable l'année suivante.</p>

1996	<p>Rapport de la commission Fauroux (commission sous Bayrou) sur le système éducatif. En particulier il préconise, pour le collège, les savoirs primordiaux pour tous et la bivalence des professeurs.</p>	<p>Des épreuves probatoires pratiques en terminale scientifique sont organisées dans deux académies. La circulaire du 16 juillet lance l'opération "main à la pâte". Ouverture à la rentrée d'un enseignement de sciences expérimentales en 5^e, à côté des SVT.</p>
1997	<p>Achèvement de la réforme Bayrou, pour les collèges. Rapport de l'Inspection générale faisant état de la difficulté d'application de la réforme: directives arrivées trop tard, résistances des enseignants à travailler en équipe, évaluation nationale des élèves de sixième non exploitée. Claude Allègre (1997-2000) et Ségolène Royal présentent un plan d'action général pour l'éducation. Ce plan veut rompre avec la doctrine égalitariste d'un système qui doit prendre en compte la diversité des élèves....</p>	
1998	<p>Rapport de Philippe Meirieu au colloque de Lyon, le 28 avril. Rapport Marois, sur l'enseignement professionnel et technologique: constat de "l'image négative de la voie professionnelle".</p>	<p>En sciences physiques, le rapport des enquêtes auprès des enseignants préconise d'introduire davantage d'histoire des sciences et des techniques.</p>
1999	<p>S. Royal, ministre délégué de l'enseignement scolaire. présente une réforme du collège (rapport Dubet): "le collège de l'an 2000". Elle préconise la prise en compte de la diversité des élèves, reprend l'idée du tutorat tirée du rapport Legrand (1982), propose de soutenir les élèves en difficulté, de favoriser la pluridisciplinarité, avec un professeur coordinateur, de diversifier les méthodes d'enseignement... C. Allègre présente une "charte pour l'enseignement professionnel intégré du XXI^e siècle": prévoyant un renforcement du partenariat entre les entreprises et l'Éducation nationale et une nouvelle architecture des diplômes. Pour le primaire: recentrage des programmes sur les acquisitions fondamentales (lecture, écriture, calcul, oral). Entrée en vigueur de la nouvelle réforme des lycées.</p>	

2000	<p>Jack Lang (2000-2002) poursuit la plupart des réformes entreprises. Création d'un ministère délégué à l'enseignement professionnel. Jack Lang présente les nouvelles licences professionnelles élaborées en concertation avec les entreprises.</p> <p>École et collège: instauration d'un brevet informatique et internet (B2i).</p>	<p>Nouveau programme en seconde, profondément renouvelé dans son contenu comme dans sa pédagogie, il contient des éléments d'histoire des sciences et des techniques. Parution des nouveaux programmes de 1S. En première L, enseignement scientifique obligatoire associant SVT et PC, avec une épreuve anticipée écrite au baccalauréat, pour la première fois en 2001, mais l'aspect historique en est quasiment absent (ce qui est un paradoxe).</p>
2001	<p>Les difficultés du collège sont persistantes. J. Lang présente de nouveaux objectifs pour le collège (rapport Joutard): lutter contre l'échec, évaluation systématique de chaque élève, introduction d'une diversité suffisante dans les activités. Il propose qu'un seul professeur enseigne deux disciplines pour réduire la taille de l'équipe pédagogique.</p> <p>Circulaire présentant les objectifs généraux du "Lycée des métiers". Rénovation des IUFM.</p>	<p>Premières épreuves pratiques obligatoires au baccalauréat</p>
2002	<p>Luc Ferry (2002-2004) veut valoriser la voie professionnelle. Publication de nouveaux programmes pour l'école primaire.</p>	<p>Nouveau programme en terminale, basée sur l'évolution temporelle des systèmes physiques et chimiques. Nombreux éléments d'histoire des sciences.</p>
2003	<p>Commission du débat national sur l'avenir de l'École (commission Thélot) dont l'objectif est d'aboutir à une révision de la loi d'orientation de 1989.</p>	<p>Nouveau baccalauréat avec épreuve pratique en physique-chimie et en sciences de la vie et de la Terre.</p>
2004	<p>Présentation d'un plan de réforme de l'apprentissage. En juillet, un arrêté réorganise le cycle d'orientation du collège (classe de 3^e) introduisant une option "découverte professionnelle".</p>	

<p>2005</p>	<p>23 avril: <i>Loi d'orientation et programme pour l'avenir de l'École</i> présentée par F. Fillon (2004-2005), devant se substituer à celle de 1989. L'objectif de la réforme est d'imposer l'acquisition d'un ensemble de connaissances et compétences indispensables par tous les enfants à l'issue de la scolarité obligatoire. "Ce socle commun est constitué de la maîtrise de la langue française, des mathématiques, d'une langue vivante, de la connaissance des sciences et des techniques informatiques".</p> <p>Les IUFM sont rattachés à l'Université.</p>	<p>Programmes conjoints de physique-chimie, sciences de la vie et de la Terre, mathématiques, technologie et éducation physique et sportive autour des thèmes de convergence.</p> <p>L'appel à la dimension historique dans l'enseignement des sciences est clairement exprimé.</p>
<p>2006</p>	<p>11 juillet: Le "socle commun des connaissances et compétences" présenté par G. de Robien, est inscrit dans la loi Fillon, s'appuie sur le rapport Thélot. Ce socle repose sur sept piliers (langue française, langue vivante étrangère, mathématiques et culture scientifique, culture humaniste, techniques usuelles de l'information et de la communication, compétences sociales et civiques, accession à l'autonomie et l'acquisition de l'esprit d'initiative). Ce socle est présenté comme "ciment de la nation".</p>	<p>Socle à l'école primaire: automatisme en calcul, géométrie, grandeurs et mesures.</p> <p>Issue de la scolarité obligatoire: avoir une représentation cohérente du monde: structure de l'univers (micro et macro), organisation de la matière inerte et vivante, énergie, connaissances sur l'homme (corps humain, influence sur l'écosystème), techniques courantes. On visera à inscrire l'évolution des sciences dans une perspective historique</p> <p>Rapport Rolland "l'enseignement des disciplines scientifiques dans le primaire et le secondaire".</p>

