

## **De la création d'un site scientifique à son exploitation pédagogique**

***Ampère et l'histoire de l'électricité***  
**([www.ampere.cnrs.fr](http://www.ampere.cnrs.fr))**

Les bouleversements introduits par l'usage du Web dans le domaine de l'histoire des sciences sont de plusieurs types et dessinent un contexte en rapide évolution à la fois sur le plan technique et sur celui des usages potentiels. Le site, en cours de réalisation, *Ampère et l'histoire de l'électricité* s'inscrit dans ce contexte général dont nous donnerons quelques aperçus avant de présenter les questions posées par la volonté de s'adresser, au-delà des chercheurs en histoire des sciences, à un public plus large dans une perspective pédagogique.

### ***Le Web et la valorisation du patrimoine scientifique***

La numérisation de documents, textes ou images, offre l'accessibilité à des sources existantes, mais difficiles à consulter car conservées dans des bibliothèques, des services d'archives, des photothèques ou des réserves de musées. Or l'histoire des sciences, comme tout autre domaine de l'histoire, repose sur l'étude de sources : textes scientifiques (mémoires, ouvrages, articles d'encyclopédies...), correspondances, manuscrits, objets scientifiques, etc. Avec le Web, un changement radical s'est produit dans l'accès à ces sources, les documents numériques se trouvant désormais accessibles à un très grand nombre de personnes, sans limitation géographique, temporelle ou de diplômes. Certes les documents qui constituent des sources potentielles ne seront jamais tous numérisés. En outre la numérisation ne doit pas s'opposer à une conservation attentive des objets originaux irremplaçables pour leur pérennité – des manuscrits du Moyen Âge pouvant se trouver en meilleur état de conservation que certains fichiers numériques datant d'une vingtaine d'années – ou pour leur matérialité dont l'étude doit toujours pouvoir être reprise. Mais les avantages du Web pour des projets en sciences humaines, s'ils sont

encore à explorer, sont de mieux en mieux perceptibles. Les progrès dans le domaine du numérique sont en effet très rapides, par exemple avec la possibilité pour l'utilisateur de visualiser des données provenant de plusieurs centaines d'institutions en relation *via* le mouvement Open Archives Initiative (OAI).

En ce qui concerne les textes imprimés, les bibliothèques numériques, comme Gallica (BnF), le Conservatoire numérique des arts et métiers (CNUM, Cnam), Numérisation de documents anciens mathématiques (Numdam), ou Medic@ (médecine à la Bibliothèque interuniversitaire de médecine [BIUM]), offrent la consultation des fac-similés d'ouvrages et de revues, souvent associée à une transcription en mode texte des tables des matières. La future Bibliothèque numérique européenne devrait suivre l'exemple du mastodonte Google Livres (version d'essai « bêta » en 2006) qui offre la possibilité d'interroger les fac-similés pour trouver les occurrences de tout mot significatif dans l'ensemble des livres numérisés, sans que le lecteur ait besoin de passer par une transcription en texte intégral.

Les collections de manuscrits (Newton, Galilée, Volta, Lamarck, Darwin ou Einstein) mais aussi d'objets divers comme les plantes (herbier de Lamarck<sup>1</sup>), les cartes géologiques<sup>2</sup> ou les instruments scientifiques anciens<sup>3</sup>, se trouveront progressivement ainsi accessibles sur le Web.

Par ailleurs la constitution de bibliographies sur un sujet donné se trouve grandement facilitée par des bases de données bibliographiques, nationales et internationales, accessibles directement en ligne ou dans les bibliothèques lorsqu'il y a un abonnement. On trouvera dans les signets de la BnF, en particulier à « Histoire des sciences et des techniques », un recensement des principaux sites pertinents.

### *La constitution de nouveaux corpus de textes ou d'images*

Les bibliothèques numériques présentent des ouvrages déjà publiés. Sur le Web on peut envisager la publication d'autres types de textes, comme des anthologies évolutives ou des regroupements de textes imprimés et de manuscrits, ce que ne feront jamais les bibliothèques numériques. Ainsi les vingt-huit grands volumes de l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert ont été numérisés sur cédérom, mais il n'est pas si aisé d'accéder aux divers articles traitant d'un thème donné soit que le mot-clé choisi fasse apparaître un trop grand nombre d'articles, soit qu'il soit difficile de trouver les mots-clés pertinents ce qui implique de multiplier les recherches plein-texte<sup>4</sup>. Le site *Ampère* pallie ces difficultés de

---

1. <<http://www.lamarck.cnrs.fr/>>.

2. <<http://www.hstl.crhst.cnrs.fr/i-corpus/histmap/>>.

3. Voir par exemple le riche site du Musée d'histoire des sciences de Florence: <<http://www.imss.firenze.it/>>.

4. Voir le cédérom de l'*Encyclopédie* (éditions Redon).

consultation en regroupant les articles de l'*Encyclopédie* traitant d'électricité et de magnétisme. C'est en effet par la lecture de l'*Encyclopédie* que le jeune Ampère, comme d'autres jeunes gens de la bourgeoisie éclairée du XVIII<sup>e</sup> siècle, s'est initié aux sciences.

Par ailleurs certains textes, comme les œuvres complètes de savants, trouveraient très difficilement un éditeur aujourd'hui. Le site *Ampère* propose une nouvelle édition électronique de la *Correspondance* d'Ampère. Celle-ci, publiée au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, mais épuisée depuis des lustres, est très incomplète et comporte diverses erreurs. Le support électronique laisse la correspondance ouverte à l'inclusion de nouvelles lettres en continu, au fur et à mesure de leur découverte, et à la possibilité d'y ajouter ultérieurement des annotations critiques. Les correspondances de Henri Poincaré<sup>5</sup>, de Darwin et d'autres, sont ainsi en cours d'édition sur le Web.

D'autres types de corpus mettent en parallèle des manuscrits avec leurs transcriptions. Sur le site *Ampère* sont déjà accessibles l'autobiographie manuscrite d'Ampère<sup>6</sup> et une sélection de ses poèmes. Sur le site de l'Institut Max Planck de Berlin, on trouve le célèbre « manuscrit 72 » de Galilée sur le mouvement, l'un des incunables de la mécanique moderne<sup>7</sup>. Ces manuscrits laissent voir les traces des hésitations de la pensée, habituellement réservées aux spécialistes.

On peut encore constituer des banques de données d'images numériques, où chaque document – gravure, manuscrit, photo de minéraux, de plantes, d'instruments scientifiques, etc. – est accompagné d'une série de descripteurs (type d'image, période, etc.), permettant tris et sélections. Sur le site *Ampère* plusieurs centaines d'images sur l'histoire de l'électricité seront ainsi accessibles, comme sur d'autres sites académiques qui mettent à disposition des images libres de droit (faciles à trouver avec Google Images).

Depuis la Renaissance, les collections qui associaient livres, gravures, cartes, produits de la nature ou artefacts humains, instruments et objets d'art, ont été progressivement réparties en catégories intellectuelles, artistiques ou scientifiques, et dans des lieux distincts, musées spécialisés ou bibliothèques. Le Web permet de recréer de manière virtuelle autour d'un thème ou d'un personnage des environnements diversifiés qui constituent non plus de simples sites mais de véritables plateformes de recherche. Le site *Ampère* s'inscrit dans cette perspective de plateformes de recherches comme le *Virtual Laboratory*<sup>8</sup>, le *Panopticon Lavoisier*<sup>9</sup> ou le site *Lamarck*<sup>10</sup>.

---

5. <<http://www.univ-nancy2.fr/poincare/>>.

6. <[http://www.ampere.cnrs.fr/ice/ice\\_book\\_detail-fr-text-ampere-ampere\\_text-8-3.html](http://www.ampere.cnrs.fr/ice/ice_book_detail-fr-text-ampere-ampere_text-8-3.html)>.

7. <[http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/Galileo\\_Prototype/](http://www.mpiwg-berlin.mpg.de/Galileo_Prototype/)>.

8. <<http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/>>.

9. <<http://moro.imss.fi.it/lavoisier/entrance/Francese/projbox.html>>.

10. <<http://www.lamarck.cnrs.fr/>>.

### *De nouvelles possibilités de recherches*

La possibilité d'interrogation en texte intégral ouvre à de nouvelles approches des textes. Les index de noms propres et de matières ne sont plus si courants dans l'édition, même pour les publications académiques. En outre l'index matières d'un ouvrage imprimé – quand il existe... – ne permet de rechercher que les mots prévus par l'auteur. La recherche libre permet des recherches beaucoup plus larges, ou beaucoup plus pointues. Ainsi l'index de la *Correspondance du Grand Ampère*, publiée en 1936, comporte les mots « absolution » ou « cheveux d'or » mais pas les mots « chimie » qui, dans l'édition électronique, fait apparaître une centaine de lettres, ou « magnétisme animal » qui n'y apparaît qu'une seule fois mais de manière très significative :

Je lis dans la voiture le nouvel ouvrage de M. Deleuze sur le magnétisme animal. Je te le prêterai pendant les huit ou dix jours que je passerai à Lyon. Je ne pourrai te le laisser. Je veux le relire à Paris... Je pense que tu en seras aussi content que moi ; il m'a fait une bien grande impression.

C'est dans la correspondance de ce mathématicien physicien que l'on découvre son intérêt persistant pour la philosophie, ses tourments religieux, et son ouverture aux phénomènes aux marges de la science.

Ampère ayant écrit peu d'ouvrages mais de nombreux articles, dans tous les domaines de la connaissance, et souvent sous plusieurs versions différentes, sa bibliographie est complexe. Une bibliographie électronique permet à la fois de sélectionner les publications suivant différents critères et de ne faire apparaître les variantes éditoriales qu'à la demande <sup>11</sup>.

Au-delà des recherches menées sur des ensembles de textes ou d'images, de nouveaux supports de recherches collectives sont à créer. Ainsi peut-on construire des bases de données sur une population déterminée d'individus, qu'il s'agisse des membres d'une société savante mal connue comme la Société du galvanisme, des élèves français et étrangers du Cours de Lamarck au Muséum, de médecins anglais ou d'inventeurs français, pour citer quelques projets en cours. Les bases s'enrichissent progressivement et collectivement grâce à des contributeurs d'origines et de nationalités variées.

### *Le site Ampère et l'histoire de l'électricité*

Le site consacré à André-Marie Ampère (1775-1836) ne vise pas à conforter l'image du « génie » scientifique sur le mode hagiographique. Les recherches récentes en histoire des sciences cherchent à mettre en évidence le rôle des collectifs dans la production scientifique et décrivent

11. <[http://www.ampere.cnrs.fr/bibliographies/biblio\\_ampere.php?lang=fr](http://www.ampere.cnrs.fr/bibliographies/biblio_ampere.php?lang=fr)>.

les processus de circulation des savoirs. La figure d'Ampère émerge à la surface d'une configuration scientifique, philosophique et institutionnelle complexe. Il fut inséré dans des réseaux extrêmement variés, depuis l'École mystique de Lyon à laquelle il participa dans sa jeunesse, jusqu'aux plus grandes institutions scientifiques parisiennes – Académie des sciences, Collège de France, École polytechnique –, en passant par la Société d'Auteuil où se regroupaient les « Idéologues » comme Destutt de Tracy et Cabanis, le salon de Madame Récamier ou encore une éphémère Société psychologique aux côtés de son ami le philosophe Maine de Biran. Sa correspondance constitue la source première pour ce contexte historique, témoignant de l'importance de son réseau d'amitiés issu d'une jeunesse passée à Lyon, loin des cercles parisiens. Elle éclaire la vie personnelle d'un professeur de sciences au début du XIX<sup>e</sup> siècle, les intérêts littéraires et philosophiques d'un membre de l'Académie des sciences ainsi que le tournant dans la vie religieuse en France après la Révolution.

Les diverses activités d'Ampère à l'Académie des sciences, recensées sur le site<sup>12</sup>, témoignent de l'important travail d'expertise scientifique et technique demandé au XIX<sup>e</sup> siècle aux membres de l'Académie dans les domaines les plus variés, depuis les machines à vapeur ou les lampes à huile, jusqu'aux mathématiques les plus sophistiquées.

Certes le nom d'Ampère, le « Newton de l'électricité » selon le physicien anglais Maxwell, reste lié à l'électricité. De fait il a, le premier en 1820, clarifié les concepts de courant et de tension électriques. Il a démontré et étudié les différents types d'interactions entre les courants électriques et en a donné une théorie mathématique parallèle à celle de Newton pour la mécanique. Enfin il a expliqué le magnétisme par l'existence de courants électriques microscopiques à l'intérieur des aimants. Les phénomènes électriques, magnétiques et électromagnétiques se trouvaient ainsi unifiés dans une même théorie. Depuis une vingtaine d'années, quelques physiciens reprennent la théorie d'Ampère et une traduction en portugais de la *Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques, uniquement déduite de l'expérience* d'Ampère (1826) est en cours. Ainsi peuvent se rencontrer histoire des sciences et recherche contemporaine. Une autre occasion de rencontre se trouve dans le *Laboratoire historique* qui présente des expériences de reconstitution d'expériences historiques. Ces reconstitutions ne sont pas sans surprises, obligeant l'historien à retourner aux sources avec de nouvelles questions et mettant en évidence les savoir faire expérimentaux, parfois disparus, des savants du passé<sup>13</sup>. Quelques-unes de ces expériences sont également visibles dans les vidéos du *Parcours pédagogique*, décrit ci-dessous, qui offre un accès

12. <<http://www.ampere.cnrs.fr/activites/?lang=fr>>.

13. <<http://www.ampere.cnrs.fr/labo/>>.

à l'histoire des sciences dans une perspective pédagogique<sup>14</sup>. La collaboration entre l'historien des sciences et le physicien enseignant, lui-même acteur de recherches, est ici indispensable.

Ampère a également contribué par ses travaux aux avancées et aux grands débats du XIX<sup>e</sup> siècle. En mathématiques, les équations Monge-Ampère constituent un champ très dynamique. En chimie, Ampère a participé aux découvertes de l'iode et du fluor. Il est intervenu en optique, en mécanique, dans les sciences de la vie et, ce qu'il considérait comme le plus important, en psychologie et dans la philosophie de la connaissance. Il n'a toutefois publié que trois ouvrages et la majeure partie des résultats de ses recherches, y compris en électricité, se trouve dispersée dans des articles. Cette dispersion éditoriale, qui tient au caractère encyclopédique des intérêts intellectuels de l'homme, autant qu'aux difficultés qu'il a pu éprouver pour rédiger des ouvrages de synthèse, rend extrêmement difficile l'accès à son œuvre. Or ces textes sont essentiels pour comprendre les relations entre les divers savants de l'époque, qu'ils soient français comme Biot, Laplace, Arago, Fresnel, ou étrangers comme Michael Faraday. La mise en ligne de ses publications est en cours, à côté d'une sélection de publications d'autres savants du XIX<sup>e</sup> siècle.

Si Ampère n'a inventé ni le télégraphe ni l'électro-aimant, comme on peut souvent le lire, les récits de ses distractions en ont fait un modèle pour le *Savant Cosinus*, et le choix de son nom pour l'unité de courant électrique renvoie aux difficiles négociations internationales et interprofessionnelles lors des congrès d'électricité de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Les multiples facettes de l'activité intellectuelle et institutionnelle de l'homme, comme des usages de son image qu'a pu faire la postérité, permettent de resituer son travail scientifique dans un contexte très riche.

### *Le Parcours pédagogique*

Le *Parcours pédagogique*<sup>15</sup> s'adresse aux enseignants, aux étudiants, aux élèves et au public curieux. Il comporte deux parties.

La partie @gora, offre un espace ouvert à toutes les activités liées à l'histoire de l'électricité et menées dans l'enseignement. À côté de *Recherches didactiques* proprement dites, les acteurs de l'enseignement pourront présenter tous types d'*Activités pédagogiques*: travaux dirigés s'appuyant sur des textes originaux, travaux pratiques sur des expériences historiques, ateliers scientifiques autour d'instruments anciens, projets artistiques et culturels, travail personnel encadré (TPE) ou travail d'initiative personnelle encadrée (TIPE), projets d'étude d'élèves

14. On en trouvera aisément deux exemples à l'aide d'un moteur de recherche, en formulant les demandes ainsi: *video «verre le plus électrique»* ou *video «support pour les feuilles d'or»*.

15. <<http://www.ampere.cnrs.fr/parcourspedagogique/>>.

ingénieurs, etc. Une troisième section *Lectures* est prévue pour le signalement d'ouvrages, d'articles, de sites Internet, etc. Il sera intéressant de voir dans quelle mesure cette partie @gora, créée en novembre 2006, deviendra un outil de travail et d'échanges.

La partie **Zoom sur...** propose une série de dossiers multimédias sur des moments ou des thèmes particulièrement riches de l'histoire de l'électricité.

Comment concevons-nous les dossiers multimédias présentés dans la partie **Zoom sur...**? Comment concilier les exigences de la recherche historique et celles de la pédagogie? L'exemple des dossiers déjà mis en ligne permet d'apporter des éléments de réponses; nous examinerons plus particulièrement celui consacré à l'expérience d'Ersted.

### *Un dossier: «L'expérience de Hans-Christian Ersted»*

En 1820, alors qu'il porte à incandescence un fil de platine reliant les deux pôles d'une pile de Volta, Ersted constate qu'une boussole située dans le voisinage du fil dévie légèrement. Cette expérience d'apparence très simple, mettant en évidence un lien entre électricité et magnétisme, ouvre un nouveau champ théorique et expérimental. Elle conduit Ampère à élaborer la notion de courant électrique et à poser les bases de l'électrodynamique, puis Faraday, Maxwell et bien d'autres savants du XIX<sup>e</sup> siècle, à construire l'électromagnétisme qui régit aujourd'hui la production et la consommation d'électricité.

Autour de cette expérience, notre dossier propose au choix du visiteur sept rubriques (Illustration 7): plusieurs textes, le mémoire original d'Ersted, une vidéo et une animation 3D. À leur tour, les textes comportent des liens qui renvoient vers d'autres éléments du site: textes, images ou d'autres vidéos.

Le texte *Une découverte due au hasard?* fait l'historique de la découverte. *La vidéo de l'expérience*, ainsi que *La simulation interactive* permettent une représentation visuelle dans l'espace, le mémoire d'Ersted ne comportant aucune figure. Ce mémoire original est accessible en ligne dans trois des langues dans lesquelles il fut publié en 1820: latin, français, anglais.

Les trois autres rubriques sont consacrées aux suites de la découverte. Le texte *Une expérience qui dérange... et passionne* analyse les réactions immédiates du monde savant, tandis qu'*Une promenade à travers les manuels depuis 1820* rend compte de l'évolution du statut de l'expérience dans l'enseignement jusqu'à nos jours. *Refaire l'expérience* en propose trois versions, de la « science amusante » du XIX<sup>e</sup> siècle aux travaux pratiques contemporains à dimension historique.

*Une découverte due au hasard?*

« L'électricité peut-elle agir sur le magnétisme? » À l'époque de l'*Encyclopédie* de Diderot et D'Alembert la question est déjà posée, comme en témoigne l'article « Feu électrique » vers lequel nous proposons un premier lien. Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, la réponse à cette question est en général négative. Guidé par sa conviction philosophique d'une unité profonde des « forces de la nature », Ørsted est de ceux qui s'acharnent à rapprocher ces deux domaines disjoints de la physique, par exemple en cherchant des interactions entre pôles d'aimant et pôles d'une pile. Il découvre au contraire que « [l'action sur la boussole] a lieu lorsque le circuit est fermé et non lorsqu'il est interrompu. » C'est pour avoir laissé le circuit ouvert, ajoute-t-il, que « de célèbres physiciens n'ont point réussi, il y a quelques années, à montrer cet effet. »

Pour l'élève d'aujourd'hui, c'est là une évidence : tous les effets « utiles » de l'électricité ne sont-ils pas liés à la notion de *courant* électrique? Il fallait donc rappeler que cette notion, vingt ans après l'invention de Volta, n'est pas encore établie. Selon les conceptions héritées du XVIII<sup>e</sup> siècle et de ses machines électriques à frottement, on continue de raisonner en termes de décharges successives pour interpréter le fonctionnement de la pile. Or la pile en court-circuit paraît déchargée à Volta. Il sait en effet mesurer, avec son électromètre, la tension entre les deux extrémités de la pile et constate que cette tension disparaît lorsqu'on met ces extrémités en communication par un fil conducteur. La pile semble donc avoir perdu sa principale propriété, qui la rapprochait justement de l'aimant, celle d'avoir des « pôles ».

C'est ce que nous avons souhaité illustrer par une vidéo, *La pile de Volta en court-circuit*. Dans cette expérience, très facile à réaliser au lycée, on voit qu'à la chute de la tension aux bornes de la pile est associé le passage d'un *courant* dit de court-circuit, courant maximal que peut délivrer la pile.

Mais c'est précisément l'analyse de l'effet magnétique, manifesté dans l'expérience d'Ørsted, qui permettra à Ampère d'établir cette notion de courant.

Une légende tenace voit dans l'observation d'Ørsted l'effet d'un heureux hasard. Mais un examen plus attentif montre que c'est le résultat de ses conceptions philosophiques et de réflexions très personnelles sur la nature de l'électricité, réflexions que nous avons tenté de présenter sur le site, bien qu'Ørsted lui-même en reconnût le caractère obscur. Nous sommes ici en présence d'un cas historique où le contexte philosophique permet de mieux comprendre un processus de création scientifique.

La description des différents moments de son expérimentation par Ørsted n'étant pas simple, il fallut le travail de représentation spatiale réalisé par Ampère, puis une suite de réflexions d'ordre pédagogique

pour re-présenter cette expérience aux élèves. Pour celui qui sait déjà que « le courant tend à tourner l'aiguille en croix avec lui », comme le dira Pouillet dans ses *Éléments de Physique* (1828), il est facile, *après coup*, de choisir de placer d'emblée le fil conducteur juste au-dessus de la boussole, selon une orientation nord-sud. À partir de 1850 c'est la seule disposition qui figure dans les traités de physique comme on peut le voir dans *Promenade dans les manuels*. Plus éclairant encore, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, on représente le fil conducteur vertical perçant un plan horizontal parsemé de petites boussoles qui s'orientent alors tangentiellement à des cercles centrés sur le fil (les « lignes de champ »).

Mais une chose est de trouver la meilleure présentation pédagogique d'une action « en cercle » autour du fil, une autre était de déduire une telle action des observations initiales. D'autant que ces observations surprennent profondément. Ørsted s'attendait en effet à un effet magnétique rayonnant à partir de chaque point du fil. Et pour ses contemporains l'idée d'une action perpendiculaire à la fois à la direction du fil – « en croix avec le courant » – et à la ligne joignant les deux éléments en interaction (ici le fil et la boussole) est inconcevable!

Nous avons tenté, dans le texte et surtout dans le film *La vidéo de l'expérience*, de restituer ces difficultés. Filmée devant une classe de première scientifique du lycée Émile-Zola à Rennes, l'expérience de cours classique y est complétée par l'observation de l'interaction entre le fil et la boussole dans d'autres configurations et en des points divers du circuit, y compris sur la pile. Le film donne une image de l'interprétation imaginée par Ørsted: ce qu'il appelle le « conflit électrique » agit sur les « particules de matière magnétique » en tournoyant, formant une hélice autour du fil. Pour Ampère, il s'agira plutôt de cercles centrés sur le fil, nos modernes « lignes de champ ». Le difficile problème de la *direction* de l'action magnétique est ainsi résolu. Reste la question du *sens* le long de cette direction: c'est celui indiqué par le fameux « bonhomme d'Ampère ».

### *Une expérience qui dérange... et passionne*

Analysant et complétant les expériences d'Ørsted, Ampère est le premier à affirmer que « quelque chose », que l'on peut définir comme une grandeur physique mesurable, sans connaître sa nature, circule de façon continue en tout point du circuit, y compris à travers la pile, lorsque ses deux pôles sont reliés par un conducteur.

Alors qu'Ampère s'empare rapidement de la découverte, la première réaction dans le monde savant de l'époque est pourtant le scepticisme. L'adhésion d'Ørsted aux vues de la *Naturphilosophie* allemande, vision romantique de la nature qui affirme l'unité profonde des phénomènes, suscite la méfiance des physiciens. Pour les Français, c'est encore une « rêverie allemande ». De plus, la découverte et son interprétation remettent

en cause le succès du modèle « newtonien » qui semblait devoir s'imposer à toute la physique : réduire tous les phénomènes à des interactions instantanées et à distance entre corpuscules ou entre fluides impondérables, obéissant à des lois mathématiques calquées sur la loi de la gravitation universelle. Pour les newtoniens, il y a similitude des lois mathématiques, mais distinction radicale entre les phénomènes de la gravitation, de l'électricité et du magnétisme.

Des interprétations alternatives au « conflit » d'Ersted sont proposées. En supposant l'existence de courants microscopiques au sein des aimants, Ampère ouvre une voie totalement originale : il ramène les interactions entre un courant et un aimant ainsi que toutes les interactions magnétiques à des interactions entre *courants électriques*.

#### *Le mémoire d'Ersted*

Une lecture du mémoire d'Ersted sans quelques aperçus préalables risque de déconcerter le lecteur moderne encore davantage que les contemporains d'Ersted. D'abord par le caractère très personnel du récit, mené à la première personne du singulier. Ensuite par l'étrangeté des notions utilisées, celle par exemple de « conflit électrique », indissolublement liée à l'arrière-plan philosophique : « j'ai démontré, dans un ouvrage publié il y a sept ans, que le calorique et la lumière composaient le conflit électrique. » Enfin, du fait de l'absence de figures, un lecteur qui ne serait pas déjà familiarisé avec les lignes de champ concentriques aura du mal à se représenter les observations, pourtant minutieusement décrites, ainsi que l'interprétation « tourbillonnaire » qu'en donne l'auteur.

#### *Peut-on être à la fois pédagogique et historique ?*

##### *Utiliser les textes originaux ?*

Une approche parfois utilisée pour introduire des éléments d'histoire des sciences dans l'enseignement consiste à proposer aux élèves des extraits de textes originaux. L'exemple du mémoire d'Ersted en montre les limites. Dans un autre dossier, *L'électricité au XVIII<sup>e</sup> siècle*, nous proposons une rubrique *Que dit l'article ÉLECTRICITÉ de l'Encyclopédie ?* Seul le lecteur très courageux – ou spécialiste – lira l'article intégral de l'*Encyclopédie* auquel nous renvoyons. En revanche, nous espérons que le résumé commenté de cet article permet de remettre dans leur contexte les principales expériences de l'époque, visualisées dans plusieurs vidéos. Nous proposons également des exercices pédagogiques de « traduction » en termes modernes de certains extraits de l'article original ou d'interprétation d'expériences classiques d'électrostatique. Encore une fois ces expériences mettent en évidence des difficultés qui sont souvent passées sous silence dans l'enseignement.

### *Quand un scientifique croit faire de l'histoire des sciences*

Faite par des scientifiques, l'histoire des sciences est souvent téléologique, dirigée exclusivement vers le présent. La tentation est grande en effet de rechercher l'origine de ce que l'on considère comme acquis aujourd'hui, en éliminant ou même en dénigrant le reste. Lorsqu'on écrit qu'Ersted « découvre les effets magnétiques du courant électrique », cela est scientifiquement exact, mais c'est l'ordre pédagogique actuel de l'exposé que l'on projette sur l'histoire puisque la notion même de courant électrique est construite postérieurement à cette expérience.

L'électricité abonde en exemples de « recherches d'ancêtres » : Thalès, par ses réflexions sur la propriété qu'a l'ambre (*elektron*) frotté d'attirer des objets légers, serait un des fondateurs de l'électricité. Mais cette propriété est-elle perçue dans l'Antiquité comme autre chose qu'une curiosité isolée, et sans grand intérêt ? Il faut attendre deux millénaires (1600) pour que Gilbert constate que cette propriété est partagée par toute une classe de corps, qu'il qualifie du mot nouveau *électrique*. S'il avait choisi l'étymologie latine plutôt que la grecque, on parlerait d'« ambricité ».

Otto Von Guericke est souvent présenté comme le constructeur (vers 1660) de la première « machine électrique ». En frottant un globe de soufre tournant, il observe un ensemble de phénomènes que nous attribuons à l'électricité. De petits objets sont attirés, une plume d'abord attirée est repoussée après contact puis accompagne le globe à distance, on entend des crépitements, des lueurs se manifestent dans l'obscurité... Mais pour lui, seule l'attraction est de nature électrique. S'il a choisi un globe de soufre auquel il a incorporé quelques minéraux, c'est qu'il cherche à réaliser un modèle réduit de la Terre, dont il croit ainsi imiter la composition et dont il veut reproduire les « vertus ». Parmi ces vertus, seule l'attraction des corps (notre gravité) peut être associée à l'électricité. Une autre « vertu » de la Terre est de tenir à distance d'autres corps, tels le feu ou la lune, tout comme le globe de soufre tient à distance la plume repoussée. D'autres vertus encore, comme les vertus lumineuse ou sonore (l'éclair, le tonnerre) se trouvent également reproduites en miniature par son globe. Ainsi Von Guericke n'a pas l'intention d'étudier des effets *électriques* et, lorsqu'il en obtient, il ne les considère pas comme tels. Son objectif est de simuler le fonctionnement du globe terrestre, et ce sont les premiers historiens de l'électricité au XVIII<sup>e</sup> siècle qui, à la recherche de pères fondateurs, en firent l'inventeur de la « première » machine électrique.

### *Un apprentissage difficile*

Le point de vue de l'historien aide à se défaire des jugements de valeur formulés au nom de la science actuelle (« erreur malheureuse » d'untel, « prescience géniale » de tel autre...) et à éviter les « déjà » (« Dufay en 1733 découvre *déjà* l'existence de deux espèces d'électricité ») ou les « pas encore » (« il ne leur attribue *pas encore* un caractère algébrique »).

Mais parfois la tendance à projeter la conception moderne sur une interprétation ancienne est plus insidieuse, et exige d'aller plus avant dans l'étude du contexte.

Ainsi, dans le dossier *L'électricité au XVIII<sup>e</sup> siècle*, une rubrique présente, vidéo d'expérience à l'appui, la découverte de Dufay : « Il y a deux sortes d'électricité [...] l'une que j'appelle électricité vitrée, et l'autre électricité résineuse. Le caractère de ces deux électricités est de se repousser elles-mêmes et de s'attirer l'une l'autre. » Le Monnier, dans l'article ÉLECTRICITÉ de l'*Encyclopédie* publié une vingtaine d'années plus tard, rejette les conclusions de Dufay, suivant en cela l'abbé Nollet et la plupart des « électriciens » français de l'époque. Pour nous qui avons appris la traduction moderne des lois de Dufay dès le collège, Le Monnier paraît de prime abord comme réfractaire à l'évidence expérimentale. Une lecture plus approfondie de son article amène à reconnaître que son système d'explication est cohérent. Il est en accord avec les faits connus à l'époque, à l'exception des surprenantes propriétés de la « bouteille de Leyde ». Pour lui, il y a attraction lorsque les « atmosphères électriques » de deux corps sont de densité inégale, répulsion lorsqu'elles sont du même ordre. Cela rendait compte notamment du phénomène qui était alors la définition même de la propriété électrique : l'attraction de corps neutres légers. Pour expliquer l'attraction entre verre et « résineux », point n'était besoin des deux électricités, il suffisait que la « densité d'atmosphère électrique » des résineux soit moindre que celle du verre. Or le verre était alors – et de loin – le corps que l'on savait le mieux électriser.

Mais les conceptions de Dufay ne permettent-elles pas, en revanche, de résoudre *L'énigme de la bouteille de Leyde* sur laquelle butent Le Monnier et ses contemporains<sup>16</sup> ? Il suffit en effet, semble-t-il, de traduire les électricités « vitreuse » et « résineuse » de Dufay en électricités positive et négative à la manière de Benjamin Franklin pour arriver à l'explication moderne de la condensation de l'électricité : il y a attraction mutuelle, de part et d'autre d'une mince paroi de verre isolante, entre ces deux électricités. « Il suffit... de traduire »... mais c'est précisément cette « traduction » qui est illégitime car elle projette sur les conceptions de Dufay nos connaissances modernes sur l'action à distance entre charges électriques de signe opposé. Or entre Dufay et cette interprétation moderne, il n'y a pas seulement différence de terminologie, c'est tout le cadre interprétatif qui change. Dufay reste dans le cadre de l'interprétation des actions électriques en termes d'effluves ou d'atmosphères. Dans ce cadre, conduction électrique et actions électriques à distance sont mal distinguées.

16. Dans « Une petite histoire de l'électricité de l'Antiquité à Volta », supplément au n° 214 de la revue *Science Ouest*, 2004, Bertrand Wolff écrivait imprudemment : « Le pauvre Van Musschoenbroek ne comprend rien à sa mésaventure [il vient de subir, en 1746, la "terrible secousse"] et pourtant les récentes découvertes de Dufay auraient pu l'aider. »

Nous montrons dans la rubrique consacrée à la bouteille de Leyde en quoi cela rend le fonctionnement de cette bouteille si énigmatique.

*Comment respecter l'histoire sans mettre à mal la pédagogie, et réciproquement ?*

S'il ne peut y avoir de règles absolues, quelques principes nous ont guidés :

– essayer d'éviter l'anachronisme, « péché des péchés » pour l'historien, selon Lucien Febvre. Dans les scénarios des vidéos sur CErsted ou sur la bouteille de Leyde par exemple, nous avons choisi, sauf mention explicite, d'éviter l'emploi anachronique de termes modernes. Sur le plan pédagogique, cela devrait permettre d'exercer l'art d'observer sans être muni d'avance des « bonnes » lunettes interprétatives.

– Transmettre quelques connaissances scientifiques sur l'électricité, en fournissant l'explication moderne des phénomènes comme dans la rubrique *Comprendre la condensation de l'électricité en termes modernes*. Mais aussi offrir des exercices d'une forme inattendue, faisant appel seulement au raisonnement qualitatif, tels que : *Brins de paille, filet d'eau... pourquoi sont-ils attirés ?* ou *Pourquoi l'armature d'une bouteille de Leyde doit-elle être reliée à la terre pendant la charge ?*

Dans le cas du dossier sur la controverse entre Galvani et Volta, ou dans la rubrique sur l'accueil de l'expérience d'CErsted, la présentation des grandes controverses historiques devrait contribuer à la formation de l'esprit scientifique. Les connaissances ne surgissent pas miraculeusement de l'expérience seule, le débat scientifique, la confrontation des hypothèses et des interprétations entre savants de cultures et de pratiques expérimentales différentes jouent un rôle majeur. Bref la science est une production humaine, l'erreur, comme la vérité, n'y sont pas absolues.

Une question se pose cependant : si l'histoire, dès qu'on y regarde de près, est si complexe, pourquoi vouloir l'introduire dans l'enseignement des sciences ? Faut-il vraiment s'ingénier, comme nous l'avons fait plus haut, à montrer à quel point la simplicité de l'expérience d'CErsted n'est qu'apparente ? N'est-ce pas semer le trouble là où l'on a déjà bien du mal à faire assimiler par les élèves quelques lois simples ?

En effet, enseigner la physique n'est pas enseigner l'histoire de la physique ! Mais on peut toujours *mettre un peu d'histoire dans son enseignement*. Si on le fait avec discernement, sur un moment particulier, cela peut être très stimulant : replacer une découverte dans son contexte ressuscite l'étonnement, et l'on peut faire revivre en classe le débat scientifique. Il n'est pas mauvais non plus, pour que l'insistance justifiée sur le caractère expérimental de l'enseignement des sciences ne dérive pas vers un « expérimentalisme étroit », de montrer l'importance de la

pensée spéculative – y compris dans ses dimensions philosophiques – et la nécessité des hypothèses... mêmes fausses!

En outre, en se frottant à des textes scientifiques du passé, l'enseignant se replace dans une position d'apprenant. Il se trouve confronté à d'autres interprétations ayant leur propre cohérence mais en contradiction avec son savoir acquis. Il peut mieux percevoir les difficultés de l'élève qui, avec ses propres représentations, se trouve pour sa part confronté au savoir scientifique contemporain. Les connaissances scientifiques actuelles deviennent un peu moins « naturelles » pour l'enseignant.

Enfin, l'objectif didactique immédiat – mieux prendre en compte les difficultés des élèves pour mieux leur faire comprendre et assimiler les lois physiques – ne saurait être le seul objectif de l'enseignement. Pour que cet enseignement participe réellement d'une culture, la dimension historique qui inscrit les sciences physiques dans une aventure humaine nous semble indispensable.

Les éléments historiques n'ont pas à faire partie de ce que les commentateurs de programme appellent les « connaissances exigibles ». Mais s'ils contribuent simplement à ce que l'élève, devant toute connaissance apprise, acquière le réflexe du « d'où ça vient? », bref une vraie curiosité scientifique, le jeu n'en vaut-il pas la chandelle?

Christine BLONDEL et Bertrand WOLFF

*Christine Blondel, agrégée de sciences physiques, docteur en histoire des sciences, est chercheur en histoire des sciences au CNRS (Centre A. Koyré-CRHST, Cité des sciences et de l'industrie). Ses travaux portent essentiellement sur l'histoire de la physique et sur les relations entre science, technique et médecine, en particulier dans le domaine de l'électricité, ainsi que sur l'histoire des rapports entre les scientifiques et le public.*

*Bertrand Wolff, agrégé de sciences physiques, docteur ès sciences, a enseigné au lycée Émile-Zola de Rennes et a publié diverses études sur l'histoire et l'enseignement des sciences physiques. Avec l'Association pour la mémoire du lycée et collège de Rennes (Amélycor), il participe à la mise en valeur du patrimoine historique du lycée et notamment de sa collection d'instruments scientifiques.*