

La diffusion de la culture scientifique : réalisations et réflexions

L'accélération de la connaissance scientifique au XX^e siècle ne s'est pas accompagnée d'une accélération de la diffusion de cette connaissance auprès du public. Pourtant, Internet et les outils modernes de communication offrent la possibilité d'un vaste partage des savoirs, tout en créant de nouvelles difficultés. Eclipsée par les débats souvent animés sur ses applications, la science fondamentale peine à trouver son chemin vers le grand public.

par **Alexandre MOATTI** (*)

Je souhaite partager ici deux thèmes différents de mon expérience en matière de diffusion de la culture scientifique. En premier lieu, j'ai eu la chance d'avoir, sur le chemin de Damas de mon « retour à la science », une conscience aiguë du rôle que peut jouer Internet dans la diffusion de la science. En second lieu, j'ai été amené à m'interroger sur la place et la reconnaissance des sciences exactes (mathématiques, physique, chimie) dans notre société d'aujourd'hui – sujet qui n'est pas sans soulever certaines interrogations, voire malentendus.

INTERNET AU SERVICE DE LA DIFFUSION DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE

Nous savons qu'Internet, que nous utilisons depuis plus de dix ans maintenant, est un remarquable outil d'accès à la connaissance. Les moteurs de recherche, devenus depuis quatre ans la principale porte d'accès au réseau, attisent à tous les âges notre curiosité naturelle et notre soif de connaissance. Si l'on fait un peu de sémantique, quiconque utilise un moteur de *recherche* entreprend, à son niveau, un travail de *recherche* qui lui est propre. Dans la technique même de ces moteurs, la notion d'*indexation* est un écho direct du travail immémorial du documentaliste et du bibliothécaire – ce travail de clas-

sification et d'indexation des œuvres permettant d'en faciliter la consultation par chacun à son niveau.

La diffusion de la connaissance *via* Internet est pourtant rarement mise en exergue, tant au niveau administratif qu'au niveau politique : les aspects négatifs d'Internet – comme le *spam*, les contenus illicites, l'utilisation abusive des données personnelles – sont plus spontanément mis en avant. Quand l'accès de tous à la connaissance, que permet Internet, est évoqué, c'est souvent, là aussi, pour en stigmatiser les dérives : querelles faites aux encyclopédies en ligne, de type *Wikipedia*, sur la pertinence de certains articles ; procès intentés aux moteurs de recherche sur l'ordre d'affichage des contenus, sur la publicité, sur une prétendue domination anglo-saxonne dans l'organisation de l'accès à la connaissance... Loin de moi, l'idée de nier ces dérives potentielles du réseau Internet ! Mais les réticences à l'innovation – celles-ci existent depuis la nuit

(*) Alexandre Moatti, 47 ans, X-Mines, a effectué sa carrière dans le secteur privé et dans le secteur public. En 2003, alors en fonctions au cabinet de la Ministre de la Recherche Claudie Haigneré, il a créé le site www.science.gouv.fr – il en est directeur de la publication. De mi-2005 à mi-2006, il a été Secrétaire général du projet « Bibliothèque numérique européenne », autre projet important de diffusion des savoirs. Mi-2006, il a publié aux Editions Odile Jacob son premier livre de vulgarisation scientifique (voir les références sur son *blog* de sciences www.indispensables.net). Il est par ailleurs, depuis septembre 2006, président de la Société des amis de la Bibliothèque de l'École polytechnique (www.sabix.org).

des temps – ne devraient pas obérer une utilisation pragmatique du réseau, en faveur de la diffusion de la connaissance.

Dans le domaine particulier de la diffusion de la culture scientifique et technique, les pouvoirs publics peuvent jouer un rôle actif dans la promotion de contenus de qualité sur Internet. Au cours de l'année scolaire 2003-2004 – j'appartenais moi-même, à l'époque, au cabinet de la Ministre de la Recherche Claudie Haigneré – nous avons lancé, suivant l'exemple du ministère de la Culture, un certain nombre de sites commémoratifs consacrés à des personnalités scientifiques (1) : mise en ligne de deux expositions consacrées par l'Observatoire de Paris à Arago et à Foucault ; conception complète d'un site multimédia consacré à Marie Curie (un des auteurs du site étant sa petite-fille, la physicienne Hélène Langevin). En effet, au moment où l'on fêtait le centenaire du premier prix Nobel de Marie Curie (en décembre 2003), il n'y avait aucun contenu francophone de qualité à son sujet sur Internet : à présent ce site Internet fait non seulement l'objet d'une exposition physique – alimentation inhabituelle du réel par le virtuel, dans ce cas – mais il est aussi en passe d'être acquis par l'Université de Shanghai, qui souhaite le traduire en chinois.

Surtout, c'est animés de cette volonté politique de promotion de l'« Internet scientifique » que nous fédérâmes, en créant le portail www.science.gouv.fr, l'ensemble des pages Internet de vulgarisation scientifique des organismes de recherche, universités, académies : grâce à un moteur de recherche interne au site ou au gré de sa propre navigation, l'internaute peut cliquer sur des pages situées assez profondément à l'intérieur des sites de ces entités publiques – pages dont l'accès depuis la page d'accueil institutionnelle de l'organisme n'est pas toujours aisé. Cette politique éditoriale de « mise en lumière » de sept cents dossiers multimédia de vulgarisation scientifique, associée à une actualité scientifique et une production de contenus spécifiques en collaboration avec divers partenaires (France 5, Centre de vulgarisation de la connaissance de l'université d'Evry...), a indiscutablement rencontré une demande des internautes : le site reçoit environ 140 000 visites par mois, et son audience 'tous publics' ne cesse d'augmenter.

L'étape suivante, dans l'accès à la connaissance sur Internet est celle de la mise en ligne de notre patrimoine culturel et scientifique. Les grands acteurs américains de l'Internet l'ont bien compris : après l'indexation par les moteurs d'une dizaine de milliards de pages HTML pendant la première décennie d'Internet, c'est la course à la numérisation et à l'indexation de contenus de qualité sur Internet qui est désormais lancée, *via* les accords que signent ces acteurs avec les plus grandes bibliothèques (européennes et américaines, pour l'ins-

tant). La science – au sens large – sera au cœur de ces bibliothèques numériques, l'enjeu étant la mise en ligne d'une « bibliothèque des savoirs » pour les contenus tombés dans le domaine public, sur une période 1700-1940. L'enjeu est aussi celui du rayonnement de la francophonie sur Internet, le patrimoine scientifique et culturel français, comme les patrimoines anglophone et hispanophone, étant susceptible d'intéresser des millions d'internautes dans le monde.

La « Bibliothèque numérique européenne (2) », telle qu'elle semble à présent finaliser ses orientations dans un projet de la Commission européenne centré sur les bibliothèques nationales des vingt-cinq pays membres, représente peut-être une réponse trop centralisée, insuffisamment tournée vers l'internaute, à une question (pourtant bonne) posée au départ, à savoir la visibilité, sur Internet, de contenus patrimoniaux francophones de qualité. Le caractère véhiculaire de l'Internet – grand réseau mondial – mais aussi son caractère vernaculaire – développement de réseaux locaux et communautaires, ce second phénomène étant de loin plus marquant que le premier au cours des deux années écoulées – laisse penser que des initiatives plus décentralisées, plus ciblées, moins globalisantes verront le jour, en parallèle, sans doute plus rapidement qu'un grand projet européen de « Très Grande Bibliothèque numérique ». L'évolution actuelle des technologies accompagne, voire provoque, ce phénomène vernaculaire et cette décentralisation des initiatives : possibilité de numérisation à domicile, partage partenarial de contenus d'un site propriétaire (ou producteur) des contenus à un autre site diffuseur de ces mêmes contenus, *via* RSS aujourd'hui, *via* OAI (Open Archive Initiative), demain...

A titre d'exemple d'initiative décentralisée dans le domaine de la science ; nous sommes en train de lancer, à la Société des Amis de la Bibliothèque de l'École polytechnique, avec le soutien du ministère de la Culture, un projet de numérisation des cours et des écrits de grands scientifiques français de la première moitié du XIX^e siècle, cet âge d'or de la science française. Donner accès à des écrits limpides où l'on retrouve « dans le texte » les lois de l'optique de Fresnel, la force de Coriolis ou l'expérience d'Arago permettant de mesurer la vitesse de la lumière... ; voilà qui participe, aussi, d'une diffusion de la culture scientifique sur Internet, à destination des chercheurs, des étudiants, des professeurs de lycée et des internautes, de manière générale. Mais ce projet n'a pas qu'un objectif patrimonial : il a une visée tout à fait actuelle dans l'amélioration du rayonnement de nos institutions d'enseignement supérieur à l'étranger. Un étudiant en sciences coréen ne connaît peut-être pas l'École Polytechnique, mais il connaîtra, à coup sûr, la force de Coriolis. Cet

(1) On pourra trouver ces sites à www.arago.science.gouv.fr, www.foucault.science.gouv.fr, www.mariecurie.science.gouv.fr; voir aussi les sites d'histoire des sciences consacrés par le CNRS à Lamarck, Lavoisier, Ampère, Buffon (même appel de site : www.personnalite.science.gouv.fr).

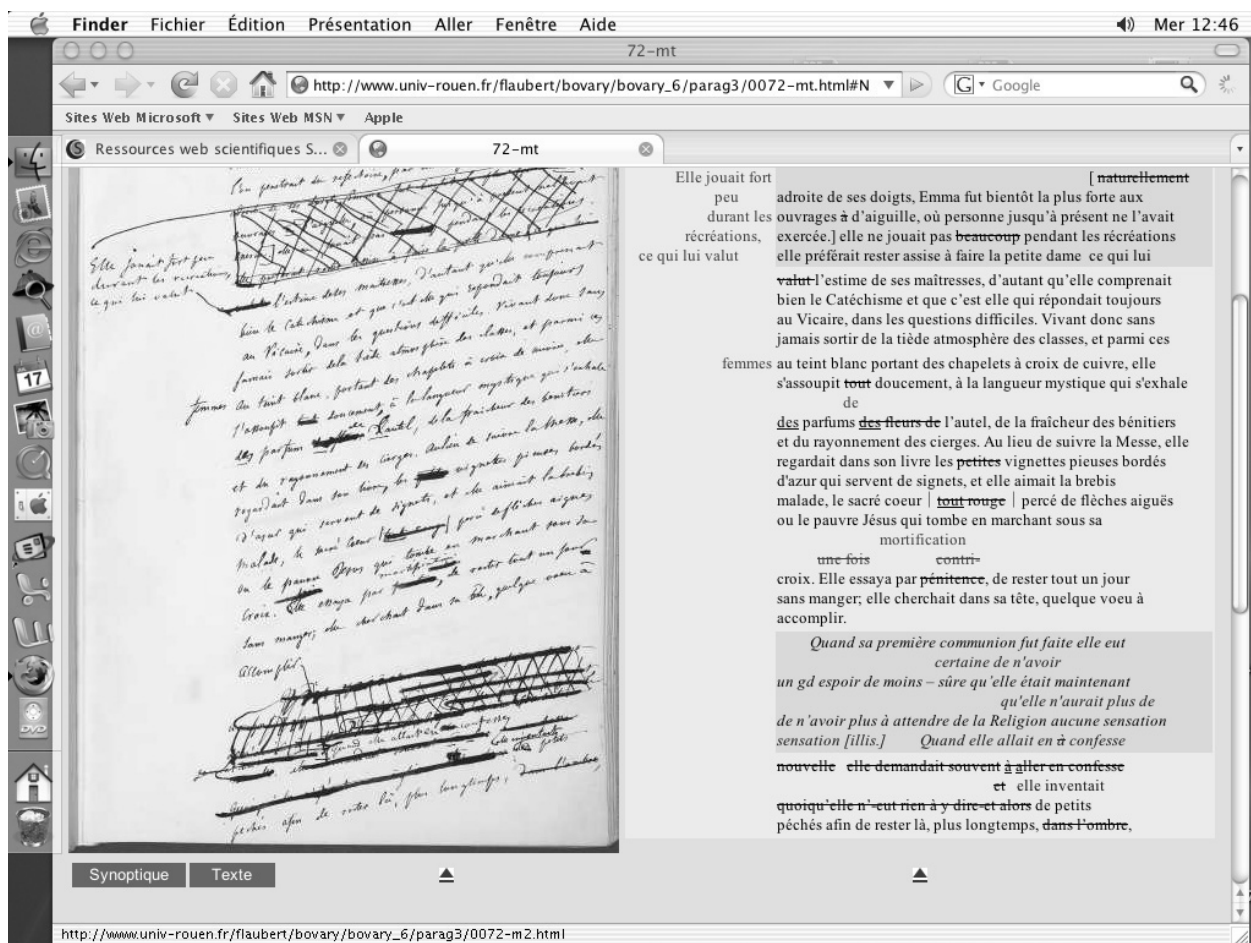
(2) Les lecteurs intéressés par le sujet des bibliothèques numériques et de l'édition scientifique peuvent consulter mon *blog* d'actualités www.bibnum.info ; ils trouveront aussi sur www.bibnum.net le rapport « Bibliothèque numérique européenne » remis au Ministre de la Culture en janvier 2006.

objectif non patrimonial est loin d'être contingent. Une institution qui aurait des visées uniquement patrimoniales ne poursuivrait pas un tel objectif : il s'agit donc bien, là, de l'illustration d'un Internet vernaculaire permettant de valoriser des « initiatives locales d'intérêt général ». En découle le caractère inévitable et hautement souhaitable de ces initiatives décentralisées. D'autres exemples, notamment dans les universités, peuvent être donnés, de la constitution de telles bibliothèques numériques scientifiques : l'Université de Rouen met en ligne les manuscrits de Flaubert et de Maupassant (deux écrivains phares de la Normandie) ;

connaître à son public d'internautes ces réalisations décentralisées, et fort variées.

QUELLE « CULTURE GÉNÉRALE » EN SCIENCES ?

À la lumière de ces expériences professionnelles et de mon expérience personnelle d'écriture d'un livre et de divers articles de vulgarisation scientifique (3), j'ai été amené à m'interroger plus spécifiquement sur la place des sciences exactes (principalement des mathéma-



© ROUEN, BIBLIOTHÈQUE UNIVERSITAIRE

L'Université de Rouen met en ligne les manuscrits de Flaubert (Madame Bovary, première partie, chapitre 6, site de l'université de Rouen).

L'Université de Strasbourg met en ligne les écrits du mathématicien suisse Euler ; l'active communauté nationale des mathématiciens s'est organisée autour de l'Université de Grenoble pour créer un site d'archives de revues mathématiques numérisées : www.numdam.org, ... Le portail « science.gouv.fr » a d'ailleurs entrepris, depuis février 2007, de recenser ces bibliothèques numériques scientifiques, afin de faire

tiques et de la physique) dans notre société, aujourd'hui. Pour conserver l'image de Marie Curie évoquée ci-dessus, j'avais été fort surpris, à la lecture d'un essai, d'apprendre qu'alors qu'on avait demandé à aux élèves d'une classe de CM2, à Tours, dans les années 1960, quelle personnalité suscitait chez eux le plus d'admiration, la réponse majoritaire, chez les filles, fut : « Marie Curie (4) ». Dans notre génération d'avant-1968, la

(3) *Les indispensables mathématiques et physiques pour tous*, Editions Odile Jacob, avril 2006 ; voir *blog de sciences associé* www.indispensables.net

(4) Cité par Dominique Veillon, *Nous les enfants 1950-1970*, Hachette Littérature, http://www.ihp.cnrs.fr/publications/nous_les_enfants.html

science était une réalité effectivement perçue, voire un rêve, un émerveillement – celui de la visite du Palais de la Découverte ou de l'image sur le petit écran noir et blanc du pas d'Armstrong sur la Lune le 21 juillet 1969.

Que subsiste-t-il aujourd'hui de cette capacité d'émerveillement ? La science, et plus spécifiquement la science exacte, est devenue un moyen de sélection à tous les niveaux de l'enseignement : la réalité de la science est éclipsée par la fonction qu'on lui demande de remplir. Le système est ainsi poussé jusqu'à son comble, puisque ceux qui sont sélectionnés à l'issue de la course d'obstacles que représente cette sélection par la science – parmi lesquels nous mentionnerons les cinquante meilleurs élèves issus de l'École polytechnique – sont immédiatement orientés vers l'administration : le mathématicien Laurent Schwartz (1915-2002), médaille Fields, professeur à Polytechnique, stigmatisa à maintes reprises cet état de fait, déplorant la perte causée ainsi à la science française, une « fuite des cerveaux *intra-muros* ».

Ainsi détournée pour en faire un moyen de sélection, à tous les niveaux, la science fondamentale ne semble plus faire partie d'un socle de connaissances minimal, disons, de « culture générale ». Alors qu'un enseignement littéraire et en sciences humaines est, en règle générale, dispensé dans le cadre des enseignements préparant jusqu'au diplôme scientifique le plus élevé, l'inverse n'est pas vrai dans les filières littéraire, juridique, économique et commerciale, dans lesquelles un enseignement de « culture scientifique générale » fait défaut. On peut même dire qu'il est de bon ton, dans la société actuelle, de feindre ne rien comprendre aux grands concepts scientifiques : la spécialisation et le rapide développement qu'a connus la science au XX^e siècle ont fait disparaître la figure du savant-philosophe (tels un Descartes, un Pascal, un Leibniz, un Laplace, et autre Poincaré), en même temps qu'ils signaient la disparition de « l'honnête homme » capable d'appréhender l'état des connaissances de son époque ; nos clercs, philosophes, intellectuels, leaders d'opinion se sont pour la plupart détournés de la science, lui préférant d'autres champs d'investigation plus aisément abordables, et sans doute, aussi, davantage médiatisés...

Il est pourtant un domaine facilement accessible : celui de l'histoire des sciences, qui devrait occuper une place beaucoup plus importante dans notre société et son enseignement. La science exacte fait partie de notre vie de tous les jours : même si l'on n'en comprend pas les équations et le formalisme, on peut en comprendre le fil historique. Citons, en mathématiques, la filiation entre le petit théorème de Fermat (1638) et les algorithmes de chiffrement sur Internet ; en physique, la filiation entre la constante de Planck (1905), l'émission stimulée d'Einstein (1918) et le CD-DVD laser d'aujourd'hui ; ou encore l'application de la relativité restreinte (1905) et de la relativité générale (1916) au système GPS. Ces feuilletons, pourtant passionnants, sont inconnus de la plupart de nos étudiants, y compris dans

les filières scientifiques, où l'histoire des sciences n'est pas mise en valeur ; en filière non scientifique, aborder les sciences par leur histoire ou leur impact sur l'économie – domaines plus familiers et moins rébarbatifs que la science elle-même pour des étudiants « littéraires » – pourrait leur donner cette « culture scientifique générale » indispensable. Il appartient aux grandes institutions de formation en sciences humaines (lettres, droit, commerce, politique...) de relever ce défi, en réhabilitant le mot « sciences » dans toute son acception.

Au-delà du sujet de l'enseignement des sciences à nos étudiants de toute filière, on constate, dans le public adulte, une réelle appétence pour la science fondamentale. Cela concerne notamment les ingénieurs, qui ont fait des études scientifiques, ou les professeurs de sciences du secondaire, ces deux publics étant vivement intéressés par les « découvertes (5) » scientifiques qui ont été faites depuis leurs années d'études. Il ne s'agit certes pas, ici, de gloser sur les plus récents développements de la théorie des cordes en astrophysique, mais, tout simplement – dans une science qui s'est considérablement accélérée depuis 1945 – de transmettre les résultats importants obtenus ou de faire connaître des applications acquises : en sus des exemples d'applications déjà évoqués, on peut citer des résultats qu'il est fondamental de connaître, comme les tests de vérification de la relativité générale permis par la conquête de l'espace (à partir de 1960) ou encore la réfutation du paradoxe EPR de la mécanique quantique (1982).

L'information scientifique qui arrive à surnager dans le flot permanent de l'actualité médiatique correspond aux développements scientifiques les plus récents, renforçant l'impression de complexité véhiculée par la science, parfois même vidant ces développements de leur sens : ainsi, on nous cite la résolution, par Perelman, de la conjecture de Poincaré (mais, au fait de quoi s'agit-il ?), ou l'observation d'une énième étoile, toujours plus lointaine que la précédente, à 13 milliards d'années-lumière de la Terre (mais a-t-on bien conscience qu'on observe cette étoile telle qu'elle était à cette époque ?), ou encore les derniers développements de la théorie des cordes, censée unifier la relativité et la physique quantique (mais le public auquel on s'adresse a-t-il bien, déjà, une idée correcte sur ces deux théories ?)... Cette information scientifique-là n'est guère susceptible de se transformer en culture scientifique. Le filtre écrémant la diffusion de la science dans les médias laisse de côté ce qui est plus facilement accessible : les grandes découvertes scientifiques de la période 1800-1940 et, surtout, les avancées réalisées par la science sur la période 1944-1990, peu assimilées par un public lettré, qui, pourtant, en est friand.

Le débat est loin d'être neutre : de la même manière qu'il y a eu une révolution industrielle en 1850, il y eut, en 1905, une révolution scientifique, qui s'est traduite

(5) Par souci de simplification, nous employons à dessein ce terme (sans doute réducteur, notamment dans le cadre de la physique du XX^e siècle).

par l'accélération et la spécialisation des connaissances scientifiques. La période 1944-1990 est riche de consolidations souvent définitives des théories physiques formulées autour de l'année 1905, grâce à la conquête de l'espace (pour la relativité), et à la physique nucléaire (en ce qui concerne la mécanique quantique). Cette période a connu des avancées scientifiques récentes, qui sont enseignées avec un certain retard : peut-être s'agit-il d'une phase transitoire. Mais le cycle d'hystérésis de la diffusion des savoirs par rapport à leur production a tendance à ne plus se refermer. La connaissance scientifique s'accélère, sans que, pour autant, la vitesse d'assimilation de cette connaissance dans l'enseignement et vers le grand public s'accélère.

Par ailleurs, les occurrences où la science est évoquée dans les médias se cantonnent, bien souvent, à des sujets conflictuels, assez éloignés de la science fondamentale : OGM, effet de serre, nucléaire, éthique biomédicale... De manière analogue au débat autour d'Internet mentionné en première partie du présent article, seuls, les effets de la science jugés négatifs franchissent le filtre des médias et sont portés à la connaissance du grand public, d'une manière fort éloignée de la rigueur scientifique, dans un relativisme des opinions qui se généralise en tous domaines...

Une troisième réflexion sur la place des sciences exactes dans notre société est directement issue des vibrants plaidoyers en faveur de la science fondamentale que l'on peut lire, à intervalles réguliers, en France, depuis la « crise de la recherche » du printemps 2004. Cette science fondamentale se verrait en effet menacée, au profit d'une recherche finalisée, guidée, depuis l'aval, par les intérêts industriels ; elle serait même menacée par une recherche menée sous forme de projets, s'opposant à cette quête désintéressée et non dirigée que constitue la science fondamentale. Cet étendard est souvent brandi à des fins politiques, mais il n'en représente pas moins des fondamentaux non contestables, comme le montrent les exemples que j'ai déjà cités (comme l'application de l'émission stimulée d'Einstein au DVD laser). Une analyse plus approfondie montre cependant que cette vision est très réductrice, voire biaisée, eu égard aux développements scientifiques du XX^e siècle, et qu'elle peut contribuer à une mauvaise compréhension des acquis scientifiques de ce siècle par le grand public.

Tout d'abord, la mise en perspective par l'histoire des sciences devrait nous apprendre à manipuler avec précaution la notion de science fondamentale, indépendante de ses applications. Au début du XX^e siècle, en plein boom de la révolution scientifique, les tenants d'une science désintéressée, sans rapport avec les applications industrielles, se recrutaient parmi les physiciens les plus conservateurs, opposés non seulement aux innovations techniques de la révolution industrielle, mais aussi à la révolution scientifique du début du XX^e siècle : la phrase prononcée, dans les années 1920, sur « la parfaite inutilité du téléphone » est bien connue, bien qu'elle soit rarement attribuée à son véritable

auteur (6) – en l'occurrence, un physicien expérimental de renom, qui s'opposa sa vie durant à la nouvelle physique. En Allemagne, les physiciens de la « *Deutsche Physik* » des années 1930 mettront toujours en avant la science fondamentale – la science au sens allemand du mot *Naturwissenschaft* : « connaissance de la nature » – au détriment de ses applications (ils iront même jusqu'à donner au concept de « science pure » le sens d'une science débarrassée de ses praticiens non-aryens...)

Mais, au-delà de cette mise en perspective historique et de ses dissonances, opposer trop fortement la science fondamentale à la technologie ferait litière d'une authentique compréhension des avancées de la science au XX^e siècle. Car, si la science permet incontestablement le progrès technologique, on oublie souvent de rappeler que l'inverse est vrai : la révolution industrielle (à partir de 1850) et les importants progrès technologiques du XX^e siècle ont incontestablement permis à la science fondamentale d'avancer. La mise au point de matériels de laboratoire toujours plus sophistiqués, de télescopes, de satellites et de sondes spatiales... permet d'apporter, à partir de 1945, des résultats majeurs à la science fondamentale : en témoignent la vérification du troisième test de la relativité générale (expérience de Pound & Rebka, en 1960), la réfutation du paradoxe EPR de la mécanique quantique (paradoxe formulé par Einstein en 1935, et réfuté par Aspect en 1982) et, plus près de nous, l'apparition de concepts scientifiques fondamentaux comme l'électronique de spin (7), née grâce au développement de l'industrie électronique. Le développement des nanosciences marie d'ailleurs intimement science fondamentale et technologie. On pourrait multiplier les exemples, et en donner d'autres en mathématiques, qui sont pourtant une science fondamentale par excellence : certains résultats, comme le « théorème des quatre couleurs », ne peuvent être démontrés que grâce à la puissance acquise en calcul informatique.

Car c'est une des caractéristiques du XX^e siècle – dans un autre cycle d'hystérésis entre progrès scientifique et progrès technologique – que d'avoir ainsi aboli les barrières entre les sciences fondamentales et leur utilisation dans les technologies. Opposer, au XXI^e siècle, de manière tranchée et parfois doctrinaire, science fondamentale et technologie, en physique (mais aussi en mathématiques) reviendrait à faire un contresens sur la

(6) Il s'agit d'Henri Bouasse (1866-1955), ancien élève de l'École normale supérieure (1885), in « *Houle, rides, seiches et marées* » (1924), un ouvrage consacré à l'hydrodynamique ; ce physicien universitaire a eu une grande influence, avec ses manuels, sur l'enseignement supérieur de la physique en France jusqu'en 1940.

(7) C'est Albert Fert (CNRS) qui met au point ce concept dans les années 1990, http://www.cnrs.fr/dsg/MIPPU/sciences/nanosciences/temoign_fert.htm. Il est intéressant de constater qu'Albert Fert et Alain Aspect sont tous deux « médaille d'or du CNRS » (respectivement en 2003 et en 2006) ; ce sont deux des plus brillants physiciens français. Ils font bien évidemment de la science fondamentale, mais sont aussi de grands expérimentateurs, sachant mettre au point et utiliser les technologies de laboratoire les plus sophistiquées.

spécificité de la révolution scientifique du XX^e siècle, et risquerait de contribuer à induire le grand public en erreur sur la nature même de la science, à l'heure actuelle. C'est là un écueil dont devrait se garder toute personne soucieuse de la transmission de la science à un large public.

Révolution industrielle de 1850 et progrès de la technique, révolution scientifique de 1905 et accélération de la connaissance scientifique, révolution de l'Internet

de 2000 et diffusion de l'accès à la connaissance, voilà trois phénomènes étroitement imbriqués, dont les cycles à inductance mutuelle ont incontestablement un impact sur l'assimilation actuelle des concepts de la science par le grand public. C'est maintenant que nous commençons à percevoir leur influence, ses dangers comme ses opportunités, dans la fonction que nous avons tous – ingénieurs, chercheurs, professeurs, parents – de vulgarisateur de la science.