

**46^e session de la
Conférence internationale de l'éducation**

Genève – 5 – 8 septembre 2001

**Atelier 5 : « Progrès scientifique et enseignement des sciences : connaissances de base,
interdisciplinarité et problèmes éthiques »**

Note problématique à l'intention des organisateurs et intervenants

Introduction	3
1 La question des contenus.....	3
1.1 Les connaissances de base	3
1.2 L'impact du développement des sciences et des techniques sur la société, et son effet sur les contenus d'enseignement	5
1.3 Le rôle des institutions proposant de l'éducation non formelle et des ressources hors l'école⁶	7
1.4 Didactique des disciplines.....	7
2 La question de la méthodologie.....	7
2.1 Des pratiques expérimentales, en contact avec le réel	7
2.2 Quelques aspects issus de recherches récentes en didactique et d'innovations.....	9
2.2.1 Mettre l'élève en action	9
2.2.2 Diversifier les parcours.....	9
2.2.3 Prendre en compte les représentations initiales	9
2.2.4 Le savoir sur le savoir.....	10
2.2.5 La pédagogie de projet	10
2.3 La recherche documentaire.....	10
2.4 Une démarche d'apprentissage adaptée à l'enseignement des sciences	11
3 Des problématiques interdisciplinaires	11
3.1 Des méthodes d'investigation issues des sciences, utilisables dans les autres champs disciplinaires.....	11
3.2 Les questions d'éthique et de citoyenneté	11
3.3 L'accès et la pratique des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)	12
3.3.1 Des outils pour poursuivre des objectifs traditionnels de l'école	13
3.3.2 Comment évolue le rôle de l'enseignant ?.....	13
Bibliographie.....	16

Introduction

Cette note a pour objet de présenter quelques unes des problématiques actuelles et des évolutions en cours dans l'enseignement des sciences¹.

Elle est construite en trois parties. Une première partie est centrée sur l'évolution des contenus enseignés. Ceux-ci sont caractérisés par un accroissement des liens entre l'école et la société, ce qui a comme effet de rendre les contenus moins abstraits, plus pratiques et plus actuels. Ce mécanisme s'inscrit dans une dynamique où d'une part la connaissance et la science jouent un rôle de plus en plus déterminant dans l'évolution de la société et dans la vie quotidienne et où, d'autre part, le taux de scolarisation a globalement tendance à augmenter dans le monde, exigeant l'adaptation des contenus à un enseignement de masse, pour des publics divers.

La seconde partie a pour objet l'évolution des pratiques pédagogiques et du rôle de l'enseignant. La nécessaire actualisation des contenus et l'accroissement des connaissances rendent encore plus nécessaire la maîtrise d'un ensemble de compétences, savoir-faire et méthodes, au point que, de plus en plus, les curriculum fixent comme objectif l'acquisition de plus de compétences transversales qui sont encore plus l'objet d'évaluation, pour moins de connaissances². Pour ces questions de pédagogie et de didactique, on pourra se reporter sur le plan général aux ouvrages : « Eduquer et Former³ », « Apprendre⁴ » et « Apprendre... oui, mais comment⁵ », et pour ce qui concerne les sciences : « Une didactique pour les sciences expérimentales⁶ » ainsi que le n° 19 de la revue Aster⁷.

La troisième partie proposera de s'arrêter sur des outils, compétences ou thèmes communs aux sciences et aux autres disciplines.

1 La question des contenus

1.1 Les connaissances de base

Avec le développement des connaissances scientifiques et techniques que l'on doit pour partie intégrer dans les programmes, les systèmes éducatifs se trouvent face à un dilemme : comment, dans des cursus dont la durée ne change pas, voire diminue, peut-on prendre en compte cet accroissement ? Il est indispensable dans ce cas de supprimer autre chose ; mais quoi ?

Partant de ce constat, on peut proposer deux éléments de réponse : certaines connaissances sont indispensables de manière intemporelle et sont le socle sur lequel on peut construire toutes les connaissances utiles à n'importe quel moment, pour peu que l'on ait accès à des

¹ Dès sa fondation, l'UNESCO a fait des sciences et de l'éducation scientifique l'un des axes majeurs de ses préoccupations. En 1999, la Conférence mondiale sur la science de Budapest a adopté une « Déclaration sur la science et l'utilisation du savoir scientifique » dont on trouvera quelques extraits en Annexe, p.16

² Exemple des programmes anglais, cités par une Note interne au Ministère de l'Éducation de la Province du Québec, Canada, mars 2001

³ Ruano-Borbalan, Jean-Claude, dir. , « Eduquer et Former – Les connaissances et les débats en éducation et en formation », Editions Sciences Humaines, France, 1997

⁴ Giordan, André, « Apprendre ! », Collection Débats, Belin, France, 1999

⁵ Meirieu, Philippe, « Apprendre... oui, mais comment », Pédagogies outils, ESF éditeur, France, 1999

⁶ Giordan, André, « une didactique pour les sciences expérimentales », guide Belin de l'enseignement, Belin, France, 1999

⁷ Revue Aster – Recherches en didactique des sciences expérimentales, n° 19, « La didactique des sciences en Europe », INRP, France, 1994

sources d'information ; c'est ce que l'on peut appeler « les connaissances de base » ; par ailleurs, l'acquisition d'une habileté à chercher et traiter de l'information complètera ces connaissances de base en permettant à tout apprenant de s'intégrer dans son environnement et de répondre aux questions posées à tous moments. C'est sans doute une des raisons pour lesquelles les acquisitions de compétences méthodologiques ont pris une telle importance depuis quelques dizaines d'années.

Si l'on s'en tient à cette définition lapidaire des besoins et des connaissances de base, on pourrait considérer qu'il y a trois compétences de base « lire, écrire et compter » et que partant de celles-ci, tout peut se construire. Bien entendu la réalité est bien plus complexe.

En matière de compétences d'ordre méthodologique, nous le verrons plus bas, certains savoir-faire sont indispensables en plus des trois fondamentaux cités ci-dessus. De plus sachant qu'il n'est pas possible de distinguer le fond de la forme, ce n'est pas dans l'absolu que des compétences s'acquièrent indépendamment de tout objet ; il convient de s'appuyer sur des objets réels pour construire ces compétences. Enfin avec le développement, à plus ou moins brève échéance, dans tous les pays de l'enseignement de masse, c'est à dire qui touche l'ensemble d'une classe d'âge, considérer que les habiletés intellectuelles doivent se construire dans des univers abstraits, comme les mathématiques, partant de l'idée qu'une fois maîtrisées, on pourra les appliquer à tous les autres objets de la connaissance est un raccourci dangereux qui ne tient pas compte de la diversité des élèves.

Il est vraisemblable qu'autour d'un noyau dur de connaissances de base, chaque époque exige qu'un certain nombre de connaissances soient partagées par tous les élèves lorsqu'ils quittent l'école. Pour les identifier, la plupart des pays réunit des commissions ad hoc, chargées d'élaborer des corpus de connaissances à posséder, définis de manière très précises et très détaillés, comme les programmes en France, exigeant des compétences plus générales et moins détaillées comme c'est le cas des « standards » américains.

Un des moyens de repérer les tendances consiste à comparer les contenus inscrits dans les programmes, standards ou curriculum de quelques pays.

Si l'on compare les contenus des programmes scientifiques d'Angleterre, de Belgique, des provinces du Québec et de l'Ontario au Canada et de l'état du Vermont aux Etats Unis⁸, on observe que les thèmes suivants sont communs à tous :

- Les vivants
- La matière
- L'énergie
- L'univers, l'espace, la terre, l'environnement

D'autres thématiques existent pour deux ou seulement un des ces pays, province ou état :

- Science et technologie dans l'activité humaine,
- L'air, l'eau et le sol
- Les techniques et l'instrumentation
- L'histoire de la vie et des sciences

⁸ Note interne au Ministère de l'Education de la Province du Québec, Canada, mars 2001

Enfin, on trouve aussi, rarements des thèmes comme « les modes de raisonnement propres à la science et à la technologie » (Québec), « les gestes scientifiques » (Angleterre) qui font sans doute le lien avec des aspects plus méthodologiques.

1.2 L'impact du développement des sciences et des techniques sur la société, et son effet sur les contenus d'enseignement

Plus qu'à aucune autre période de l'histoire de l'humanité, le XX^e siècle a été profondément affecté par le développement des sciences et des techniques.

Il est clair que la discipline majeure pour la première moitié du XX^e siècle a été la physique. La fin du XIX^e et le début du XX^e ont vu la théorie de l'atome l'emporter définitivement pour la compréhension de la structure de la matière, la découverte de la radioactivité, la théorie de la relativité, la théorie des quanta. Ces découvertes majeures ont créé une dynamique pour tout le XX^e siècle, ayant des effets sur les nouveaux matériaux, l'électronique et de nombreux autres domaines qui s'y sont ancrés. Comme le souligne Paul Caro⁹, la physique a d'abord domestiqué la vapeur pour les moteurs, puis l'électron et le photon. Ensuite, la seconde moitié du XX^e siècle a plutôt été celle des sciences du vivant. Celles-ci avec le développement entre autres de l'instrumentation et de la biochimie, sont passées du statut de sciences naturelles, ou d'observation, à celui de sciences expérimentales. Sans doute, l'événement fondateur de ce regain des sciences du vivant a été la description du modèle moléculaire de l'ADN par Watson et Crick en 1953. Cela a permis le développement de la biochimie, de la génétique et le bond prodigieux de la médecine. Enfin, le développement de l'ordinateur (le premier calculateur électronique, ENIAC a été fabriqué en 1946) a constitué une troisième période majeure dans l'histoire des sciences et des techniques durant le XX^e siècle. L'ordinateur a diffusé dans l'ensemble de la société à partir des années 70 et, à partir de 1989 le développement des réseaux, précédé du multimédia, est à la source de l'apparition des Technologies de l'Information et de la Communication dont l'impact à tous les niveaux de la société se fait aujourd'hui ressentir.

Parallèlement aux périodes qui ont vu la domination de tel ou tel champ scientifique ou technique, on peut observer deux évolutions essentielles au cours de la seconde moitié du XX^e siècle. La première des ces évolutions est le considérable accroissement de la spécialisation et de la diversification des disciplines. Ceci, avec le développement de langages propres a renforcé ce que de nombreux auteurs appellent le « fossé » entre la communauté scientifique et le reste de la société. La seconde consiste dans l'interpénétration de plus en plus grande entre science et technique et entre recherche fondamentale et applications. L'impact de la science sur tous les secteurs de la société s'en trouve accru, la question du financement de la science d'une part, et du débat social produit par la recherche, n'en devient que plus essentielle.

Ceci entraîne une évolution des questionnements entre science et société, se traduisant par une évolution des demandes des citoyens et des contenus éducatifs.

Ainsi, on observe une entrée en force des questions de citoyenneté, alors que par ailleurs on déplore une certaine forme « d'illettrisme scientifique ». Cet illettrisme, il convient de le relativiser : il est certes étonnant d'apprendre que 55 % des américains considèrent que le Soleil tourne autour de la Terre, mais il faut s'interroger sur la nature des questions qui sont utiles et que se posent les gens. Bien souvent on prend comme critère de culture scientifique et technique des connaissances « académiques », mais le questionnement des gens est plus

⁹ Caro, Paul, « La roue des Sciences », Albin Michel, France, 1993, chapitre VI

pratique et lié à la vie quotidienne ; dans ce domaine, les résultats seraient certainement meilleurs.

Cette évolution du questionnement, on la trouve assez bien illustrée dans deux enquêtes d'opinion (la première commandée par le CNRS à Suzanne de Chevigné, Laboratoire Politique et Communication, 1999, la seconde commandée par le Ministère de la Recherche en novembre 2000¹⁰). Elles montrent assez clairement que les questions qui intéressent les français s'inscrivent dans trois groupes d'importance décroissante :

- Des questions d'intérêt personnel touchant les personnes sondées personnellement (santé, environnement...)
- Des questions relatives à la gouvernance, l'organisation et le fonctionnement de la recherche
- Des questions relevant de connaissances pures.

Ce classement d'une part, et l'apparition des aspects de gouvernance correspondent à un fait nouveau dans ce que nous apprennent les sondages.

Pour ce qui est de l'école, on peut observer une évolution parallèle : celle-ci prépare principalement à vivre, à s'intégrer et à jouer un rôle responsable dans une collectivité caractérisée par une certaine homogénéité culturelle, mais aussi dans une société mondialisée, elle prépare par ailleurs à une formation, à un métier, ou plutôt à voir une vie professionnelle variée. C'est pour ces deux raisons que les contenus d'enseignement doivent s'ancrer pour partie sur le réel et l'actualité et que l'école s'ouvre de plus en plus sur la société dans son ensemble.

1.3 Le rôle des institutions proposant de l'éducation non formelle et des ressources hors l'école

Les institutions de culture scientifique et tous les espaces ressources sont un des moyens pour mettre en œuvre cette ouverture de l'école vers la société. Il s'agit des espaces hors l'école médiatisant la science, la technologie et la nature, à savoir les centres de culture scientifique et technique, les musées et muséum, les entreprises et les organismes de recherche lorsqu'un dispositif de médiation y est prévu ainsi que les espaces de découverte de la nature ou les parcs.

Outre l'avantage de mettre les élèves en contact avec des objets réels ou des « artefacts » différents de ceux utilisés en classe, des médiateurs ou des professionnels, ces espaces présentent un certain nombre d'intérêts qu'il est utile d'exploiter :

- L'environnement physique est tel que la posture de l'enseignant et sa pratique professionnelle évoluent. Il est dans un environnement où une pédagogie « frontale » est inappropriée et où la densité de ressources et d'informations est telle qu'une place particulière est accordée à l'autonomisation de l'élève, seul ou en groupe, dans la recherche
- L'élève se trouve dans un environnement physique et relationnel (avec ses camarades, son professeur et les médiateurs) particulier et se trouve face à des informations dont l'implication personnelle et quotidienne peut être plus forte que dans la classe ; ceci peut entraîner une meilleure « appétance » vis à vis du savoir

¹⁰ Citées par Michel Demazure, Président de la Cité des Sciences et de l'Industrie, lors d'une conférence prononcée le 8 décembre 2000

- Le rapport médiateur-apprenant est transformé dans une relation sociale nouvelle mettant en jeu des types particuliers : échanges de connaissances¹¹, comportement d'étudiant ou de compagnon vis à vis d'un professeur, d'un tuteur ou d'un maître¹².

De nombreux ouvrages permettent d'approfondir ces questions. A titre d'exemple, citons un numéro de la revue « Aster » qui est consacré aux ressources hors l'école, principalement les musées et notamment les muséum¹³. D'autres cas précis (exemple de ferme agronomique en Israël et de réseau d'étude sur l'environnement en Norvège) sont analysés dans une publication dirigée par John Leach et Albert Chr. Paulsen¹⁴. L'ouvrage de Goery Delacôte, directeur de l'Exploratorium de San Francisco, illustre bien comment le système éducatif peut s'inspirer des innovations issues de musées scientifiques¹⁵, enfin, Jack Guichard et Jean-Louis Martinand proposent les fondements théoriques d'une recherche associant médiation dans les musées et pédagogie dans les classes, tout en décrivant fort bien l'impact de l'exposition sur les apprentissages¹⁶.

1.4 Didactique des disciplines

En général dans cette note, nous traitons de savoir-faire et de connaissances transversales. Sur le plan de la recherche, la didactique des disciplines permet de construire un corpus de savoir spécifique lié aux caractéristiques propres de chaque discipline.

Nous proposons à cet égard de se reporter à deux ouvrages, « savoirs scolaires et didactiques des disciplines »¹⁷ et le numéro 27 de la revue Aster¹⁸.

2 La question de la méthodologie

2.1 Des pratiques expérimentales, en contact avec le réel

Nous l'avons vu plus haut, en raison du développement exponentiel des connaissances, la part accordée aux habiletés et aux savoir-faire méthodologiques s'en trouve accrue. Ceci est vrai pour les sciences et les technologies pour cette raison, mais plus encore parce que l'activité même en sciences et en technologie dépend pour une large part d'un mode de pensée, de rigueur, d'attitudes.

Une des principales méthodes en jeu dans les sciences est la méthode dite expérimentale. Trop souvent, en français on a tendance à confondre expérimentation et manipulation. Manipuler, en particulier le réel est essentiel, certes, mais ça ne suffit pas pour expérimenter.

La méthode expérimentale suit les différentes étapes schématisées ci-dessous.

¹¹ A cet égard, le mouvement associatif des « Réseaux d'échanges réciproques de savoirs » est particulièrement intéressant ; voir : Héber-Suffrin, Claire et Marc, « L'école éclatée », épi, France, 1994

¹² Delacôte, Goéry, « Savoir Apprendre – Les nouvelles Méthodes », Editions Odile Jacob, France, 1996, chap. 4

¹³ Girault, Yves dir., Revue Aster – Recherches en didactique des sciences expérimentales, n° 29, « L'école et ses partenaires scientifiques », INRP, France, 1999

¹⁴ Leach, John ; Paulsen, Albert Chr., « Practical work in Science Education – Recent Research Studies », Kluwer academy publishers (Danemark), Roskilde university press (Pays Bas), 1999, Section 4

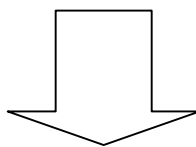
¹⁵ Delacôte, Goéry, op. cité

¹⁶ Guichard, Jack ; Martinand, Jean-Louis, « Médiatique des sciences », collection éducation et formation, technologies de l'éducation et de la formation, Presses Universitaires de France, France, 2000

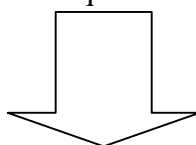
¹⁷ Develay, Michel, « Savoirs scolaires et didactiques des disciplines – une encyclopédie pour aujourd'hui », collection pédagogies, ESF éditeur, France, 1995

¹⁸ Rumelhard, Guy, Coord., Revue Aster – Recherches en didactique des sciences expérimentales, n° 27, « Thèmes, thèses, tendances », INRP, France, 1998

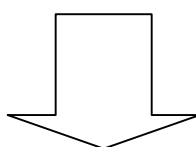
Formulation d'une question sur un phénomène, un objet...



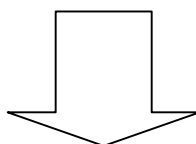
Elaboration d'une hypothèse quant à la réponse à la question



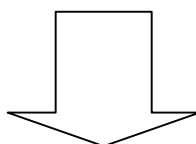
Elaboration d'un protocole expérimental permettant de confronter l'hypothèse à la réalité



Mise en œuvre du protocole expérimental



Analyse des résultats, discussion et conclusion qui infirme ou corrobore l'hypothèse



Eventuellement répétition du protocole expérimental pour s'assurer de la répétitivité du résultat

Ou bien

Formulation d'une nouvelle hypothèse, opposée à la précédente et redémarrage du processus expérimental

Schéma représentant les différentes étapes de la démarche expérimentale

Cette exigence de reprise de contact avec le réel, encore plus importante lorsqu'on sait qu'il est nécessaire de rééquilibrer des enseignements trop théoriques et « frontaux » d'une part, et lorsque l'on voit le développement nécessaire des TIC qui ne doivent pas cependant concentrer à elles seules les supports d'information mises à la disposition des élèves d'autre part, est bien illustrée par des programmes nouveaux valorisant ce type de démarche.

En France, depuis 1996 une expérience centrée sur l'enseignement primaire a joué ce rôle, c'est le programme « La main à la pâte », initié et valorisé par le prix Nobel de physique

Georges Charpak. Il a été inspiré par le travail conduit par Léon Lederman, prix Nobel de physique dans les écoles de Chicago au début des années 90¹⁹.

Ce programme centré sur l'introduction de la démarche expérimentale a eu des conséquences corollaires particulièrement intéressantes :

- Il a permis l'entrée de chercheurs et d'étudiants dans les classes, ce qui a eu comme effet de renouveler la relation pédagogique avec les élèves, et sans doute apporté quelques compléments de formation scientifique aux enseignants dans un contexte non formel
- Il a poussé la responsabilisation des élèves, qui doivent mener leurs propres expériences et consigner leurs résultats dans un « cahier d'expériences »
- Il a généré une très grande inventivité des enseignants qui se sont engagés dans cette démarche et qui ont d'ailleurs mis en réseau les résultats de leur travail²⁰.

Des projets mettant en jeu des démarches expérimentales s'inspirant d'activités de recherche sont aussi décrits par John Leach et Albert Chr. Paulsen²¹ ; d'autres, en insistant sur la collaboration et les interactions entre élèves par WM Roth²².

2.2 Quelques aspects issus de recherches récentes en didactique et d'innovations

2.2.1 Mettre l'élève en action

La nécessaire mise en action de l'apprenant est présente dans de nombreuses théories didactiques, soit pour renforcer les apprentissages, soit même pour les permettre. Le constructivisme de Piaget en est un exemple particulièrement important. Parmi les ouvrages cités en bibliographie, nombreux sont ceux qui font appel à une mise en action concrète de l'élève.

2.2.2 Diversifier les parcours

Considérer que chaque élève poursuit un cheminement particulier quand il apprend est assez naturel lorsqu'on retient le fait que l'élève doit être le principal acteur de son apprentissage. Les mouvements d'éducation nouvelle qui se sont développés durant la première moitié du XX^e siècle (par exemple Freinet, Decroly, Montessori) ont très fortement insisté sur cette individualisation du parcours.

2.2.3 Prendre en compte les représentations initiales

Cette action de l'élève, et l'individualisation de son parcours doivent être accompagnées d'un préalable : le point de départ n'est pas le même pour chacun. Sur le sujet de travail choisi, les connaissances, ou idées préalables, ce que certains auteurs appellent les « représentations initiales », doivent être connues pour construire le parcours didactique. Ainsi, l'apprentissage

¹⁹ Le projet « La main à la pâte » est détaillé dans deux ouvrages :

Charpak, Georges, préf., « La main à la pâte : les sciences à l'école primaire », Flammarion, France, 1996
Charpak, Georges, dir., « Enfants, chercheurs et citoyens », Editions Odile Jacob, France, 1998

²⁰ Le site www.inrp.fr met à disposition la base de données ainsi produite ; une mailing liste est particulièrement active à ce sujet

²¹ Leach, John ; Paulsen, Albert Chr., « Practical work in Science Education – Recent Research Studies », Kluwer academy publishers (Danemark), Roskilde university press (Pays Bas), 1999, Sections 1, 2 et 3

²² Roth, Wolff-Michael, « Authentic School Science – Knowing and Learning in Open-Inquiry Science Laboratories », Science & Technology Education Library, Kluwer Academic Publisher, Pays Bas, 1995

se mène dans un environnement changeant et est continuellement affecté, comme le cerveau qui en est la siège, par les changements de cet environnement. C'est ce que certains auteurs anglo-saxons ont appelé « allosteric learning model », repris par André Giordan sous le terme modèle allostérique, par analogie à la structure des molécules qui change en fonction des conditions de l'environnement dans lesquelles elles se trouvent²³.

2.2.4 Le savoir sur le savoir

C'est ainsi qu'André Giordan qualifie ce que la plupart des auteurs qualifient de « métacognition »²⁴. L'apprentissage achevé, il est essentiel de s'interroger avec l'apprenant sur les facilités et difficultés rencontrées lors du processus d'apprentissage. C'est à cette condition que l'on pourra valider et renforcer des compétences d'autonomie vis à vis de l'information, et qu'un recul formel sur ces pratiques permettra d'améliorer la performance sur de nouveaux sujets²⁵.

2.2.5 La pédagogie de projet

La pédagogie de projet est sans doute un bon moyen pour renforcer l'implication de l'élève. Mettre en place une telle pédagogie permet :

- De partager avec les élèves l'intention, l'objectif du travail
- D'avoir une approche très globale du travail, mêlant pluridisciplinarité et même organisation logistique selon la nature du projet
- Diversifier les types d'activités avec des phases de préparation, le projet lui-même et sa valorisation, diffusion ou exploitation.

2.3 La recherche documentaire

La recherche documentaire correspond à un corpus de savoir-faire techniques particuliers. Les principales étapes peuvent être résumées ainsi :

- Formulation d'une question
- Identification du, des ou de la combinaison de mots-clés qui permettront de trouver des sources d'information répondant à la question
- Sélectionner les ouvrages selon plusieurs critères (pays, date, auteur, éditeur, références...)
- Etudier les ouvrages à l'aide de leur sommaire, index...
- Elaborer une synthèse des informations rassemblées.

Cette activité fait appel à des compétences tout à fait importantes :

- Maîtrise de la technique de recherche elle-même
- Exercice de l'esprit critique vis à vis des documents recueillis (auteur, éditeur, référence, recoupement avec des sources d'informations indépendantes...)
- Capacités à produire une synthèse

Il est particulièrement intéressant d'observer que cette pratique de recherche documentaire, construite pour le « média » livre peut et doit être utilisée dans d'autres environnements informationnels : citons les centres de ressources proposant de l'information sur des supports

²³ Giordan, André, « Apprendre ! », Collection Débats, Belin, France, 1999, p. 14

²⁴ Giordan, André, « Apprendre ! », Collection Débats, Belin, France, 1999, ch. 11

²⁵ Voir en particulier : Meirieu, Philippe dir., « La métacognition, une aide au travail des élèves », ESF, France, 1999

de nature différents (par exemple centres de sciences et musées scientifiques), et les ressources numériques disponibles à travers les réseaux, en particulier le Web.

2.4 Une démarche d'apprentissage adaptée à l'enseignement des sciences

Ce qui a été dit plus haut sur la démarche expérimentale, et les éléments de didactique abordés dans cette partie conduisent à proposer des déroulements de séquences pédagogiques particuliers. Il en existe bien sûr de diverses sortes selon les disciplines, les niveaux des élèves et les sujets abordés. Certaines structures de séquences peuvent néanmoins être une aide à l'élaboration d'activité de classe au point qu'elles peuvent être proposées dans le cadre de programmes ministériels. C'est le cas par exemple du programme de science du premier degré de la Belgique²⁶. Ce processus est par ailleurs décrit par André Giordan²⁷.

3 Des problématiques interdisciplinaires

Un certain nombre d'approches, d'outils ou de contenus issus des sciences et des techniques peuvent profitablement être utilisées dans d'autres domaines disciplinaires. De plus, certains thèmes transversaux font appel aux sciences et aux techniques ainsi qu'à d'autres disciplines.

3.1 Des méthodes d'investigation issues des sciences, utilisables dans les autres champs disciplinaires

Un certain nombre de méthodes de relation à la réalité et au savoir sont issues des sciences et des techniques. Cependant, elle peuvent avec profit être utilisées dans les autres disciplines. Dans le programme des sciences de la province de l'Ontario, on peut lire²⁸ « la science n'est pas seulement un ensemble de connaissances mais aussi une « façon de connaître » (ex : exploration, expérimentation, observation, mesure, analyse et diffusion des données). Ces activités demandent des habiletés et une tournure d'esprit particulières (ex : précision, discipline, intégrité dans l'application des principes scientifiques, etc.) ; la technologie est aussi une « une façon de connaître » et un processus d'exploration et d'expérimentation. La recherche technologique est basée sur l'application de méthodes connues sous le nom de « processus de conception », qui font appel à des concepts et à des méthodes et qui consistent à déterminer un besoin ou à circonscrire un problème et à choisir la meilleure solution (ex : concevoir un périscope en quatrième année) ».

Les démarches scientifiques, en tant qu'objet d'apprentissage formatrices de la pensée sont décrits dans l'ouvrage dirigé par William F. McComas²⁹.

3.2 Les questions d'éthique et de citoyenneté

Parmi les domaines où se rencontrent éducation, connaissance, culture, éthique, responsabilité, sciences et société, l'éthique et la citoyenneté occupent une place importante.

Elles sont l'expression de l'évolution des objectifs de l'école qui élargit son champ vers la culture et l'intégration responsable dans la société.

²⁶ Note interne au Ministère de l'Éducation de la Province du Québec, Canada, mars 2001

²⁷ Giordan, André, « une didactique pour les sciences expérimentales », guide Belin de l'enseignement, Belin, 1999, ch. 6

²⁸ Cité dans une Note interne au Ministère de l'Éducation de la Province du Québec, Canada, mars 2001

²⁹ McComas, William F., dir., « The Nature of Science in Science Education Rationales end Strategies », Science & Technology Education Library, Kluwer Academic Publishers, Pays Bas, 1998

Pour ce qui concerne l'éthique, c'est sans doute la biologie et la médecine qui proposent le plus de sujets et de débats : en effet, leur développement ouvre des possibilités nouvelles qui peuvent avoir un impact sur la personne, la collectivité, son devenir et l'espèce. On se trouve là dans un domaine qui fait appel à la philosophie, aux lettres, à l'économie, aux sciences pour que puisse s'exprimer les convictions et les choix personnels, en conscience. Pour G. Charpak, « l'éducation [est] une bonne barrière contre la barbarie »³⁰, dans le droit fil des principes de JJ Rousseau ; par ailleurs on voit qu'une part de la formation à la citoyenneté passe par un service « civique » au sein d'une collectivité³¹. On pourra trouver un ensemble de réflexions sur la formation à la citoyenneté dans l'ouvrage collectif « Construire ses savoirs, construire sa citoyenneté »³², et dans « La tête bien faite » d'Edgar Morin³³.

Des projets traitant de thématiques à l'interface entre éthique, citoyenneté et sciences telles que la question des différences entre les races et les relations entre science et race, l'indépendance intellectuelle, l'exercice de la démocratie sont présentés dans « Problems of Meaning in Science Curriculum »³⁴.

La citoyenneté couvre un champ plus vaste, pour partie lié aux sciences et aux techniques. L'interpénétration croissante entre science, technologie, économie et société génère des enjeux de démocratie à partir des sciences et des techniques. Des questions telles que la gestion de la planète, l'environnement, l'énergie, l'eau, les grands équipements de recherche (en particulier en physique), la politique publique de recherche s'inscrivent dans ces problématiques. Ici, nous sommes à l'interface entre sciences, philosophie, lettre, droit, connaissance des institutions...

3.3 L'accès et la pratique des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)
On peut considérer qu'en matière d'éducation et de formation les TIC peuvent jouer trois rôles différents.

Tout d'abord, parce qu'elles deviennent un outil indispensable dans la vie professionnelle, leur maîtrise est une fin en soi. Tous les jeunes doivent y avoir accès, et acquérir un savoir-faire et une certaine autonomie avec ces outils. Cette maîtrise de l'outil est un objectif, en particulier dans les filières de formation professionnelle.

Le deuxième rôle a trait à la formation à distance. Des enseignements où formateurs et formés ne sont pas physiquement proches se multiplient. Elles permettent l'accès à des disciplines rares, à des formateurs peu nombreux et ce, en tous points du territoire, y compris dans des régions enclavées. Les modalités pédagogiques de l'enseignement à distance ne sont pas encore clairement formalisées. Cependant, les développements à attendre, tant sur le plan de la formation initiale que de la formation professionnelle sont considérables.

Le troisième rôle est celui que l'on donne à un outil : le moyen d'atteindre un objectif. En effet, les TIC, au même titre que d'autres outils tels que le livre, le tableau noir ou la diapositive permettent d'atteindre certains des objectifs traditionnels de l'école ; c'est sur ce troisième rôle que nous allons nous arrêter plus longuement.

³⁰ Charpak, Georges, dir., « Enfants, chercheurs et citoyens », Editions Odile Jacob, France, 1998, p. 11

³¹ Charpak, Georges, op. cité, p. 211

³² « Construire ses savoirs, construire sa citoyenneté », Pédagogie formation – l'essentiel, Chronique sociale, France, 1996

³³ Morin, Edgar, « La tête bien faite », L'histoire immédiate, Seuil, France, 1999

³⁴ « Problems of Meaning in Science Curriculum », Douglas A. Roberts, Leif Ostman, Editors, Teachers College Press, New York, 1998

3.3.1 Des outils pour poursuivre des objectifs traditionnels de l'école

En même temps que d'autres outils, les TIC permettent de poursuivre trois grands types d'objectifs traditionnels de l'école.

Tout d'abord, on peut les utiliser pour **rechercher de l'information**. Ce type d'activité est important et permet une certaine autonomie. Fondamentalement, il ressemble à la recherche documentaire telle que décrite ci-dessus

Le deuxième type d'activité est relatif à **la rédaction de synthèses**. Après une phase de recherche, une des activités intellectuelles essentielles consiste dans la réalisation de synthèse, à savoir rassembler, hiérarchiser et reformuler les informations recueillies. Cet exercice s'effectue dorénavant sur d'autres outils qui permettent la production de documents d'une forme nouvelle : des documents multimédia à l'aide de logiciels éditeurs HTML, des sortes de traitements de textes intégrant divers types de médias.

Le troisième enfin est la capacité de **communiquer et travailler à distance**. A l'aide de ces nouveaux outils de communication, on peut faire travailler ensemble, en direct ou en différé des élèves ou des groupes d'élèves distants, et l'enseignant lui-même peut encadrer un groupe à distance, ce qui modifie très sensiblement les modalités de l'acte pédagogique.

Ces trois types d'objectifs ne sont pas nouveaux. Ils existent depuis plusieurs dizaines d'années, voire plusieurs siècles. L'apparition des TIC leur donne de nouvelles perspectives, permettent d'embrasser des quantités et des sources d'information considérables et proposent de nouvelles formes à l'information produite. De plus, leur omniprésence dans la vie quotidienne et dans la vie professionnelle en rend la pratique et la maîtrise indispensables.

Il faut cependant veiller à ne pas abandonner les autres supports : les objets réels, le livre, les journaux doivent conserver une importante place comme support d'enseignement. La formation exige la diversité des supports, certains peuvent être virtuels, beaucoup doivent demeurer réels. Il est extrêmement dangereux de consacrer l'essentiel des budgets de fonctionnement des établissements scolaires à l'informatisation au détriment du matériel de travaux pratiques, des livres, des sorties, de l'achat d'objets divers. La discrimination sociale ne s'effectue pas que par l'accès aux TIC : l'accès aux encyclopédies, aux journaux, au théâtre et aux musées sont au moins aussi important que l'accès à l'informatique pour réduire la fracture sociale.

Il faut considérer que ces outils sont des catalyseurs : une nouvelle fenêtre ouverte des contenus de l'école sur la société et son actualité, et un catalyseur pour le changement de la pratique des enseignants vers un enseignement plus novateur.

3.3.2 Comment évolue le rôle de l'enseignant ?

L'appropriation de ces outils par l'enseignant est difficile, parce que les enseignants sont nombreux, ce qui produit une forte inertie pour des raisons simplement numériques.

L'introduction dans la classe de ces outils induit des changements de la pratique pédagogique difficiles à anticiper et à gérer par les enseignants.

Bien souvent, on indique la difficulté pour les enseignants de se trouver face à des jeunes qui peuvent avoir un niveau de maîtrise de l'outil supérieur à eux-mêmes. Elle est souvent indéniable, et il est vraisemblablement inutile de viser une maîtrise supérieure à l'élève : la compétition sera difficile et, surtout, ce n'est pas cela qui fait la spécificité professionnelle de l'enseignant : la spécificité de l'enseignant, sa plus-value dans le système, ce n'est pas la maîtrise technique de l'outil, c'est la maîtrise de son utilisation pédagogique.

Les Etats, selon leur nature (système centralisé ou fédéral), prennent des initiatives différentes pour favoriser le développement des TIC. La France par exemple a mis l'accent sur trois priorités :

- Equipements des établissements
- Formation des enseignants, accompagnement de leurs initiatives
- Encouragement pour la production et l'édition multimédia

Une question que l'on entend fréquemment est celle du remplacement de l'enseignant par une machine. Ce serait prendre un grand risque de diminuer d'un seul poste le nombre d'enseignants en raison de l'accroissement de l'utilisation des machines.

Aucun système automatique, moteur de recherche ou agent intelligent ne peut éviter l'intermédiation par l'homme du rapport entre l'apprenant et la source d'information.

Une des transformations principales consiste dans le nouveau mode de relation qui se crée entre les différents acteurs.

Traditionnellement, la relation pédagogique se caractérise par un rapport asymétrique entre l'enseignant et l'apprenant : l'enseignant qui maîtrise la connaissance et les concepts de traitement de l'information transmet des connaissances, et secondairement des outils méthodologiques à un apprenant qui interagit assez peu avec l'enseignant. De plus les interactions entre apprenants sont faibles.

Dans un nouveau schéma, que catalyse comme nous l'avons dit plus haut l'arrivée des TIC, la connaissance n'est plus le monopole de l'enseignant : l'information se désincarne et constitue une troisième acteur dans le dispositif. Cette présence des trois acteurs : enseignant, apprenant et source d'information bouleverse complètement le schéma relationnel : l'information circule plus facilement et de manière plus équilibrée entre enseignant et apprenant, la plus-value de l'enseignant est plus fondamentalement méthodologique et les interactions entre apprenants sont plus nombreuses.

Pour assumer cette transformation, il convient de relever les capacités spécifiques de l'enseignant qui sont irremplaçables :

- Capacité de concevoir le déroulement de l'activité d'apprentissage et d'individualiser le parcours
- Capacité de formuler de manière opératoire le questionnement
- Capacité de conduire une méthode de recherche, afin que les élèves acquièrent les outils méthodologiques et assurer une vision critique des résultats
- Capacité de reformuler et de synthétiser
- Maîtrise partielle des contenus.
- Capacité d'effectuer certains types d'évaluation.

Les capacités ci-dessus ne sont pas nouvelles, mais elles devront être perfectionnées et affirmées comme étant les capacités originales des enseignants. Pour ce faire, il faudra les renforcer dans leur formation et pour dans le cadre de leur évaluation.

D'autres résistances existent. Citons par exemple les coûts d'investissement considérables pour équiper les établissements. Par ailleurs, comme c'est toujours le cas lorsqu'un savoir faire se construit, il est difficile de faire la part correcte entre les initiatives pédagogiques de la base et les orientations globales qui les rendent compatibles entre elles et qui valorisent et permettent le partage des innovations³⁵. Certains aspects du cadre pédagogique général de l'utilisation des TIC dans la classe sont présentés par J. Tardif³⁶.

Enfin, et pour finir, l'introduction des TIC dans la classe aura forcément un impact sur l'organisation du temps, la taille des sections et l'architecture même des écoles. Il s'agit là d'un important bouleversement qui se prépare.

³⁵ Un certain nombre d'innovations sont proposées dans l'ouvrage : Baron, Georges-Louis ; Bruillard, Eric ; Lévy, Jean-François, « les technologies dans la classe – de l'innovation à l'intégration », EPI-INRP, France, 2000

³⁶ Tardif, Jacques, « Intégrer les nouvelles technologies de l'information – Quel cadre pédagogique ? », collection Pratiques & enjeux pédagogiques, ESF éditeur, France, 1998

La Conférence mondiale sur la science, organisée à Budapest en 1999 par l'UNESCO en coopération avec le Conseil international pour la science (CIUS) a adopté une « Déclaration sur la science et l'utilisation du savoir scientifique » dans laquelle il est affirmé :

- *« que l'accès au savoir scientifique à des fins pacifiques, dès le plus jeune âge, fait partie du droit à l'éducation, qui est un droit de tout homme et de toute femme, et que l'enseignement des sciences est indispensable au développement humain, à la création d'une capacité scientifique endogène et à la formation de citoyens actifs et informé » ;*
- *que « la pensée scientifique consiste, par essence, à savoir examiner les problèmes sous différents angles et à rechercher des explications des phénomènes naturels et sociaux, en les soumettant constamment à l'analyse critique. La science s'appuie ainsi sur une libre réflexion critique, essentielle à la démocratie » ;*
- *qu'« aujourd'hui, plus que jamais, la science et ses applications sont indispensables au développement. Les gouvernements, à tous les niveaux, et le secteur privé devraient, par des programmes d'éducation et de recherche appropriés, soutenir plus activement la mise en place d'une capacité scientifique et technologique adéquate bien partagée, socle indispensable d'un développement économique, social, culturel et environnemental rationnel, ce qui est particulièrement urgent pour les pays en développement ;*
- *qu'« enseigner la science au sens large du terme, sans discrimination, à tous les niveaux et par tous les moyens appropriés, est une condition essentielle de la démocratie et du développement durable. Depuis quelques années, on a commencé à prendre, à l'échelle mondiale, des mesures visant à promouvoir l'éducation de base pour tous. Il est indispensable de reconnaître pleinement le rôle que jouent les femmes dans l'application des progrès scientifiques à la production alimentaire et aux soins de santé et de faire des efforts pour leur permettre de mieux comprendre les avancées de la science dans ces domaines. C'est sur cette base qu'il faut édifier l'enseignement scientifique et les programmes de diffusion et de vulgarisation de la science. Les groupes marginalisés requièrent encore une attention particulière. Il est plus que jamais nécessaire de développer une alphabétisation scientifique de base, dans toutes les cultures et tous les secteurs de la société ainsi que des capacités de raisonnement et des compétences pratiques et de sensibiliser les populations aux valeurs éthiques afin d'améliorer leur participation à la prise de décisions concernant l'application des nouvelles connaissances » ;*
- *que « la responsabilité sociale des chercheurs exige qu'ils respectent des normes très rigoureuses de qualité et d'intégrité scientifique, diffusent leurs connaissances et communiquent au public et forment les jeunes générations. Il conviendrait que les pouvoirs publics respectent leur action en ce sens. Les programmes d'enseignement des sciences devraient inclure l'éthique scientifique, ainsi qu'une formation concernant l'histoire, la philosophie et l'impact culturel de la science ».*

L'« Agenda pour la science » adopté par la même Conférence, consacre plusieurs paragraphes à l'enseignement scientifique, en soulignant les éléments principaux suivants :

- *« Les gouvernements devraient accorder la plus haute priorité à l'amélioration de l'enseignement scientifique à tous les niveaux, en veillant particulièrement à éviter les effets de la discrimination entre les sexes et de la discrimination envers les groupes défavorisés, ainsi qu'à la sensibilisation du public et à la vulgarisation de la science. Des mesures doivent être prises pour favoriser la formation professionnelle des enseignants et des éducateurs face au changement et des efforts particuliers devraient être accomplis pour remédier au manque d'enseignants et d'éducateurs dûment formés pour enseigner les sciences, surtout dans les pays en développement » (...)* ;
- *« L'évolution des besoins éducatifs de nos sociétés exige que les systèmes éducatifs nationaux révisent les programmes d'études, les méthodes et les ressources pédagogiques en veillant à l'égalité des sexes et en tenant compte de la diversité culturelle. Il y a lieu de faciliter la recherche pédagogique concernant l'enseignement des sciences et de la technologie aux niveaux national et international en créant des centres spécialisés dans le monde entier et en les mettant en réseau, avec la coopération de l'UNESCO et d'autres organisations internationales compétentes » ;*
- *« Les autorités nationales et les organismes de financement devraient promouvoir le rôle important que peuvent jouer les musées et autres centres scientifiques dans l'éducation du public en science. Compte tenu des ressources limitées des pays en développement, il faudrait largement utiliser le télé-enseignement pour compléter les modes existants d'enseignement formel et non formel ».*

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages généraux sur la science ou la culture scientifique et technique, sur les liens entre système éducatif et ressources hors l'école

- Caro, Paul, « La roue des Sciences », Albin Michel, France, 1993
- Delacôte, Goéry, « Savoir Apprendre – Les nouvelles Méthodes », Editions Odile Jacob, France, 1996
- Girault, Yves dir., Revue Aster, n° 29, « L'école et ses partenaires scientifiques », France, 1999
- Guichard, Jack ; Martinand, Jean-Louis, « Médiatique des sciences », collection éducation et formation, technologies de l'éducation et de la formation, Presses Universitaires de France, France, 2000

Ouvrages généraux sur la pédagogie ou la didactique

- Charpak, Georges, préf., « La main à la pâte : les sciences à l'école primaire », Flammarion, France, 1996
- Charpak, Georges, dir., « Enfants, chercheurs et citoyens », Editions Odile Jacob, France, 1998
- Girault, Yves dir., Revue Aster – Recherches en didactique des sciences expérimentales, n° 29, « L'école et ses partenaires scientifiques », INRP, France, 1999
- Giordan, André, « Apprendre ! », Collection Débats, Belin, France, 1999
- Giordan, André, « une didactique pour les sciences expérimentales », guide Belin de l'enseignement, Belin, France, 1999
- Héber-Suffrin, Claire et Marc, « L'école éclatée », épi, France, 1994
- Leach, John ; Paulsen, Albert Chr., « Practical work in Science Education – Recent Research Studies », Kluwer academy publishers (Danemark), Roskilde university press (Pays Bas), 1999, Sections 1, 2 et 3
- Meirieu, Philippe, « Apprendre... oui, mais comment », Pédagogies outils, ESF éditeur, France, 1999
- Meirieu, Philippe dir., « La métacognition, une aide au travail des élèves », ESF, France, 1999
- Ruano-Borbalan, Jean-Claude, dir. , « Eduquer et Former – Les connaissances et les débats en éducation et en formation », Editions Sciences Humaines, France, 1997
- Rumelhard, Guy, Coord., Revue Aster – Recherches en didactique des sciences expérimentales, n° 27, « Thèmes, thèses, tendances », INRP, France, 1998

Ouvrages sur la pédagogie ou la didactique des sciences, sur l'utilisation des TIC dans le système éducatif, sur la formation à la citoyenneté ou l'éthique

- « Construire ses savoirs, construire sa citoyenneté », Pédagogie formation – l'essentiel, Chronique sociale, France, 1996
- « Problems of Meaning in Science Curriculum », Douglas A. Roberts, Leif Ostman, Editors, Teachers College Press, New York, 1998
- Revue Aster – Recherches en didactique des sciences expérimentales, n° 19, « La didactique des sciences en Europe », INRP, France, 1994
- Baron, Georges-Louis ; Bruillard, Eric ; Lévy, Jean-François, « les technologies dans la classe – de l'innovation à l'intégration », EPI-INRP, France, 2000
- Develay, Michel, « Savoirs scolaires et didactiques des disciplines – une encyclopédie pour aujourd'hui », collection pédagogies, ESF éditeur, France, 1995
- Giordan, André, « une didactique pour les sciences expérimentales », guide Belin de l'enseignement, Belin, France, 1999
- McComas, William F., dir., « The Nature of Science in Science Education Rationales end Strategies », Science & Technology Education Library, Kluwer Academic Publishers, Pays Bas, 1998
- Roth, Wolff-Michael, « Authentic School Science – Knowing and Learning in Open-Inquiry Science Laboratories », Science & Technology Education Library, Kluwer Academic Publisher, Pays Bas, 1995
- Tardif, Jacques, « Intégrer les nouvelles technologies de l'information – Quel cadre pédagogique ? », collection Pratiques & enjeux pédagogiques, ESF éditeur, France, 1998