

De l'erreur en sciences à l'interdisciplinarité

Barbara Dufour

1. Introduction
2. Quelques mécanismes, sources d'erreur de la part des élèves
 - 2.1. Les représentations déjà
 - 2.2. La précision nécessaire
 - 2.3. Les limites de validité d'un modèle
 - 2.4. Un projet pour enseigner
 - 2.5. La problématique du transfert et la construction d'analogies
 - 2.6. Les réactions émotives
 - 2.7. Une vision négative de l'erreur
3. Deux exemples d'un enseignement qui tient compte des erreurs
 - 3.1. La place de l'interdisciplinarité
 - 3.2. Les compétences négligées
4. Conclusion
5. Bibliographie

1. Introduction

Dans l'enseignement des sciences, quand on parle des erreurs des élèves, on fait, la plupart du temps, référence aux contenus strictement disciplinaires. Ainsi, on dit qu'un élève se trompe quand il fait une faute de calcul, quand il ne sait pas utiliser une formule, quand il ne comprend pas ou ne sait pas transférer un concept scientifique, quand il confond des notions, intervertit des symboles, se trompe d'unités, etc. Mais on oublie parfois que les jeunes peuvent se tromper parce qu'ils manquent de discernement, jugent mal une situation, ne maîtrisent pas le champ d'application d'un modèle scientifique ou bien encore parce qu'ils ne donnent pas suffisamment de sens à leurs apprentissages. Ces erreurs sont souvent liées au mode relativement transmissif de notre enseignement qui confronte les élèves à des situations idéalisées où ils doivent peu faire appel à leur esprit critique. Ce sont ces erreurs là auxquelles nous nous intéressons dans cet article. Nous parlerons donc de l'erreur principalement en termes d'inadéquation entre une réponse, une action ou un jugement établis par un jeune et la situation dans laquelle il est impliqué.

La capacité à discerner, à porter un jugement adéquat, à utiliser un modèle à l'intérieur de ses limites de validité, à donner du sens à ses actions semble indispensable à nos jeunes pour devenir des citoyens capables d'inventer la société de demain, en particulier en utilisant les technosciences au service du bien-être pour tous et dans le respect de la planète. Notre société technocratique a, en effet, montré ses limites. En témoignent, notamment, la prise de conscience de problèmes écologiques, la mise en question des programmes onéreux de recherche spatiale, l'apparition de comités d'éthique, l'élaboration de normes de protection de la vie privée en lien avec le développement du web... Et les défis actuels sont importants ; développement durable, redistribution des richesses et bien-être de tous doivent guider notre pensée et nos actions. Pour tenir compte de ce courant de pensée J.-P. Astolfi (1997)¹ nous propose une vision des sciences particulière : « *L'école est souvent rêvée comme étant elle-même le reflet de la science [...], science dans laquelle jus-*

¹ Astolfi J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Issy-les-Moulineaux, ESF éditeur, p. 9.

tement ne se glisserait nulle erreur, grâce au génie et aux vertus de la méthode des chercheurs. Là encore, nous le verrons, l'épistémologie contemporaine nous oblige à réviser cette position, la science étant de moins en moins pensée en termes de victoires de la vérité sur l'erreur, mais plutôt comme la construction et l'usage de modèles successifs, chacun comportant sa vision du monde et sa part de vérité, mais aussi ses points aveugles. »

Pour mieux cerner comment aider nos jeunes à se mouvoir dans ce nouveau contexte, nous développerons, dans une première section, quelques mécanismes qui peuvent engendrer des erreurs de la part des élèves, non pas en termes disciplinaires mais plutôt dans différentes situations qui dépassent les disciplines. Nous commencerons par la concurrence entre les représentations déjà-là et les modèles que l'enseignant veut mettre en place. Nous continuerons avec la difficulté qu'ont les élèves d'identifier la précision nécessaire pour leurs calculs et de cerner les domaines d'application des modèles vus en classe. Nous verrons ensuite comment l'absence d'un projet explicite de la part de l'enseignant peut provoquer des incompréhensions et des erreurs de la part des élèves. Nous aborderons aussi la problématique du transfert et enfin, nous verrons comment les émotions et une vision négative de l'erreur peuvent bloquer les élèves dans leurs apprentissages. Dans une seconde section, nous montrerons comment des projets interdisciplinaires et la formation aux compétences transversales s'appuient sur ces erreurs pour rendre nos jeunes capables de discernement et d'autonomie face à des situations tant scolaires que de la vie quotidienne.

2. Quelques mécanismes, sources d'erreur de la part des élèves

Comme annoncé, les sources d'erreur dont je vais parler sont liées à un mode d'enseignement qui laisse peu de place à l'autonomie, à la prise de décision et au discernement. C'est ainsi que des erreurs peuvent survenir quand l'enseignant ne tient pas compte des représentations déjà-là.

2.1. Les représentations déjà-là

Comme adultes, nous avons tous un vécu, une connaissance plus ou moins spontanée ou construite des phénomènes scientifiques. Et les élèves aussi, même petits, ont une certaine expérience de faits quotidiens et de notions liées aux sciences. Ne pas en tenir compte dans la formation des jeunes risque fort de mener à des résistances ou de faire resurgir, qu'on le veuille ou non, des représentations déjà-là, nommées conceptions alternatives par J.-P. Astolfi, qui bloquent parfois les apprentissages :

« Ces conceptions alternatives s'avèrent très résistantes aux efforts d'enseignement, alors que J. Piaget laissait entendre leur progressive transformation au cours du développement, et elles se retrouvent quasi inchangées, aussi bien à l'entrée des IUFM que chez les étudiants spécialisés et, bien sûr, chez la grande majorité des adultes ayant achevé leurs études. »²

Pour illustrer ce propos, une petite anecdote. Une institutrice maternelle raconte qu'elle développe, avec ses élèves, un projet sur l'automne : « L'automne, de quoi s'agit-il ? » Lors de ce projet, les jeunes élèves font connaissance avec les types d'arbres, ceux qui perdent leurs feuilles et les autres, ils apprennent que les feuilles ont des pigments et s'initient aux mécanismes liés à la chute des feuilles. A la fin du projet, en guise de conclusion, l'institutrice demande à ses élèves ce que signifie pour eux l'automne. La plupart semblent avoir intégré une série de concepts standardisés et de mécanismes qu'on attache à l'automne. Un enfant répond pourtant : « L'automne, pour moi, c'est la saison où les gnomes de la forêt peignent les feuilles en jaune. » L'institutrice prend alors conscience que cette réponse fait resurgir, de manière inadéquate selon elle, une représentation déjà-là chez ce jeune élève. Elle explique alors à l'ensemble de la classe qu'il y a une multiplicité de représentations pour une même situation et que les croyances et les modèles scientifiques ne sont pas incompatibles mais qu'il peut être intéressant de faire la différence entre les deux. Il s'agit surtout d'en voir leur champ de pertinence et de validité. La référence aux gnomes peut être très utile pour écrire une comptine fantastique sur l'automne. Par contre, pour expliquer et comprendre les mécanismes de la chute des feuilles à cette saison, il est probable que les modèles

² Astolfi J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Issy-les-Moulineaux, ESF éditeur, p. 69.

scientifiques seront plus efficaces. Dans ce cas, la représentation déjà-là de ce jeune enfant est entrée en concurrence avec les modèles disciplinaires mis en place. Cet exemple montre l'intérêt de prendre en considération les représentations spontanées des élèves et de les confronter, de les faire évoluer - voire de marquer la rupture avec elles - vers des représentations plus adéquates au projet poursuivi.

Une autre source d'erreur de la part des élèves est leur croyance dans le fait qu'en sciences, la précision doit être maximale, sans vraiment savoir à quoi correspond cette précision.

2.2. La précision nécessaire

Le rapport que les élèves entretiennent avec la notion de précision en sciences est, lorsqu'il est conflictuel, de deux ordres. Les uns, faisant relativement peu preuve de précision, répondent aux questions de manière lacunaire, ne précisent pas les unités utilisées dans un calcul, ne vont pas jusqu'au bout d'une explication ou bien encore bâclent un schéma ou un graphique. Nous nous intéresserons davantage à ceux qui pensent que, en sciences, la précision absolue existe et qu'elle doit être recherchée et de préférence atteinte. Les cours de sciences ne sont-ils pas souvent présentés comme nécessitant précision et rigueur sans que la limite en soit clairement énoncée ? Le rapport aux situations nous impose donc d'enseigner aux jeunes à estimer la précision requise, il s'agit d'admettre que la performance absolue n'est pas de ce monde.

En sciences, il arrive que des élèves fassent état du résultat d'un calcul établi avec leur calculatrice en retranscrivant minutieusement toutes les décimales inscrites sur l'écran. Par exemple, si un jeune désire calculer la surface de sa chambre, il va prendre son mètre, gradué au millimètre, et mesurer la largeur et la longueur de la pièce. En faisant la multiplication de l'une par l'autre pour obtenir l'aire, il est probable que la calculatrice indiquera le résultat avec plusieurs décimales et il est tout aussi probable que le jeune tiendra compte de tous ces chiffres, pensant que plus il est précis, mieux c'est. Mais il oublie que l'instrument de mesure a une précision limitée et que, donc, reporter tous ces chiffres n'a pas de sens. De même, indiquer un résultat au milliardième près quand on calcule la force gravitationnelle entre le Soleil et la Terre n'a pas de

sens puisque les données chiffrées utilisées pour ce calcul sont elles-mêmes des approximations.

Parfois à l'inverse, il arrive qu'un élève affirme que le résultat d'un calcul est zéro parce que la calculatrice ne présente pas suffisamment de décimales alors qu'en fait, le résultat est tout simplement plus petit que le nombre de décimales le laisse supposer. Dans ce cas, une estimation de l'ordre de grandeur attendu serait la bienvenue.

C'est aussi toute la question du maniement des chiffres significatifs et des incertitudes absolues et relatives qui est en jeu. Quelle « imprécision » peut-on tolérer dans une prise de mesure, dans le calcul d'une grandeur, dans l'estimation d'une quantité, dans l'ajustement de pièces de construction, etc. ? Ces notions de chiffres significatifs et d'incertitudes absolues et relatives ont souvent disparu des programmes de cours.

Les élèves ont aussi des difficultés à comprendre qu'un modèle scientifique n'est pas valable tout le temps ni dans n'importe quelle situation. C'est ce que nous développons dans le point suivant.

2.3. Les limites de validité d'un modèle

Pour parler d'un itinéraire de vacances sans devoir se rendre sur place, on utilise une carte routière. Cette dernière représente un territoire sans être le territoire lui-même. Une carte touristique peut aussi représenter ce même territoire de même qu'une carte IGN, bien connue des randonneurs. On utilisera l'une ou l'autre carte en fonction du projet que l'on a. Si on veut se rendre dans un lieu particulier sans se tromper de chemin, on prendra la carte routière plus ou moins détaillée en fonction de ses besoins. Si on veut déterminer un itinéraire touristique qui permet de voir beaucoup de bâtiments historiques sans faire trop de détours, on utilisera plutôt la carte touristique. Et si on veut faire une promenade dans la campagne avoisinante en utilisant les chemins de grande randonnée, on utilisera à coup sûr la carte IGN. Il n'y a pas une représentation meilleure qu'une autre dans l'absolu, cela dépend du projet que l'on a.

L'exemple des cartes montre qu'il existe une infinité de représentations possibles avec des précisions différentes pour une même situation. Ce qui importe, c'est que la représentation utilisée serve le projet que nous avons et

tienne compte des aspects importants pour nous dans une situation particulière. La question n'est donc pas de savoir si une représentation est bonne ou mauvaise mais plutôt de savoir si elle est adéquate à un projet. Une représentation ne peut pas être une copie conforme de la réalité. Si c'était le cas, elle serait totalement inadéquate parce que trop complexe. Ainsi, une carte qui indiquerait toutes les pierres de la route ne présenterait aucun intérêt.

On peut aussi évoquer le fait que les tournois internationaux de tennis sont souvent l'occasion pour nos photographes et nos caricaturistes de montrer leur talent. Chaque joueur est ainsi représenté dans l'instant : tour à tour rageur, les traits torturés par l'effort, la rage de vaincre ou la douleur de perdre ou au contraire rayonnant dans la gloire de la victoire. Ainsi, une photographie représente une personne et une caricature aussi, mais l'une et l'autre n'insiste pas sur les mêmes aspects de la personne. La fidélité par rapport à la réalité est considérée différemment dans l'un et l'autre cas. Pourtant, il s'agit chaque fois du même joueur.

En sciences, on peut se demander si la Terre est plate ou sphérique. Chacun de vous pense certainement : elle est sphérique bien sûr... Pourtant, est-ce une si grave erreur de dire que la Terre est plate ? Si nous allons de Barcelone à Madrid par l'autoroute, la route nous paraît plate et cette représentation de la Terre est suffisante pour aller d'un endroit à un autre. La carte routière déjà citée est un bon exemple de représentation en deux dimensions d'un territoire. Personne n'imagine une carte qui tiendrait compte du fait que la Terre est sphérique... Mais si nous voulons comprendre qu'il fait jour à Madrid pendant qu'il fait nuit à Tokyo, il faut tenir compte du fait que la Terre est sphérique, qu'elle tourne sur elle-même et que les deux villes sont plus ou moins aux antipodes l'une de l'autre.

L'exemple des trois états de la matière nous semble intéressant également. Cette catégorisation de la matière largement enseignée fonctionne très bien pour expliquer, par exemple, comment fond un glaçon ou encore comment on liquéfie le gaz combustible pour le mettre dans un briquet. Mais que dire du plasma, d'une huile très visqueuse ou des différents états que la neige peut prendre en haute montagne ?

Pensons également à la règle de trois. Les élèves connaissent bien cette procédure et, en général, ils la maîtrisent bien. Ils l'utilisent d'ailleurs avec plus ou moins de bonheur dans les problèmes stœchiométriques (transforma-

tion des grammes en moles et inversement) ou dans les exercices sur le mouvement rectiligne uniforme (calcul de l'espace parcouru pendant un intervalle de temps particulier). Forts de ces succès, ils tentent de l'utiliser également pour calculer l'espace parcouru par un mobile en un certain temps lorsque ce mobile accélère. Ou bien encore pour calculer la force d'attraction terrestre qui décroît quand l'altitude augmente. Cela ne fonctionne plus et ils s'étonnent. Ils ne savent pas ou n'ont pas enregistré que la règle de trois ne marche que dans des situations où il est question d'une proportionnalité directe, or dans un mouvement rectiligne uniformément accéléré, l'espace est proportionnel à la puissance deux du temps. Et dans le cas de la force de gravitation, cette dernière décroît avec le carré de la distance.

Ces exemples posent la question des limites de la validité ou de l'intérêt d'un modèle. Sommes-nous toujours au clair avec ces limites ? Et si nous ne le sommes pas toujours, les élèves le sont-ils ? C'est une des raisons pour lesquelles les enseignants s'en tiennent souvent à des modèles/vérités. Pourtant, il ne devrait pas y avoir trop de crainte ou d'insécurité, car, à l'intérieur des limites de validité d'un modèle, celui-ci fonctionne très bien et est, en général, assez peu interchangeable avec d'autres. Un modèle n'est ni vrai ni faux mais il peut être adéquat ou non à la situation envisagée ou au projet poursuivi.

Se pose alors la question du projet qui guide un enseignement. Un enseignant a-t-il toujours un projet précis quand il enseigne les sciences ?

2.4. Un projet pour enseigner

En sciences, il ne s'agit pas de faire un listing de termes et de concepts scientifiques à enseigner mais de former les jeunes à utiliser des modèles pour pouvoir faire face à des situations quotidiennes. Ainsi, il est intéressant de connaître les composants du lait, non pour la connaissance elle-même, mais pour pouvoir saisir l'intérêt de boire du lait pour les enfants, ou pour comprendre les effets du lait sur le système digestif aux différents âges d'un être humain, ou encore pour prévoir le comportement du lait dans le frigo lorsque la boîte est ouverte et en faire bon usage.

La notion d'énergie thermique dégagée lors d'une réaction chimique est souvent mise en place à partir d'équations chimiques types, sans nécessairement préciser le lien avec une situation concrète. Pourtant, l'information, régu-

lièrement relayées par les médias, selon laquelle il est moins polluant de se chauffer au gaz naturel qu'au mazout de chauffage pourrait constituer une bonne situation d'apprentissage qui donne du sens à cette notion. Notre projet d'enseignement consisterait alors à vérifier et à comprendre cette information. Commençons par inviter les élèves à énoncer des hypothèses d'explication concernant cette affirmation. Une hypothèse est que, en brûlant, le gaz naturel émet moins de gaz carbonique ou de particules de carbone en brûlant que le mazout. Une autre hypothèse est que le gaz naturel chauffe plus que le mazout pour une moins grande quantité de combustible. Attardons-nous sur celle-ci. Pour la confirmer ou l'infirmer, l'enseignant demande à ses élèves de comparer la réaction de combustion du méthane (constituant principal du gaz naturel) avec celle du mazout de chauffage (par exemple un hydrocarbure à 16 carbones). Les jeunes écrivent alors l'équation de combustion des deux combustibles puis calculent. Ensuite, ils comparent la quantité d'énergie thermique produite par chaque réaction et peuvent alors se faire une opinion sur l'information relayée par les médias. Les élèves ont alors plus de chance d'être motivés, de comprendre la démarche et surtout d'estimer la plausibilité de leurs résultats puisqu'il s'agit d'une situation concrète à laquelle ils peuvent se référer.

L'enseignement des différents concepts scientifiques trouvent-ils ainsi toujours un contexte dans lequel s'ancrer ? N'arrive-t-il pas souvent qu'une notion soit enseignée pour elle-même sans que l'enseignant ait de projet particulier ? Dans l'enseignement secondaire général, une approche répandue des sciences présente les théories scientifiques comme une fin en soi. Il est plus rare de les présenter comme un outil au service de projets humains. Ainsi, la plupart des programmes de cours énoncent une liste de thèmes à aborder ou de savoirs à acquérir à tel niveau de classe. Et c'est le professeur lui-même, la plupart du temps, qui construit le fil conducteur de son cours et qui estime le niveau de qualité qu'il attend de la production de ses élèves.

Encourageons donc les responsables politiques à proposer un projet pour l'enseignement des sciences. Invitons les professeurs à construire les apprentissages en sciences en leur donnant du sens, c'est-à-dire avec un projet explicite et clairement énoncé, afin que les jeunes puissent utiliser leurs apprentissages dans leur vie quotidienne. C'est aussi la problématique du transfert qui est sous-jacente. Développons-la quelque peu.

2.5. La problématique du transfert et la construction d'analogies

« J'ai l'impression que, dès que j'introduis une petite différence dans mes énoncés, les élèves sont tout perdus », soupire un enseignant.

« Il est difficile de dresser le profil global d'un élève en termes de compétences transversales : chaque discipline possède ses propres critères d'évaluation, qui ne se recoupent pas nécessairement », conclut un directeur d'école après avoir présidé des délibérations de fin d'année.

Ces constats, souvent désolés, des acteurs de l'enseignement sont monnaie courante dans les salles de profs et les réunions pédagogiques. Ils illustrent la difficulté qu'ont les élèves de réutiliser ce qu'ils ont appris en classe dans d'autres situations : « Bien des fois, les élèves sont sanctionnés, ou en tout cas secoués, parce qu'ils n'ont pas réinvesti en physique ou en géographie ce qu'ils avaient appris en mathématiques. »³ Et du côté des enseignants, ces remarques font entrevoir la complexité de s'accorder sur des objectifs de formation en termes de compétences terminales, comme l'exigent beaucoup de programmes actuels⁴. Ce qui est au cœur de ces difficultés, c'est la problématique du transfert.

Pour comprendre la notion de transfert⁵, prenons des exemples. Quand un bricoleur utilise un tournevis pour faire tourner des vis, quel que soit l'embout de vissage, à tête fendue ou à tête cruciforme, on pense l'action en termes de visser – ou dévisser – une vis sur un support. Lorsque ce même bricoleur utilise l'un de ces tournevis comme levier pour ouvrir un pot de peinture, on ne pense pas cet usage comme une application normale, c'est-à-dire en référence

³ Astolfi J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Issy-les-Moulineaux, ESF éditeur, p. 87.

⁴ Voir par exemple le Décret « Missions » de la Communauté française de Belgique. Ministère de la Communauté française. Décret du 24 juillet 1997 définissant les missions prioritaires de l'Enseignement Fondamental et de l'Enseignement Secondaire et organisant les structures propres à les atteindre, dans *Le Moniteur Belge*, n°180, 23 septembre 1997, p. 24653 et suivantes. Voir aussi : <http://www.profor.be/documentation/doc/decmisions/sommaire.html>.

⁵ Dufour B., Des compétences transversales à l'école. Intégrer le transfert dans notre enseignement, in *Direct*, Wolters-Plantyn, 2007, #6, p. 67-86.

à des normes sociales. On parle d'un usage inhabituel, parce que la situation est différente des situations pour lesquelles l'outil a été pensé.

Quand, à la fin d'un chapitre sur les métaphores, des élèves utilisent cette figure de style dans diverses productions (comme la description d'un paysage ou la composition d'un poème sur un chantier) avec la consigne d'utiliser une métaphore, cela ne semble pas poser trop de problèmes, c'est un usage normal pour eux. Mais ces mêmes élèves utiliseront plus difficilement cette figure de style pour raconter, entre amis, une soirée mémorable. En tout état de cause, l'usage de la métaphore – en tout cas avec une intention stylistique – ne semble pas spontané en dehors du cadre scolaire. La compétence « utiliser une métaphore » sort-elle, alors, de son champ habituel d'application ?

Ces exemples montrent qu'on a peut-être quelque chose à gagner si l'on fait la distinction entre deux types d'usage d'un outil⁶ ou d'une compétence. Le premier, appelé « application », consiste à utiliser l'outil dans son cadre normal, déterminé par l'usage social. Lorsqu'on utilise un outil dans un contexte inhabituel, on parle alors de « transfert ».

La réutilisation d'un apprentissage ne correspond pas forcément à un transfert. Beaucoup de situations de réinvestissement proposées aux élèves sont si semblables à la situation d'apprentissage qu'il s'agit davantage d'une application que d'un transfert. C'est le cas des exercices de drill à la fin d'un chapitre particulier ou bien des exercices où l'on ne modifie que les données chiffrées, par exemple. Par ailleurs, il ne s'agit pas non plus d'un réel transfert si l'élève sait d'avance quelle(s) ressource(s) il doit utiliser pour faire face à une situation. Les exercices d'application se pratiquent dans un contexte théorique proche de celui de l'apprentissage. À la base du processus de formation, ils sont indispensables et ils permettent aux élèves de prendre confiance en eux, de se familiariser avec une théorie, une loi, une compétence.

Néanmoins, enseignants, directions et parents souhaitent que les apprentissages faits à l'école servent en dehors : dans la vie quotidienne, dans les études ultérieures, dans la profession. Ainsi, le technicien de Touring Secours a appris à utiliser la panoplie de ses outils dans toutes sortes de situations et, lorsque, dans sa profession, il se trouve face à une panne, il est capable de sélectionner l'outil qui va lui permettre de dépanner son client. Le transfert est centré sur

⁶ Par outil, on entend une procédure, un concept, un objet, une méthode, etc.

une réponse à donner à une situation concrète, inédite. En plus de l'application, correspondant davantage à des situations théoriques, le transfert qui ouvre sur des performances concrètes, devient, à son tour, l'enjeu de toute situation de formation.

Du point de vue didactique, cette distinction entre application et transfert permet de faire face à certaines difficultés que vivent les élèves – et les enseignants – en ce qui concerne la réutilisation de leurs compétences dans des situations nouvelles ou dans la vie de tous les jours. En effet, il n'est pas trop difficile d'appliquer une théorie, tandis que le transfert est rendu malaisé parce qu'on se trouve dans un contexte inconnu. Et pourtant, le transfert de compétences se pratique continuellement.

Une difficulté importante à laquelle les élèves sont confrontés pour pouvoir transférer est la construction d'analogies entre situations. Tout se passe comme s'ils n'avaient pas appris à sortir du contexte d'apprentissage ou de l'usage habituel de la compétence. Il faudrait les amener à trouver « normal de sortir du normal ».

Par exemple, si un élève est amené à faire une lecture critique d'une revue à sensation, il doit décider que la situation qu'il rencontre est analogue à celles rencontrées au cours d'histoire et qu'il peut donc utiliser la grille de critique historique avec quelques ajustements éventuels. Il prend conscience qu'il a quelque chose à gagner s'il fait cette analogie, même si, a priori, une revue à sensation n'est pas sur le même pied qu'un document historique. En plus de l'aspect cognitif – maîtrise de l'outil – cette démarche de transfert exige audace et confiance en soi. En effet, la peur de se tromper, d'être sanctionné et de décevoir amène souvent l'élève à ne pas sortir des sentiers battus, à rester dans le connu et la reproduction.

Mais l'élève doit aussi prendre conscience que certains transferts ne sont pas productifs. Reprenons l'exemple de la règle de trois qui, nous l'avons vu, ne se transfère pas dans toutes les situations. Cette règle, la plupart du temps apprise en primaire dans des calculs simples, s'utilise dans des situations où une relation de proportionnalité est en jeu, comme le calcul du prix de 750 g de carottes à partir du prix d'un kilogramme. Mais il n'est pas pertinent de la transférer pour résoudre des problèmes de croissance économique selon une loi exponentielle parce que les champs d'application du modèle sont dépassés.

Nous en revenons ici aux limites d'un modèle développées dans une section précédente.

On le perçoit, pour la plupart des élèves, réussir un transfert n'est pas spontané. Il s'agit même d'une opération périlleuse tant au plan cognitif qu'affectif. L'aspect affectif justement de l'apprentissage est peu pris en compte dans l'enseignement. Or, ne constitue-t-il pas, souvent, un frein ou, au contraire, une motivation pour les élèves ?

2.6. Les réactions émotives

Nous venons de le voir, le transfert est une opération périlleuse qui peut provoquer des émotions ou du stress chez les jeunes. Il en va de même des contraintes liées aux conditions d'enseignement et d'évaluation ainsi que des relations construites au sein de l'école, tant entre élèves qu'entre professeurs et élèves. Les émotions négatives empêchent souvent d'apprendre sereinement et de répondre aux questions d'une interrogation ou aux exigences d'un examen. Combien d'élèves n'entend-on pas dire : « j'étais stressé à l'examen, j'avais peur de ne pas avoir assez de temps, j'ai paniqué » ; ou encore « j'aime bien ce prof, alors je réussis bien ». Les émotions ressenties par les élèves – et par les professeurs - et le stress, souvent présent dans les situations d'évaluation, sont des ressentis rarement pris en compte dans l'école. Pourtant, ils sont bien souvent générateurs d'erreurs de la part des jeunes. Il est vrai que les enseignants sont peu formés à la gestion des émotions et qu'ils craignent de se laisser déborder par des situations qu'ils ne pourraient gérer. Néanmoins, reconnaître qu'un être humain est intrinsèquement habité de sentiments positifs et négatifs, apprendre à les identifier pour soi-même et à s'appuyer sur eux, pour mieux comprendre comment on fonctionne et pour progresser, fait partie d'une formation humaniste que tout enseignant souhaite développer. Ouvrons la porte aux ressentis de nos élèves, non pour se laisser gouverner par eux mais pour permettre aux jeunes de dépasser leurs erreurs liées aux émotions négatives et pour les utiliser comme moteur de l'apprentissage.

2.7. Une vision négative de l'erreur

Les erreurs relevées chez nos élèves sont souvent, pour nous enseignants, sources de découragement, de dépit, de remise en question personnelle, de difficulté de comprendre ce que les élèves ne comprennent pas, de difficulté de plonger dans un raisonnement autre que le nôtre ou que celui que notre discipline nous impose. L'erreur est alors considérée comme négative et à éviter : « *On comprend que, face à un tel inconfort de situation, les enseignants évitent au maximum de croiser l'erreur sur leur chemin.* »⁷ L'élève qui se trompe est sanctionné et montré du doigt. Le risque est grand qu'il perde confiance en lui et en sa capacité de progresser.

Pourtant l'erreur reconnue comme instructive est source de savoir nouveau (Popper, 1990). D'ailleurs, dans la vie quotidienne, n'entend-on pas souvent dire, suite à un échec ou à une situation qui a mal tourné, qu'« on ne m'y prendra plus », exprimant ainsi que l'erreur est à l'origine d'un ajustement de comportement. Le statut positif donné à l'erreur a donc une portée didactique puisque les élèves peuvent progresser en s'appuyant sur leurs erreurs et une portée socioaffective en considérant l'erreur comme une part du processus de construction de chaque individu.

Comment traiter l'erreur pour qu'elle soit source d'apprentissage ? La métacognition et l'autoévaluation sont des mécanismes bien souvent proposés et décrits dans la littérature psychopédagogique. Pratiquer régulièrement le dialogue pédagogique et le récit de pratiques peut donner d'excellents résultats. En effet, amener les élèves à raconter, individuellement ou en groupe, ce qu'ils font, comment ils le font et où ils se sont trompés, leur permet de prendre conscience de leur fonctionnement - et de celui des autres - et de l'ajuster, pour mieux répondre aux situations dans lesquelles ils sont impliqués.

De même, les faire parler sur ce qu'ils savent ou croient savoir entre dans le processus d'apprentissage. Lorsque le professeur explique une matière, les élèves se font une représentation, au moins mentale, des notions abordées mais la formulation de cette représentation est une étape supplémentaire de l'apprentissage. Ils croient savoir mais sont incapables de l'expliquer. Certai-

⁷ Astolfi J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Issy-les-Moulineaux, ESF éditeur, p. 13.

nes erreurs d'élèves proviennent de ce que ces derniers sont persuadés d'avoir compris la matière simplement parce que, dans leur tête, c'est clair. Pourtant, ce n'est pas parce que les élèves pensent quelque chose qu'ils peuvent formuler aisément cette pensée. Et seule l'expression de ce qu'ils ont compris ou pensent avoir compris permet, aussi bien au professeur qu'aux élèves eux-mêmes, de vérifier l'état de leur compréhension. Comme le dit Nicolas Boileau⁸, « *ce que l'on conçoit bien s'énonce clairement, et les mots pour le dire arrivent aisément.* »

Les quelques erreurs relevées dans les points précédents montrent qu'il ne faut pas tant corriger l'erreur que la traiter. Nous proposons donc, dans les deux méthodes exposées ci-dessous, de traiter ces erreurs en les intégrant dans un processus d'apprentissage qui dépasse les disciplines. La première méthode concerne la construction d'une représentation interdisciplinaire d'une situation. La seconde présente une façon d'enseigner des compétences transversales souvent sollicitées à l'école et qui, pourtant, font rarement l'objet d'un apprentissage en tant que tel.

3. Deux exemples d'un enseignement qui tient compte des erreurs

3.1. La place de l'interdisciplinarité

Envisager le concept de race sous son seul aspect génétique est insuffisant et conduit à des dérives d'ordre éthique. Le concept de race est un exemple intéressant d'interdisciplinarité. Il montre que des problématiques scientifiques sont liées à des questions sociales, politiques et éthiques. Les sciences naturelles n'existent pas seules : elles enrichissent les autres disciplines et les autres disciplines les enrichissent. Ainsi, il existe des modèles théoriques comme ceux qu'utilisent les médecins, les architectes, les philosophes, les spécialistes des sciences de l'éducation... Les savoirs disciplinaires ou théoriques ne sont pas non plus le seul espace de production de savoirs dans l'histoire des pensées scientifiques. Les gens de terrain et les porteurs de traditions orales développent eux aussi un savoir-faire pratique qui complète celui des disciplines et des sciences naturelles en particulier. Il en résulte de nouveaux savoirs qui em-

⁸ N. Boileau, *Art Poétique*, 1674.

pruntent à plusieurs disciplines. Les limites des technosciences sont ainsi posées. Ces dernières sont alors considérées comme une forme parmi d'autres des savoirs humains et une approche interdisciplinaire des situations s'imposent à nous.

A l'heure actuelle, des pratiques interdisciplinaires existent, tant dans la sphère de la recherche que dans les milieux professionnels ou encore dans la vie de tous les jours. Par exemple, le lancement d'un nouveau produit dans le commerce fait l'objet d'une recherche selon différents points de vue, commercial, écologique, esthétique, de sécurité, etc. Dans la vie quotidienne, rechercher un logement exige de tenir compte de différents aspects tels que les besoins de la famille, les financements possibles, les envies et les rêves, etc. Songeons encore aux conséquences écologiques, sociales, culturelles d'une réalisation comme le barrage d'Assouan, conçu pour contenir les crues du Nil, irriguer des terres désertiques et produire de l'électricité.

Ces exemples illustrent la nécessité d'envisager une situation dans sa globalité, sous peine de porter un jugement réducteur, de prendre des décisions inadéquates ou de mener une action inadaptée. Se pose également la question du respect de l'humain. Que reste-t-il de l'intégrité d'un être humain si l'on considère séparément son corps et son esprit, ses hémisphères cérébraux et ses productions culturelles, son système digestif et son état mental, etc.

Pour éviter que nos jeunes, devenus adultes, prennent des décisions inadaptées, fassent des choix inopportuns ou entament des actions qui mènent à des catastrophes, favorisons la formation à l'approche globale de situations et à l'interdisciplinarité.

Pour traiter de manière interdisciplinaire une situation, nous proposons une démarche appelée construction d'un îlot de savoirs⁹, en référence aux connaissances qui émergent d'un océan d'ignorance. La perspective adoptée considère que les savoirs sont construits ou se construisent, par et pour des hommes et

⁹ Voir par exemple, Fourez G., Mathy Ph., Englebert-Lecomte V., « Un modèle pour un travail interdisciplinaire », in *Aster. Recherches en didactique des sciences expérimentales*, n°17, 1993, p. 119-141. Cette appellation repose sur la métaphore de l'îlot qui émerge d'un océan d'ignorance, en référence au savoir particulier, et donc limité, qui se construit en fonction d'un projet particulier lors d'une démarche interdisciplinaire.

des femmes, dans le contexte d'un projet particulier. Elle met l'accent, selon une approche poppérienne¹⁰, sur le sujet - celui ou ceux qui mène(nt) la démarche - qui remplace progressivement une représentation de départ par une autre, plus construite, plus adéquate au projet. J.-P. Astolfi précise aussi que « *les modèles constructivistes, en fort développement ces dernières années, s'efforcent, contrairement aux précédents, de ne pas évacuer l'erreur et de leur conférer un statut beaucoup plus positif.* »¹¹

La méthode des îlots de savoirs se décline en cinq étapes identifiables par les partenaires de la démarche, ce qui permet à chacun, et en particulier aux élèves, d'en être de véritables acteurs. Voici les cinq étapes.

- **Préciser un projet**

Il s'agit de préciser le contexte spatiotemporel de la problématique. Quel est le contexte de la situation ? Qu'est-ce qui motive la recherche ? Que cherchons-nous à faire ? Quelles finalités vise-t-on ? Quelles valeurs met-on en avant ? Qui sont les destinataires du projet ? Quelle est la production attendue ? Par exemple, la société de la communication et de l'information prenant de plus en plus de place à l'heure actuelle, demandons aux élèves de terminales de rédiger cinq pages sur l'usage des techniques informatiques dans une école et ses conséquences sur les modes d'apprentissage afin qu'ils intègrent l'importance de ces technologies sans les idolâtrer.

Dans cette étape, on apprend aux élèves à bien cadrer une problématique, ce qui facilite le travail de recherche des informations et leur évite de se perdre dans un travail flou ou trop vaste. Par exemple, dans le projet ci-dessus, il n'est pas question de parler d'informatique en général mais bien d'en percevoir les implications dans un contexte bien particulier. De plus, cette façon de travailler en situation rend les jeunes capables de faire des

¹⁰ Popper K., Thyssen-Rutten N., Monod J., *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1990, 480 p. (Bibliothèque scientifique Payot).

¹¹ Astolfi J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Issy-les-Moulineaux, ESF éditeur, p. 15.

liens entre ce qu'ils apprennent à l'école et les situations de la vie quotidienne.

- **Faire émerger ses représentations spontanées**

Que pensons-nous spontanément de la situation ? D'où partons-nous ? Que savons-nous déjà ou que voudrions-nous savoir ? Par exemple : « L'informatique à l'école, c'est bien mais il n'y a pas assez d'ordinateurs pour tout le monde. » Ou « L'informatique, oui, mais les élèves en savent souvent plus que les profs. » Ou encore, « L'utilisation des technologies de l'information et de la communication dans l'école mérite une bonne réflexion en profondeur. » Etc.

On procède à cette étape pour tenir compte du vécu des élèves et éviter des résistances ou des incompréhensions liées à des représentations implicites ou inconscientes. Rappelons-nous l'histoire de cette institutrice qui s'est vue confrontée à la représentation tenace d'un élève concernant l'automne. De plus, la confrontation avec autrui permet de prendre conscience qu'il y a de multiples représentations d'une même situation et qu'il n'y en a pas nécessairement des bonnes et des moins bonnes mais qu'elles concourent toutes à un élargissement des points de vue et à un éclairage particulier de la situation.

- **Utiliser une grille de questions**

Cette grille permet de s'ouvrir à d'autres points de vue, de considérer des éléments auxquels on n'avait pas pensé au départ. Voici des questions à se poser pour permettre aux partenaires de la démarche de faire évoluer les représentations spontanées.

Qui est concerné par la problématique ? Quels sont les enjeux ? Quels sont les modèles existants ? Quelles sont les controverses ? Quels sont des scénarios possibles avec leurs conséquences ?

Cette étape permet d'élargir les points de vue, de faire le tour de la question, de sélectionner ce qui est essentiel et ce qui ne l'est pas en fonction du projet. Les élèves apprennent alors à ne pas passer à côté d'un élément important pour éclairer la problématique. Par exemple, envisager le

travail sur ordinateur à l'école ne peut se concevoir qu'en tenant compte de l'aspect financier, social, médical, etc. Ou encore, les enjeux sont, notamment, l'accès pour tous à un outil devenu désormais quotidien, tant au plan personnel que professionnel.

- **Ouvrir des boîtes noires**

Il s'agit de sélectionner des questions qui concernent le projet et de trouver des éclaircissements à leur sujet en consultant des spécialistes ou des acteurs de terrain, en lisant des articles, en questionnant les disciplines. Dans cette étape, les élèves apprennent à confronter leurs représentations à ce qu'en disent les spécialistes et les disciplines. C'est ainsi qu'ils peuvent prendre conscience de leurs erreurs d'appréciation, de leurs croyances parfois erronées, de leurs manques et de s'appuyer dessus pour progresser dans leurs connaissances. Ils peuvent par exemple apprendre que jouer sur l'ordinateur peut générer des troubles de la vue ou même du comportement. Ou bien encore que seule la moitié des élèves possède un ordinateur à la maison et que l'apprentissage et l'usage de ces techniques à l'école sont essentiels pour mettre tout le monde plus ou moins sur un pied d'égalité.

- **Construire une représentation de la situation**

Il s'agit de faire une synthèse des éléments recueillis qui semblent importants pour comprendre la situation, prendre une décision, poser un jugement ou mener une action. La représentation construite est testée puis ajustée si nécessaire et ses limites de validité sont explicitées. Par exemple, dans le projet présenté, les élèves peuvent comprendre que le contexte de leur école n'est pas celui de l'école d'à côté et que la problématique chez eux ne se résout pas de la même façon que là-bas. Il est intéressant également de prendre conscience de l'évolution de ses représentations spontanées.

Quand un jeune connaît les limites de validité d'un modèle, en particulier scientifique, il peut l'utiliser à bon escient et se donner une représentation du monde qui lui permet de comprendre ce dernier et d'agir sur lui adéquatement.

En formant nos jeunes à l'approche globale d'une situation et à l'interdisciplinarité, nous les ouvrons à une compréhension du monde plus juste. L'école remplit ainsi une mission de formation à l'autonomie et au discernement. Si nous voulons former des jeunes à l'esprit citoyen, capable de transformation sociale, nous sommes dans l'obligation de leur enseigner le bon usage des sciences.

Construire un ilot de savoirs exige, nous venons de le voir, des compétences comme consulter un spécialiste, faire preuve d'esprit critique, saisir une opportunité, envisager des possibles, traiter l'information, etc. Comment former nos jeunes à ces compétences ?

3.2. Les compétences négligées

Les compétences citées ci-dessus font rarement l'objet d'un enseignement formel et c'est la raison pour laquelle nous les appelons « compétences négligées ». Pourtant les enseignants les sollicitent souvent dans leurs cours et leurs évaluations. C'est ainsi que les élèves, peu outillés dans ce domaine, font des erreurs non pas liées à la discipline mais plutôt parce qu'ils maîtrisent mal des compétences de type transversal.

Comme autres exemples de compétences dites négligées, souvent exigées de nos jeunes, mentionnons encore : faire preuve de solidarité, négocier avec des consignes, ou bien encore faire un bon usage de la précision. Prenons le cas « négocier avec des consignes ». La vie quotidienne est faite de négociation avec des règles et des prescriptions : avec le code de la route, avec un règlement d'ordre intérieur, avec une recette de cuisine, avec un mode d'emploi. Négocier ne veut pas dire tout remettre en question tout le temps ; négocier signifie trouver un chemin adéquat pour que chacun sorte gagnant de la situation. Les élèves apprennent-ils à négocier ainsi et à estimer le prix d'une transgression de consignes ?

La compétence « du bon usage de la précision », évoquée plus haut, est assez intéressante aussi. Identifier des situations tant scolaires que de la vie quotidienne et exercer cette compétence rend les jeunes libres de contraintes trop enfermantes, tout en étant capables de discerner la précision requise pour la tâche qui leur est assignée.

Enfin, émettre des hypothèses et envisager différents scénarios possibles sont des compétences utilisées fréquemment dans les démarches scientifiques. Mal maîtrisées, elles peuvent être source d'erreur.

Pour enseigner ces compétences, nous proposons une méthode, appelée la méthode des mini-récits¹², dont les principes sont les suivants.

S'appuyer sur des expériences positives ou négatives et les raconter brièvement - d'où le nom de méthode des mini-récits - permet de tenir compte du vécu des élèves. De plus, donner une place aux expériences négatives donne, du même coup, une place à l'erreur. Nous apprenons aussi, et même parfois mieux, de nos erreurs, à condition de les (re)connaître et de les dépasser pour construire de nouvelles connaissances. Par exemple, quand on s'est fait avoir par un commerçant trop zélé, on en tire des leçons pour plus tard : « Je ne me laisserai plus prendre la prochaine fois ! »

Travailler en situation, disciplinaire ou non, fait le lien entre l'école et la vie de tous les jours et invite les jeunes à transférer ce qu'ils apprennent dans toutes sortes de situations. Les difficultés liées à la problématique du transfert et aux analogies entre situations, mentionnées plus haut dans cette section, se présentent, pour les élèves, tant à l'école que dans la vie courante. En effet, à l'école, les enseignants attendent de leurs élèves qu'ils recourent à des compétences, qu'ils maîtrisent en principe déjà, pour faire face à des problèmes différents ou à des situations nouvelles. Et dans la vie quotidienne, les jeunes sont amenés à réinvestir ce qu'ils ont appris à l'école – et c'est bien là un des objectifs de notre enseignement – mais ils ne voient pas toujours de lien entre les situations scolaires et les situations de la vie courante. Cette étape permet donc de favoriser le transfert de compétences.

Tenir compte des réactions affectives et des émotions associées aux expériences transforme ces ressentis en motivation et en moteur d'apprentissage plutôt qu'en frein ou en résistance. L'école reconnaît trop peu cette dimension affective présente chez chacun de nous. Pourtant, le stress, les difficultés familiales, les relations parfois tendues entre professeurs et élèves empêchent parfois nos jeunes de se concentrer et de répondre à nos exigences de qualité dans

¹² FOUREZ G. (dir.), *Des compétences négligées par l'école. Les raconter pour les enseigner*, Chronique sociale/Couleur livres, Lyon/Charleroi, 2006.

le travail. Créer un climat d'échange où chacun se sent reconnu et respecté dans son vécu est propice à l'apprentissage.

Se confronter aux autres favorise le processus d'apprentissage. Chacun peut avoir une représentation différente d'une situation sans pour autant se tromper. Les jeunes peuvent apprendre à construire des connaissances en intégrant d'autres représentations que les leurs.

Remplacer progressivement, à propos d'une compétence, une représentation spontanée par une autre, négociée en groupe, permet un apprentissage plus en profondeur. Nous avons déjà mentionné le fait que des représentations spontanées non exprimées peuvent entrer en concurrence avec un apprentissage standardisé, en particulier scientifique. Par ailleurs, construire un modèle général rend ce dernier plus transférable, y compris dans des situations de la vie de tous les jours.

Parler de ce qu'on fait, de la façon dont on fonctionne et des erreurs qu'on commet, renforce l'apprentissage et le rend plus durable, c'est le processus de métacognition.

Pratiquer l'autoévaluation avec des critères et des indicateurs d'évaluation permet aux jeunes de prendre conscience de leurs limites, d'estimer la plausibilité de leurs résultats et de repérer d'éventuelles erreurs.

Notre existence est traversée par des situations qui mettent en jeu ces compétences. Enseigner ces dernières à nos jeunes leur permet de s'intégrer mieux dans la vie économique et sociale, d'être plus autonome dans la vie de tous les jours, de comprendre et de participer à des débats démocratiques et de se donner une représentation du monde et d'agir sur lui.

4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons montré, par quelques exemples, que les erreurs des élèves ne se situent pas seulement dans les contenus strictement disciplinaires, mais sont aussi liées à un manque de maîtrise de certains mécanismes comme l'intégration des représentations déjà-là, l'usage de la précision requise en fonction des situations rencontrées, l'identification des limites de validité d'un modèle scientifique, l'élaboration d'un projet, la dynamique du transfert et la construction d'analogies, l'influence des émotions, le rôle de l'erreur dans les apprentissages.

Le paradigme traditionnel qui fait voir l'enseignement comme une seule transmission de savoirs constitue un obstacle à la prise en compte de ces mécanismes. Les résultats sur le terrain montrent que les méthodes d'enseignement qui les intègrent rendent les jeunes plus autonomes et plus motivés. L'enseignement gagne également en efficacité.

Pour tenir compte de ces mécanismes, nous avons présenté deux méthodes qui traversent les disciplines et qui offrent aux élèves la possibilité de se tromper et de rebondir à partir de leurs erreurs. Il s'agit, d'une part, de la construction d'un îlot de savoirs pour traiter une situation de manière interdisciplinaire et, d'autre part, de la méthode des mini-récits pour enseigner des compétences dites négligées.

La vie même, avec ses situations complexes, nous montre le caractère indispensable d'une approche interdisciplinaire qui permet d'éviter la simplification induite et les prises de position inadéquates. Ainsi, le projet interdisciplinaire et les compétences transversales s'intéressent à l'erreur et lui donnent une place dans les apprentissages.

Les difficultés rencontrées par les élèves sont nombreuses et nous oublions souvent le chemin que nous avons nous-mêmes parcouru pour arriver là où nous sommes, au prix de nombreuses erreurs probablement. Rappelons-nous en.

5. Bibliographie

Astolfi J.-P. *L'erreur, un outil pour enseigner*. Issy-les-Moulineaux, ESF éditeur, (1997).

Boillot H., Le Du M., *La pédagogie du vide. Critique du discours pédagogique contemporain*, Paris, PUF, 1993.

Clary M., Giolitto P., *Profession enseignant. Eduquer à l'environnement*, Paris, Hachette, 1994.

Communauté française de Belgique. Ministère de la Communauté française. *Décret du 24 juillet 1997 définissant les missions prioritaires de l'Enseignement Fondamental et de l'Enseignement Secondaire et organisant*

les structures propres à les atteindre, dans *Le Moniteur Belge*, n°180, 23 septembre 1997, p. 24653 et suivantes.

Dufour B., *Des compétences transversales à l'école. Intégrer le transfert dans notre enseignement*, in inDirect, Wolters-Plantyn, 2007, #6, p. 67-86.

Fourez G., Mathy Ph., Englebert-Lecomte V., « Un modèle pour un travail interdisciplinaire », in Aster. *Recherches en didactique des sciences expérimentales*, n°17, 1993, p. 119-141.

Fourez G., Englebert-Lecomte V., Grootaers D. et alii, *Alphabétisation scientifique et technique. Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*, Bruxelles, De Boeck Université, 1994.

Fourez G., *La construction des sciences, Les logiques des inventions scientifiques. Introduction à la philosophie et à l'éthique des sciences*, 3ème éd., Bruxelles, De Boeck, 1996.

Fourez G., Englebert-Lecomte V., Mathy Ph., *Nos savoirs sur nos savoirs : un lexique d'épistémologie pour l'enseignement*, Bruxelles, De Boeck, 1997.

Fourez G., « Des représentations aux concepts disciplinaires et à l'interdisciplinarité », in *Recherche en soins infirmiers*, n°66, ARSI, septembre 2001, pp. 16-22.

Fourez G., Dufour B., Jaccard, J., Maingain A., *Points stratégiques pour un travail interdisciplinaire*, décembre 2002.

Fourez G., *Apprivoiser l'épistémologie*, Bruxelles, De Boeck, 2003.

Fourez G. (dir.), *Des compétences négligées par l'école. Les raconter pour les enseigner*, Lyon/Charleroi, Chronique sociale/Couleur livres, 2006.

Fourez G. (dir.), *Des compétences pour la vie. Des modules pour les enseigner*, Lyon/Charleroi, Chronique sociale/Couleur livres, 2007.

Fourez G., Dufour B., Jaccard, J., Maingain A., Points stratégiques pour un travail interdisciplinaire, *Cahiers Pédagogiques du Centre Interfaces n°12*, Namur, décembre 2002.

Jonnaert Ph., Vander Borgh C., Defise R. (et alii), *Créer des conditions d'apprentissage. Un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants*, Paris/Bruxelles, De Boeck, 1999.

Kulcsar D., Minet Fr., Spitaels N., La mise en réseau des disciplines à l'occasion d'un travail encadré de fin d'études, *Cahiers Pédagogiques du Centre Interfaces n°16*, Namur, mai 2002. (épuisé).

Maingain A., Dufour B., Fourez G. (dir.), *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*, Bruxelles, De Boeck, 2002.

Morin E., *La tête bien faite. Repenser la réforme, réformer la pensée*, Paris, Seuil, 1999.

Morin E., *Pourquoi et comment articuler les savoirs. Rapport du conseil scientifique de réforme des programmes*, Paris, avril 1998.

Morin E., « Sur l'interdisciplinarité », in *Bulletin du Ciret*, n°2, 1994.

Morissette R., *Accompagner la construction des savoirs*, Montréal, Chenelière/Didactique, 2002.

Popper K., Thyssen-Rutten N., Monod J., *La logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot, 1990.

Rey B., Develay M., *Les compétences transversales en question*, Paris, ESF, 1996.