

Dimitris KOLIOPOULOS

Konstantinos RAVANIS

RÉFLEXIONS MÉTHODOLOGIQUES SUR LA FORMATION D'UNE CULTURE CONCERNANT LE CONCEPT D'ÉNERGIE À TRAVERS L'ÉDUCATION FORMELLE

Résumé : L'un des buts principaux de la communauté éducative et des différents services culturels, aujourd'hui, est la transmission d'une culture de l'énergie auprès d'un public général comprenant aussi les élèves. Deux mécanismes peuvent la mettre en œuvre : le mécanisme de la vulgarisation scientifique et le mécanisme de l'enseignement formel basé sur un curriculum scientifique. Le premier paraît être plus attrayant et plus facile à faire fonctionner, surtout avec des élèves moins âgés, mais il conduit difficilement à un savoir certain et fonctionnel concernant le concept de l'énergie. D'autre part, on pourrait se demander si le *curriculum* scientifique peut proposer une culture de l'énergie qui fonctionnera dans la vie de tous les jours et, en même temps, répondre au critère de la construction d'un savoir sur l'énergie certain et fonctionnel. Dans cette étude, nous allons présenter la nature et les caractéristiques d'une classification des *curricula* scientifiques concernant l'enseignement de l'énergie dans le cadre de l'éducation obligatoire. Cette classification, produit d'une recherche empirique, comporte trois types de conceptions curriculaires : la conception « traditionnelle », la conception « innovante » et la conception « constructiviste ». La classification à laquelle nous nous référons, n'est autre qu'un regroupement de conclusions provenant de l'analyse empirique du contenu d'une série de projets d'enseignement précis de divers pays, qui constituent des approches connues et validées. Enfin, nous allons discuter si et comment les trois types de conceptions curriculaires contribuent à la transmission d'une culture de l'énergie aux élèves dans le cadre de l'éducation formelle.

Mots-clés : Didactique des sciences physiques, éducation formelle, culture scientifique, énergie.

PROBLÉMATIQUE

Bien que beaucoup de temps ait passé depuis l'époque où les clients de la Société d'Electricité refusaient de payer l'énergie électrique (Brunhes 1909), il paraît qu'un des buts principaux de la communauté éducative et des différents services culturels, aujourd'hui, est la transmission d'une culture de l'énergie à un public général comprenant aussi les élèves. Mais qu'entend-

on par culture de l'énergie aujourd'hui ? On pourrait la décrire comme un ensemble de possibilités au niveau de la pensée et des capacités concernant :

- l'appropriation du concept scientifique de l'énergie et plus précisément la compréhension des transformations, de la conservation et de l'équivalence des différents types d'énergie et, en même temps,
- la reconnaissance et l'application de ce concept dans le milieu social et naturel.

Ces capacités pourraient conduire à la formation, à la fois, des modèles explicatifs pouvant fonctionner aussi bien au niveau des situations scolaires qu'au niveau de la vie de tous les jours et d'une conscience du citoyen ayant un rapport avec des problèmes contemporains comme, par exemple, la maîtrise de l'énergie à la maison et la gestion des ressources énergétiques.

Deux mécanismes peuvent mettre en œuvre la transmission de la culture de l'énergie : le mécanisme de la vulgarisation scientifique et le mécanisme de l'enseignement formel basé sur un *curriculum* scientifique. Le premier paraît être plus attrayant et plus facile à faire fonctionner, surtout avec des élèves moins âgés, mais il permet difficilement d'atteindre un savoir certain et fonctionnel concernant le concept d'énergie. Cette difficulté découle de ce que Baltas (1984) appelle « le problème théorique de la vulgarisation » qui pose la question de la possibilité et des limites du processus de la transition du langage scientifique à la langue de tous les jours, une transition qui annule l'autonomie conceptuelle de la science¹. On pourrait, alors, se demander si le curriculum scientifique peut proposer une culture de l'énergie qui fonctionnera dans la vie de tous les jours et, en même temps, remplira le critère de la construction d'un savoir sur l'énergie, certain et fonctionnel.

Comment les enseignants peuvent-ils favoriser l'appropriation des connaissances scientifiques au sens pur du terme et/ou la formation d'une culture énergétique ? La réponse à cette question présuppose une série de préalables qui ne peuvent cependant être réalisés qu'en fonction d'un certain nombre de critères relatifs au développement de *curriculum*. Ces critères peuvent être formulés empiriquement, en fonction d'estimations subjectives quant à ce qui est nécessaire, utile et efficace ou être puisés dans le cadre épistémologique de la didactique des sciences physiques, ce qui permettrait aux enseignants d'avoir une conception plus systématique de la culture de l'énergie en fonction des *curricula*. Une telle problématique nous a conduits à la construction d'une classification des *curricula* sur l'énergie qui, entre autres, peut répondre à la question précédente. Cette classification, produit

¹ Ce problème pourrait être envisagé au travers d'un effort systématique concernant la transmission de la culture scientifique dans l'éducation non formelle et informelle (Escot, 1999).

d'une recherche empirique dans le cadre de la Didactique des sciences physiques (Koliopoulos et Ravanis 1998), comporte trois conceptions sur le *curriculum* énergétique. Il s'agit d'une tentative de modélisation (Martinand 1994) d'une grande série de projets d'enseignement connus et validés. Plus spécialement ; il s'agit du curriculum britannique (National curriculum et autres versions — les projets *Physics for you* et *CLISP-Children's Learning in Science Project*), du curriculum français (versions anciennes et plus récentes — les projets *Sciences Physiques 3e*), du curriculum allemand (le projet *Neue Physik Das Energiebuch*), du curriculum américain (le projet *Physical science II - Energy*) et des *curricula* de certains pays méditerranéens comme la Tunisie (le projet *Physique* du Centre National Pédagogique), l'Albanie (le projet *Fysika* du Ministère de l'Éducation Nationale), Chypre (le projet *Initiation à la Physique* du Ministère de l'Éducation Nationale) et la Grèce (le projet *Physique* du Ministère de l'Éducation Nationale). Dans notre revue, nous avons compris également certains projets d'enseignement se prétendant constructivistes mais ayant un caractère expérimental. Les caractéristiques du corpus des *curricula* étudiés sont les suivantes : leur approche analytique-conceptuelle (Driver et Millar 1986) et leur caractère introductif au concept d'énergie, au niveau du collège.

Dans cette étude, nous allons présenter la nature et les caractéristiques de trois conceptions du *curriculum* scientifique concernant l'enseignement de l'énergie. Dans chaque conception, nous allons discuter si et comment la conception contribue à la transmission d'une culture de l'énergie aux élèves dans le cadre de la problématique que nous avons exposée aux premiers paragraphes de ce texte. Enfin, nous allons discuter les conséquences et les limites de l'application de notre classification à la transmission d'une culture de l'énergie dans le cadre de l'éducation formelle.

UNE CLASSIFICATION DES CONCEPTIONS DE L'ÉNERGIE DANS LES CURRICULA : DES CONCEPTIONS DIFFÉRENTES DE LA CULTURE DE L'ÉNERGIE ?

La classification proposée comporte trois catégories de conceptions du contenu des *curricula* : la conception « traditionnelle », la conception « innovante » et la conception « constructiviste ». La nature et les caractéristiques de ces catégories seront décrites de façon analytique par la suite.

La conception traditionnelle

Il s'agit d'un point de vue concernant des *curricula* uniquement pré-

occupés par le contenu scientifique, et qui ont été élaborés sans que des analyses systématiques pédagogiques, épistémologiques et/ou psychologiques soient prises en considération. Nous allons utiliser en tant que représentants de la conception « traditionnelle » concernant l'énergie, le projet d'enseignement anglais bien connu, le *Physics for you* (Johnson 1991) ainsi que celui de physique en vigueur au collège grec (Zenakos et al. 1994). Les axes principaux de la conception traditionnelle sont les suivants :

Dispersion thématique. Une des caractéristiques principales de la conception traditionnelle est la *dispersion du concept d'énergie* à travers les différentes unités thématiques. Dans le projet grec, par exemple, nous rencontrons le concept dans des unités thématiques très différentes comme : « Travail », « Machines simples », « Température — Chaleur », « Théorie cinétique des gaz », « Machines thermiques », et « Emission et propagation de la lumière ». Il en va de même dans le projet d'enseignement anglais (par exemple, « Thermomètres », « Travail — Energie — Puissance », « Machines simples », « Effets thermiques du courant électrique », « Radioactivité »).

Juxtaposition ou mélanges des cadres conceptuels. Une des conséquences majeures de la caractéristique de la conception traditionnelle mentionnée précédemment, est que l'étude du concept d'énergie devrait être réalisée dans des *cadres conceptuels différents*, et que dans chacun d'eux, le concept d'énergie prenne un sens systémique et empirique différent, c'est-à-dire une autonomie conceptuelle relative (Baltas 1990). Dans les unités thématiques des projets grec et anglais, sont juxtaposés et/ou sont mélangés les cadres conceptuels de la Mécanique, de la Calorimétrie, de la Thermodynamique, de la Mécanique Statistique, de l'Électricité, etc.

Approche purement quantitative du concept de l'énergie. Le concept d'énergie est introduit soit en tant que concept *dérivé du travail* (par exemple, dans le cadre conceptuel de la Mécanique), soit en tant que *fonction des grandeurs observables* qui décrivent le champ mono-phénoménologique d'application du concept. Dans le projet grec, l'énergie est d'emblée introduite avec des phénomènes mécaniques, au moyen du concept de travail (dans l'unité « Énergie-Formes d'énergie »), alors que plus tard, la chaleur (énergie) absorbée par une quantité d'eau qui se réchauffe est liée à la masse, à la chaleur spécifique et à la variation de la température du liquide (dans la partie « Calorimétrie »). Nous remarquons une organisation inverse dans le projet anglais où l'approche des phénomènes thermiques (dans la partie « Mesure de la chaleur ») précède l'approche des phénomènes mécaniques dans le chapitre « Travail-Énergie-Puissance ». La caractéristique de l'introduction du concept d'énergie, comme étant une fonction des gran-

deurs, s'observe également dans le projet français d'enseignement au niveau collège, où l'unique cadre conceptuel utilisé est celui de l'électricité (Caborieau *et al.* 1994).

Quelle est alors la relation entre la conception traditionnelle et la transmission de la culture de l'énergie ? L'intention explicite ou implicite de la conception traditionnelle est que les élèves comprennent les sujets qui touchent principalement, pour ne pas dire uniquement, au *contenu des sciences physiques*. La conséquence d'une telle intention est que le *curriculum* traditionnel envisage tous les concepts de sciences physiques de la même façon. Aucun principe, aucune loi ou concept n'a de caractère *privilegié*. Pas l'énergie. Dans ce cadre, la référence aux applications des différents concepts dans la vie de tous les jours devient symptomatique, l'important étant la structure conceptuelle de l'unité thématique concrète, et non la mise en relation de cette structure avec les problèmes de tous les jours où le concept de l'énergie est impliqué.

Nous pouvons aussi formuler l'hypothèse que la juxtaposition et/ou les mélanges de cadres conceptuels ne favorise pas l'étude approfondie de l'objet à enseigner ou produit très probablement chez les élèves des confusions conceptuelles qui les conduit à un « *non-apprentissage* » du concept d'énergie. Par exemple, il est observé dans beaucoup de recherches que les élèves, même après l'enseignement, utilisent très rarement le concept de l'énergie quand ils ont à décrire ou expliquer des phénomènes naturels ou, s'ils sont obligés de le faire, il apparaît que le terme énergie n'a aucune signification pour eux (Koliopoulos et Tiberghien 1986). Ceci nous amène à penser que ces élèves ne seront pas davantage capables d'utiliser d'une façon efficace le concept dans un cadre social.

Enfin, une difficulté à établir une relation fonctionnelle entre la conception traditionnelle curriculaire et la transmission de la culture de l'énergie vient du contenu conceptuel de l'introduction du concept de l'énergie à partir du concept du travail. Cette approche est considérée comme *insuffisante et fautive* selon des critères scientifiques, sociaux et psychologiques (Lehrman 1973, Arons 1990). Plus particulièrement, par rapport à la dimension sociale, Lehrman (1973) écrit que l'introduction de l'énergie comme capacité de produire du travail « distord gravement le problème social important de la disponibilité des ressources énergétiques ».

La conception innovante

La conception innovante constitue un point de vue ayant ses origines dans des innovations curriculaire qui sont apparues dans les années 1960 et 1970. Il s'agit d'un point de vue influencé non seulement par des nouveaux

courants épistémologiques et psychologiques mais aussi par une tendance à incorporer les besoins sociaux au curriculum d'enseignement scientifique. On distingue deux approches. En tant que représentant de la première approche de la conception innovante, nous présenterons le projet américain « Physical science II/Energy » qui a été développé par Haber-Schaim (1983). En tant que représentants de la deuxième approche, nous présenterons le projet français « Sciences Physiques, Libres Parcours » (Agabra *et al.* 1979), et le projet allemand « Neue Physik Das Energiebuch » (Falk et Herman 1981). La conception innovante est caractérisée par :

Unités thématiques ou conceptuelles larges. Dans la conception innovante, nous passons donc de la dispersion du concept d'énergie en diverses unités thématiques, à une plus *large unité conceptuelle* ou même au fait de considérer l'énergie comme *principe organisateur* du curriculum en entier. Ainsi, le principal élément unificateur de la série d'unités qui apparaît dans le projet « Physical science II/ Energy » (par exemple, dans les unités successives « Chaleur », « Chaleur et charge électrique », « Où se trouve la chaleur ? » et « Energie potentielle »), est le concept de *transformation des formes d'énergie* de façon à ce que soit confirmé le principe fondamental de la conservation de l'énergie. Une semblable organisation conceptuelle du contenu est aussi observée dans les projets français et allemand où le concept de transfert d'énergie joue surtout le rôle unificateur principal dans toutes les unités thématiques (« Rendement-Pertes », « Puissance », « Stockage » « Coût énergétique », « Machines thermiques » et « Production d'énergie électrique »).

Développement d'un cadre conceptuel unique. Dans le cas de l'approche de la conception innovante où le rôle principal est joué par le contenu de la science, l'énergie est introduite en tant que *concept premier* alors qu'est souligné son caractère *unificateur* et *inter — phénoménologique*, qui est assuré à travers *le principe de conservation de l'énergie*. Par exemple, les principes suivants paraissent diriger le projet américain : (a) Au cours de toute interaction entre deux phénomènes, « quelque chose » (que nous nommons énergie) est transféré de l'un à l'autre, et (b) à chaque transfert d'énergie ou à chacune de ses transformations, la quantité totale d'énergie demeure stable. De même, chaque nouvelle forme d'énergie est définie quantitativement à travers l'étude de sa conversion en d'autres formes d'énergie.

Dans le cas de la deuxième approche de la conception innovante, où les intentions scientifiques et sociales constituent un ensemble plus équilibré d'objectifs didactiques, l'énergie est également présentée comme un concept premier alors qu'en même temps est choisi *le cadre théorique de la Ther-*

modynamique en tant qu'unique cadre conceptuel de référence. La forme que prend la transposition didactique du cadre conceptuel de la Thermodynamique est celle de divers modèles de la *chaîne énergétique*. Il s'agit de modèles « énergétiques » explicatifs qui décrivent et interprètent un grand nombre de phénomènes physiques ayant des caractéristiques mécaniques, électriques, magnétiques et chimiques. Le champ d'application au projet français, par exemple, est principalement *inter – phénoménologique*. Une des idées principales est celle de demander aux élèves de reconnaître l'énergie comme élément commun aux différents phénomènes physiques, où la cause ou le résultat est identique. Par exemple, on leur demande de définir la propriété commune dans les différents cas d'allumage d'une ampoule (par exemple, à l'aide d'une pile ou d'une dynamo qui fonctionne grâce à la chute d'un corps ou encore à l'aide d'un thermocouple, etc.). Une autre séquence de phénomènes s'appuyant sur la pile comme réservoir commun d'énergie peut jouer exactement le même rôle. En ce qui concerne le projet allemand, l'étude de l'énergie se fait à travers le cadre d'un modèle semblable de chaîne énergétique qui s'applique tout comme dans le projet français à un grand nombre de phénomènes physiques, où les systèmes physiques proviennent surtout d'un environnement physique et technologique familier aux élèves.

Approche « qualitative ou semi-quantitative ». Les divers modèles de la chaîne énergétique ne constituent pas des copies fidèles du cadre conceptuel scientifique, mais des purs produits de transposition didactique ayant un rapport simultanément avec le niveau éducatif des élèves auxquels il s'adresse, l'environnement quotidien et social et le cadre conceptuel de référence. L'exemple le plus frappant est celui du projet allemand avec l'introduction du terme du *porteur d'énergie*. En accord avec le modèle de la chaîne énergétique utilisé, le flux d'énergie qui se manifeste entre des sources d'énergie, des récepteurs et des transformateurs d'énergie, est accompagné par le flux d'au moins une grandeur extensive (porteur d'énergie) qui indique le « mécanisme » de transfert de l'énergie (par exemple, dans les unités successives « Sources d'énergie et récepteurs d'énergie », « Porteurs d'énergie », « Le porteur d'énergie : électricité », « Le porteur d'énergie : moment d'inertie », etc.). En général, on ne rencontre pas ce terme au niveau du savoir scientifique de référence.

D'après les caractéristiques précédentes, il paraît qu'au moins à la deuxième approche, les objectifs didactiques culturels sont *constitutifs* de la conception innovante. Cette relation étroite entre la conception innovante et la transmission de la culture de l'énergie se manifeste :

(a) Avec l'introduction des phénomènes et des problèmes de la vie de

tous les jours non pas comme simples applications du cadre conceptuel énergétique mais comme des *thèmes conducteurs* qui jouent un rôle principal dans l'apprentissage du concept. Le problème, par exemple, d'économiser de l'énergie bien qu'il ne constitue pas un objet scientifique mais un problème social est présenté comme le cadre pertinent pour l'introduction et l'étude du concept de l'énergie.

(b) Avec l'utilisation d'un cadre conceptuel de la chaîne énergétique qui « *s'accorde* » avec une étude énergétique des phénomènes de la vie de tous les jours et de la technologie. Ce cadre est compatible avec une approche culturelle de l'énergie car il est inter-phénoménologique, comme cela se passe avec le champ d'application du concept au niveau social (par exemple, les appareils électriques domestiques ou les systèmes technologiques à grande échelle comme le central hydroélectrique) et, en même temps, unificateur des différents domaines des sciences expérimentales comme la lumière, la chimie, l'électricité, la mécanique (sans oublier les frottements partout présents), etc.

On pourrait aussi formuler l'hypothèse que l'existence d'un cadre conceptuel unique, dans les deux approches, conduit les élèves à la formation d'une conception fonctionnelle du concept de l'énergie puisqu'une étude plus *approfondie* de l'objet à enseigner est favorisée.

La conception constructiviste

La conception constructiviste à laquelle nous nous référons, concerne des approches qui semblent former des propositions alternatives complètes d'enseignement de l'énergie, et non pas des approches restreintes où le processus d'élaboration du concept en fonction d'un nombre limité d'activités est examiné. Les intentions communes de la conception constructiviste sont : (a) la nécessité *d'une intégration organique des conceptions des élèves sur les concepts physiques* dans la formulation d'intentions et d'objectifs didactiques, et (b) la formulation d'objectifs didactiques de façon à laisser transparaître *les processus d'élaboration conceptuelle*, ce qui n'est pas le cas dans les objectifs clairement exprimés de la conception traditionnelle et innovante.

Une revue systématique des diverses recherches relatives aux projets constructivistes d'enseignement (Koliopoulos 1997) a prouvé qu'il existe au moins deux approches dont les caractéristiques peuvent être généralisées de sorte que nous puissions parler de « curriculum constructiviste » dont les objectifs didactiques influencent de façon efficace la structuration du contenu. La première approche se réfère à des projets ayant pour but de permettre aux élèves de différencier certains concepts proches relatifs au concept

d'énergie qui, avant l'enseignement, étaient utilisés de façon indifférenciée. Dans ce cas, des activités didactiques favorisant la disparition d'obstacles conceptuels chez les élèves sont introduites, et conduisent à la *différenciation progressive* des concepts en question, par exemple, la différenciation entre les notions de température, chaleur et énergie (Agabra 1986) et la différenciation entre les notions d'énergie électrique et de courant électrique (Shipstone et Gunstone 1985). Cette approche est surtout mono-phénoménologique. Le projet d'Agabra propose un plan d'élaboration progressive des notions de température, chaleur et énergie, depuis l'école primaire jusqu'au lycée. L'introduction de la chaleur en tant que forme de transfert d'énergie est proposée à la fin du premier cycle d'études de l'enseignement secondaire (collège) et/ou au début du deuxième cycle (lycée). Elle a pour but de dépasser l'obstacle cognitif selon lequel la chaleur est considérée comme une sorte de substance, et plus particulièrement de dépasser la difficulté d'élaboration de notions équivalentes comme chaleur et travail, observée chez des élèves de cet âge. Dans le projet de Shipstone et Gunstone, est d'abord introduite la notion d'énergie électrique qui est plus proche des conceptions des élèves par opposition aux projets traditionnels.

La deuxième approche se réfère à des projets d'enseignement qui s'appuient sur l'interaction des premières conceptions des élèves, et d'un « modèle — germe » explicatif ayant pour but l'élaboration d'une *forme plus évoluée de ce modèle* (Tiberghien *et al.* 1989 ; Koliopoulos & Ravanis 2000). Cette approche exige l'activation du raisonnement causal et linéaire « source — action — récepteur », que les élèves utilisent très fréquemment quand ils tentent de décrire et/ou d'expliquer le fonctionnement de divers systèmes physiques. Il s'agit d'une approche inter-phénoménologique qui a pour résultat la formulation, de la part des élèves, de conceptions que certains nomment conceptions pré-énergétiques, compatibles au niveau qualitatif avec certains modèles de la chaîne énergétique. Le changement de ces conceptions qualitatives et quantitatives est un des principaux objectifs didactiques de ces projets. Ainsi dans le projet de Koliopoulos et Ravanis, comme il a été constaté que les élèves expriment plus facilement des conceptions pré-énergétiques dans les phénomènes thermiques plutôt que dans les phénomènes mécaniques, l'introduction du « modèle — germe » se fait à travers les phénomènes thermiques, et son élaboration est ensuite tentée auprès des phénomènes mécaniques, au moyen de ses *propriétés analogiques*.

Enfin, on pourrait distinguer une troisième approche, qualitativement différente des deux approches précédentes, qualifiée comme approche « méthodologique » qui se centre sur la méthode d'enseignement plutôt que sur

l'élaboration du contenu conceptuel en proposant une séquence d'activités didactiques hiérarchiquement structurée pouvant correspondre à une séquence de processus d'apprentissage (par exemple, le projet britannique *CLIS* – 1987).

Dans la conception constructiviste, l'accent est donné au changement conceptuel et, par conséquent, l'approche « culturelle » ne constitue pas un élément propre de cette conception curriculaire. Cependant, il y a des projets qui incorporent des objectifs qui favorisent la transmission des éléments de la culture scientifique comme cela se passe avec les modules « Energy and ourselves » et « Energy for the consumer » du projet *CLIS*. Mais il faut souligner que, dans le cadre de l'approche méthodologique, il apparaît que la transmission de la culture de l'énergie et la construction par les élèves d'un cadre conceptuel énergétique sont deux chemins *indépendants* dont la rencontre n'est pas du tout assurée *a priori*. D'un autre côté, la conception constructiviste paraît être un environnement favorable pour la transmission de la culture scientifique puisqu'elle permet la construction d'un savoir certain et opérationnel sur l'énergie qui pourrait constituer une base pour la sensibilisation aux phénomènes et aux problèmes de tous les jours ayant un rapport avec l'énergie, et surtout pour leur compréhension. S'agissant notamment de la construction du cadre conceptuel de la chaîne énergétique, la relation entre changement conceptuel et transmission de la culture de l'énergie pourrait ainsi devenir une relation *interactive* et *efficace*.

DISCUSSION

Comme on l'a déjà constaté, la conception curriculaire innovante, au niveau de la planification, est une approche compatible avec la formation d'une culture énergétique chez les élèves. En réalité, le caractère unificateur du concept de l'énergie dans les *curricula* de ce type pourrait permettre aux enfants la reconnaissance et la manipulation de problèmes énergétiques dans les différents domaines de la matière enseignée, c'est-à-dire la valorisation des possibilités que ne nous offre pas la conception traditionnelle laquelle implique des confusions diverses au niveau scientifique et épistémologique. Malgré ces présuppositions de départ positives, l'approche innovante reste faible au niveau de la construction cognitive des connaissances énergétiques opérationnelles, étant donné que les hypothèses d'apprentissage de cette approche ne sont pas suffisamment élaborées (Koliopoulos 1997).

Par contre, l'ancrage de la conception constructiviste curriculaire dans les hypothèses d'apprentissage sur l'énergie, qui s'appuient sur la recherche en didactique des sciences physiques et sur des concepts psychologiques et

épistémologiques validés, conduit les enfants à la construction cognitive d'un concept de l'énergie stable, opérationnel et flexible. En outre, on a constaté que l'approche constructiviste permet aux élèves de construire des liens entre champs phénoménologiques divers, en facilitant simultanément le passage des aspects qualitatifs aux aspects quantitatifs du concept (Koliopoulos et Ravanis 2000). Ces aspects de l'approche constructiviste offrent aux *curricula* qu'ils animent quelques possibilités qui consistent en conditions nécessaires mais pas suffisantes pour la formation éventuelle d'une culture de l'énergie chez les élèves, parce que la dimension de l'appropriation du concept scientifique de l'énergie est un seul paramètre de la culture de l'énergie parmi d'autres, d'ordre social, environnemental, politique et économique. On peut supposer que les possibilités d'un travail efficace, au niveau cognitif avec les élèves sur le concept de l'énergie, favorisent les efforts éventuels du travail dans la classe vers les autres dimensions de la formation d'une culture de l'énergie, au fur et à mesure que les enseignants disposent des connaissances et des outils pertinents.

En ce qui concerne les limites de la validité de la classification présentée, on doit clarifier qu'elle pourrait donner les résultats souhaités dans le cadre de l'éducation formelle, lorsqu'elle permet une modélisation des *curricula* scolaires. Cette classification ne peut pas non plus incorporer les *curricula* du type « Science, Technology, Society » ou même les *curricula* des sciences intégrées. Il s'agit de *curricula* dont la structure ne s'appuie pas sur le contenu conceptuel de l'énergie, mais plutôt sur l'élaboration des unités thématiques en termes de vulgarisation ; c'est pourquoi, dans notre cadre d'analyse, nous ne nous y référons pas.

La mise en œuvre de notre *modèle* classificatoire n'a pas pour but d'envisager l'ensemble des problèmes qui se posent quant à la possibilité de la formation d'une culture énergétique dans l'enseignement obligatoire. Nous espérons avoir montré l'importance pour les enseignants, les administrateurs et les chercheurs d'utiliser les axes d'un modèle explicite comme outil de communication entre les sciences physiques et la culture scientifique à l'école.

Dimitris KOLIOPOULOS
Université de Cyprus, Kallipoleos
Konstantinos RAVANIS
Université de Patras

Abstract : One of the main aims of the educational community nowadays is the dissemination of an « energetical » culture to a general public, including stu-

dents. There are two mechanisms that could effectuate this dissemination : the mechanism of scientific popularization, and the mechanism of formal teaching based on a scientific curriculum. The first seems to be more attractive and easier to implement, especially with younger students, but it is difficult to lead to a solid and functional knowledge concerning the concept of energy. One might wonder, on the other hand, whether the scientific curriculum could establish an « energetical » culture that would be effective in everyday life, and would provide at the same time a firm and functional knowledge. In this paper we will present the nature and the characteristics of a classification of the scientific curricula, concerning the instruction of the concept of energy, in the elementary education. This classification, which is the product of an empirical research, comprises three types of curricular conceptions : the « traditional » conception, the « innovative » conception, and the « constructivist » conception. The classification to which we will refer is an amalgam of the conclusions drawn from an empirical research of the content of a number of well-known educational projects across different countries. Finally, we will discuss whether and, if the answer is positive, how, the three types of curricular conceptions contribute to the dissemination of an « energetical » culture to students within the context of formal education.

Keywords : Science education, formal education, scientific culture, energy.

Bibliographie

- AGABRA J. *et al.* (1979) *Sciences Physiques*. Paris : Hachette.
- AGABRA J. (1986) « Échanges thermiques » — *Aster* 2 (1-41).
- ARONS A.B. (1990) *A guide to introductory Physics learning*. J. Wiley & Sons.
- BALTAS A. (1984) « L'“autonomie conceptuelle” des théories de la Physique et le problème de la vulgarisation » — *Ametos* (111-124). Centre des Etudes sur l'Asie Mineure (en grec).
- BALTAS A. (1990) « Once again on the meaning of physical concepts » — in Nikolakopoulos P. (Ed.) *Greek studies in the Philosophy and History of Science* (293-313). Kluwer Academic Publishers.
- BRUNHES B. (1909) *La dégradation de l'énergie*. Paris : Flammarion.
- CABORIEAU O. et coll. (1994) *Physique, Chimie 3^e*. Paris : Nathan.
- CLISP (1987) *Approaches to teaching energy*. University of Leeds.
- DRIVER R. & MILLAR R. (1986) « Teaching energy in schools : Towards an analysis of curriculum approaches » — in: R. Driver et R. Millar (Eds.) *Energy Matters* (9-24). University of Leeds.
- ESCOT C. (1999) « La culture scientifique et technologique dans l'éducation non formelle » — *Études et documents d'éducation* 6. Editions UNESCO.

- FALK G. & HERMANN F. (1981) *Neue Physik, Das energiebuch. Schroedel.*
- HABER-SCHAIM U. (1983) *Energy*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. Jersey.
- JOHNSON K. (1994) *Physics for you*. Huthinson.
- KOLIOPOULOS D. & TIBERGHIE A. (1986) « Éléments d'une bibliographie concernant l'enseignement de l'énergie au niveau des collèges » — *Aster 2* (167-178).
- KOLIOPOULOS D. (1997) *Approches épistémologiques et didactiques du processus de construction de curriculum : Le cas de la transposition didactique et de l'apprentissage du concept d'énergie*. Thèse Université de Patras (en grec).
- KOLIOPOULOS D. & RAVANIS K. (1998) « L'enseignement de l'énergie au collège vu par les enseignants. Grille d'analyse de leurs conceptions » — *Aster 26* (165-182).
- KOLIOPOULOS D. & RAVANIS K. (2000) « Élaboration et évaluation du contenu conceptuel d'un curriculum constructiviste concernant l'approche énergétique des phénomènes mécaniques » — *Didaskalia 16* (à paraître).
- LEHRMAN R.L. (1973) « Energy is not the ability to do work » — *The Physics Teacher 11*, 1 (15-18).
- MARTINAND J.-L. (1994) « La Didactique des Sciences et de la Technologie et la formation des enseignants » — *Aster 19* (61-75).
- SHIPSTONE D.M. & GUNSTONE R.F. (1985) « Teaching children to discriminate between current and energy » — in : R. Duit *et al.* (Eds.) *Aspects of understanding electricity* (287-297). Kiel : IPN, University of Kiel.
- TIBERGHIE A., VINCENT D. & FARISON R. (1989) « From teaching content to learning situation : the case of a teaching on energy at compulsory school level (16 years) » — *Communication in the third European Conference for Research on Learning and Instruction*. Madrid.
- ZENAKOS et al. (1994) *Sciences Physiques 4e*. Ministère de l'Éducation grec.