



Les représentations spatiales des concepts associés à l'énergie comme outil de formation des enseignants

**Application à l'analyse du nouveau programme
de physique des classes de première
de série scientifique**

**Catherine BRUGUIÈRE, André SIVADE,
Danièle CROS**

Université Montpellier II

ERES - LRDS

Place Eugène Bataillon

Case 039

34095 Montpellier cedex 05, France.

Résumé

Les nouveaux programmes scientifiques en classe de première de série scientifique sont organisés autour du thème de l'énergie. Ce thème transdisciplinaire et à caractère polysémique nécessite d'établir une "base langagière commune" entre les enseignants concernés. Nous présentons ici, sous forme de cartes conceptuelles, les résultats d'une analyse sémantique et conceptuelle, centrée sur le programme de physique. Ce type de représentation permet de visualiser les concepts structurant le savoir énergie et leurs interrelations. Elle devrait aider les enseignants à percevoir les changements dans les approches du programme mais aussi les voies de passage au trans-

disciplinaire et à la composante Environnement. Ce travail nous semble offrir une base de réflexion indispensable à la mise en œuvre d'actions de formation destinées à des enseignants issus de différentes disciplines.

Mots clés : *cartes conceptuelles, didactique, énergie, programme, transdisciplinaire.*

Abstract

New scientific curricula in secondary school (for 16 to 17 year old students) are focused on themes in energy. The teachers concerned by these transdisciplinary and polysemic themes need a "common language". In this way, we propose concept maps elaborated from a semantic and conceptual study of physics' curriculum. This representation permits a visualisation of the organisation of energy' s contents around structuring concepts and their relations. It would be helpful for teachers to perceive not only the changes of curriculum in this approach but also the transdisciplinary and environmental aspects of energy. We think that this work can be helpful in training teachers from different disciplines.

Key words : *concept maps, didactics, energy, curriculum, transdisciplinary.*

Resumen

Los nuevos programas científicos en clase de primero de la serie científica están organizados alrededor del tema de energía. Este tema transdisciplinario y de carácter polisémico necesita establecer una "base lingüística común" entre los enseñantes concernidos en este.

Nosotros presentamos aquí, bajo la forma de mapas conceptuales, los resultados de un análisis semántico y conceptual, centrado en el programa de física. Este tipo de representación permite visualizar los conceptos que estructuran "Energía" y sus interrelaciones. Ella debería ayudar a los profesores a percibir no solamente los cambios en la manera de enfocar los programas sino también el paso a lo transdisciplinario y el medio. Así como también puede ofrecer una base de reflexión indispensable en la ejecución de acciones destinadas a la formación de profesores de diferentes disciplinas.

Palabras claves : *mapas conceptuales, didáctica, energía, programa, transdisciplinario.*

Nombreuses sont les difficultés que les enseignants rencontrent dans la transmission de concepts scientifiques clés tels que l'eau, la matière ou l'énergie. Utilisés dans des champs conceptuels très diversifiés, ces termes sont saturés de significations multiples qui se superposent, s'entrecroisent, renvoient les unes aux autres et entre lesquelles le glissement est constant.

Par conséquent, face à cette complexité un besoin de lisibilité s'impose. Les représentations spatiales nous semblent pouvoir répondre à cette fonction. C'est ici au travers du thème de l'énergie que nous nous proposons de démontrer l'intérêt de cet outil de formation (1^{re} partie) et d'en vérifier les potentialités (2^e partie).

1. L'INTÉRÊT D'UN OUTIL DE FORMATION POUR L'APPRÉHENSION DU CONCEPT D'ÉNERGIE

L'intérêt d'un outil de formation pour l'appréhension du concept d'énergie se vérifie dès lors que l'on prend conscience d'une part que le langage est un vecteur prépondérant des savoirs dans l'enseignement (1.1) et d'autre part, que l'énergie est un concept pluridisciplinaire et polysémique (1.2).

1.1. Le langage : vecteur prépondérant du savoir dans l'enseignement

La modélisation de la situation d'enseignement s'ordonne autour de trois pôles en interaction : élève, enseignant, savoir (ici, le savoir énergie), formant le triangle didactique (Develay, 1989), et où la connaissance scientifique est communément véhiculée par le langage. Ainsi, au niveau de la relation élève/enseignant, l'enseignement, assimilable à une activité de communication (dès lors du moins que l'élève comprend ce que le maître a voulu dire), nécessite de la part de l'enseignant de connaître les différents registres de formulation du concept accessibles à l'élève, afin de l'aider à atteindre les niveaux de conceptualisation fixés à travers les objectifs pédagogiques.

C'est aussi au niveau des relations entre les enseignants des disciplines concernées par l'enseignement d'un concept clé tel que celui de l'énergie qu'une "base langagière commune", prenant en compte les spécificités sémantiques et conceptuelles de chaque discipline, doit être définie. Et ce tout en sachant que les mots peuvent représenter un frein majeur à cette communication, idée que Bachelard désignait par *obstacle verbal*, en soulignant : *"À une même époque, sous un même mot il y a des concepts si différents ! Ce qui nous trompe c'est que le mot à la fois désigne et explique. La désignation est la même ; l'explication est différente."* (Bachelard, 1989)

1.2. L'énergie : concept polysémique et pluridisciplinaire

Le terme énergie présente un caractère polysémique (connu de tous, chacun pourtant lui attribue un sens différent) et "fourre-tout" (tout n'est-il pas énergie ?...).

Pluridisciplinaire, le terme énergie renvoie à différents réseaux conceptuels interdépendants. Structuré principalement, au niveau de l'enseignement

secondaire, autour de la mécanique et de l'électricité en physique, autour de la réaction et de l'équilibre en chimie, le concept sera rattaché au métabolisme et à la photosynthèse en biologie. Parallèlement à ces champs de référence diversifiés, le concept d'énergie est introduit et enseigné dans sa forme la plus abstraite et la plus formalisée en sciences physiques, pendant que d'autres disciplines l'utilisent sous des formes plus concrètes et moins formalisées. Dans une thématique énergie-environnement, nous nous efforcerons de nous référer au savoir énergie dans sa globalité, ce qui oblige un passage du pluridisciplinaire au transdisciplinaire, en s'appuyant sur les interactions entre les réseaux conceptuels disciplinaires, mis en valeur à l'aide de représentations graphiques.

2. LES REPRÉSENTATIONS SPATIALES DES CONCEPTS ASSOCIÉS À ÉNERGIE COMME OUTIL D'APPRÉHENSION DU SAVOIR ÉNERGIE

2.1. Objet d'étude

Afin de mener notre analyse, nous avons choisi de commencer par une réflexion sémantique et conceptuelle sur le savoir énergie (au niveau du secondaire), basée sur l'étude des mots ou groupes de mots porteurs de sens que les élèves (Bruguière, 1993), les enseignants et les programmes scolaires utilisent quand ils "parlent d'énergie", puis par la suite de mettre en forme cette étude au travers de représentations graphiques et plus particulièrement de cartes conceptuelles (Matthews et al., 1984). Ces cartes devraient, selon nous, permettre de visualiser les réseaux conceptuels (Langlois et al., 1994) organisés autour de concepts et de relations.

Cet exercice peut être rapproché de celui de l'épistémologue décrit par Bachelard : *"L'épistémologue doit s'efforcer de saisir des concepts scientifiques en établissant, à propos de chaque notion, une échelle de concepts, en montrant comment un concept en produit un autre, s'est lié avec un autre."* (Bachelard, 1989)

Nous limitons notre analyse au nouveau programme de physique de classe de première de série scientifique, où l'énergie est proposée comme thème conducteur facilitant un ancrage sur le quotidien de l'enseignement. L'objet de notre article est de montrer que l'usage de représentations graphiques peut conduire, dans la formation des enseignants, à une nouvelle approche du savoir, du fait d'une mise en forme à différents niveaux d'organisation des mots structurant les éléments du programme relatifs au savoir énergie, ainsi qu'à une meilleure perception des changements de programme.

Pour mener à bien cette étude nous avons opté pour un traitement lexicométrique.

2.2. Résultats

Les cinq représentations graphiques que nous proposons ici sont construites à partir du savoir énergie issu du programme de physique des classes de première de série scientifique et portent successivement sur :

- l'ordonnement et l'évolution de ce savoir énergie,
- les mots clés le structurant,
- les relations entre les mots clés et leur réseau implicite,
- la combinaison de ces réseaux conceptuels,
- les interrelations de cette combinaison de réseaux avec des réseaux conceptuels périphériques (associés à environnement et aux savoirs énergie des programmes des autres disciplines).

2.2.1. L'ordonnement et l'évolution du savoir énergie dans les programmes de physique

La première carte présentée (figure 1) repose sur un corpus composé uniquement des titres des différentes parties composant les trois programmes de physique qui se sont succédé depuis 1982 : le programme 1982 (B.O., 1982), le programme 1988 (B.O., 1988) et le programme 1992 (B.O., 1992).

Si en 1982, différents aspects de l'énergie se dégagent explicitement dans les titres des cinq parties rassemblées sous le terme générique "énergie et champs", en 1988, l'enseignement de l'énergie est traité en deux parties, "énergie mécanique et chaleur" et "électricité", non explicitement reliées.

Pour le programme 1992, il apparaît un niveau supplémentaire d'organisation composé de trois parties : "bilans énergétiques", "conservation de l'énergie" et "mouvements", toutes les trois rassemblées sous le terme générique "mouvements et énergie". Ici, la partie "conservation de l'énergie" sert de moteur à l'enseignement du concept d'énergie, alors que dans les programmes antérieurs (1982 et 1988), le principe de conservation de l'énergie était déduit de l'enseignement des parties "énergie mécanique" (pour 1982) ou "énergie mécanique et chaleur" (pour 1988). Cette partie "conservation de l'énergie" permet de poser en introduction un nouveau modèle explicatif, celui des "chaînes énergétiques", qui doit "régir toutes les analyses énergétiques qui seront envisagées par la suite, en physique".

Ce type de représentation sous forme d'organigramme rend plus concrète l'évolution du programme. Elle met en relief les changements fondamentaux exprimés par le choix des intitulés, l'ordre des parties ou encore leur structuration.

2.2.2. Les mots clés structurant le savoir énergie

La deuxième représentation spatiale (figure 2) est construite à partir du corpus composé de l'ensemble des formes lexicales issues des rubriques "contenus" et "objectifs cognitifs" (qui ne comprend pas les "commentaires") du programme de physique 1992. L'établissement de la liste de tous les

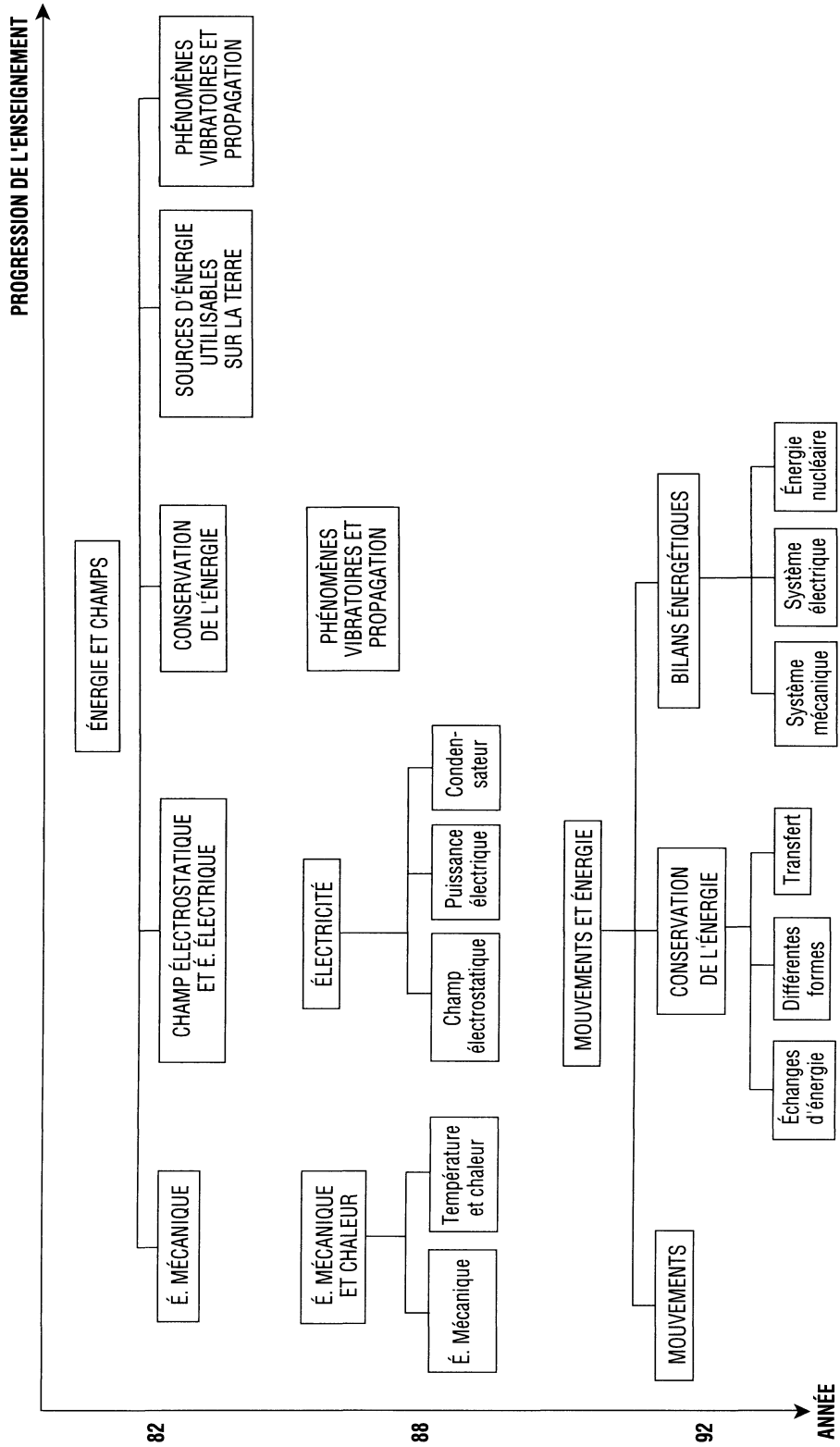


Figure 1 : Évolution de la structure des programmes de physique de 1982 à 1992 (classe de première de série scientifique)

termes, appelée *index*, a pu être obtenu à l'aide du logiciel de traitement lexical *Lexicométrie* (édité par Cédic-Nathan).

Nous n'avons retenu que les formes lexicales, c'est-à-dire celles qui valent par leur signification, par opposition aux formes fonctionnelles qui valent plus par leur fonction grammaticale. Parmi ces formes lexicales, nous avons éliminé les formes qui expriment des aspects méthodologiques telles que *analyser* ou encore *définir*. Ce traitement, qui peut sembler réducteur pour les linguistes, s'avère, comme le souligne D. Jacobi (Jacobi, 1987), remarquablement efficace pour étudier les discours destinés à diffuser les savoirs. Il est à noter que nous avons regroupé sous une même forme les différentes entrées dictionnaire d'un même terme.

À partir de ces données, les cartes sont construites selon la méthode décrite par D. Jacobi et al., dans cette même revue. Sur cette deuxième carte (figure 2), les concepts pertinents (identifiés à travers les mots) ont été isolés et positionnés selon un critère *n* de fréquence de citations (qui correspond au nombre total de fois que le mot a été rencontré) et selon un critère thématique.

Le premier critère permet de placer les concepts pertinents sous une forme autocentrée : plus un mot est cité, plus il est placé près du centre de la carte. Prenons par exemple (figure 2) les mots *énergie* et *système* cités respectivement 51 et 29 fois : ils sont plus près du centre qu'un mot comme *rayonnement* cité 4 fois. Différents "niveaux d'isofréquence", par analogie aux courbes de niveau utilisées en géologie, peuvent être alors considérés.

Le deuxième critère de positionnement dans le plan repose sur l'appartenance à l'une des trois parties du programme ("système mécanique", "système électrique", "énergie nucléaire"). Ainsi, des mots comme *vitesse* et *moteur* apparaissent dans le même domaine appelé "système mécanique". Les mots cités dans deux parties du programme (comme *travail* ou *force*) sont placés aux intersections des domaines concernés, tout comme un certain nombre d'autres mots dits *concepts charnières* qui correspondent aux concepts introduisant le modèle des "chaînes énergétiques", tels que *transfert* ou *bilan*... apportés par la partie "conservation de l'énergie".

Cette organisation plane met alors en évidence que conjointement au réseau conceptuel lié à énergie, est mis en place celui d'une approche systémique dans laquelle le modèle des "chaînes énergétiques" prend tout son sens.

2.2.3. Les relations entre les mots clés et leur réseau implicite

Dans la troisième représentation graphique (figure 3), le corpus d'étude est le même que celui utilisé précédemment. Mais si le critère thématique est conservé, le critère de fréquence de citations est remplacé par un critère de fréquence de liaisons (deux mots sont considérés comme liés lorsqu'ils sont placés dans la même phrase). De la même façon, nous plaçons les mots selon un gradient de fréquence de liaisons décroissante (plus un mot est relié à un autre mot, plus il est placé près du centre). Nous mettons en évidence ici que les mots les plus reliés (en grisé sur la figure), sont les termes apportés par la

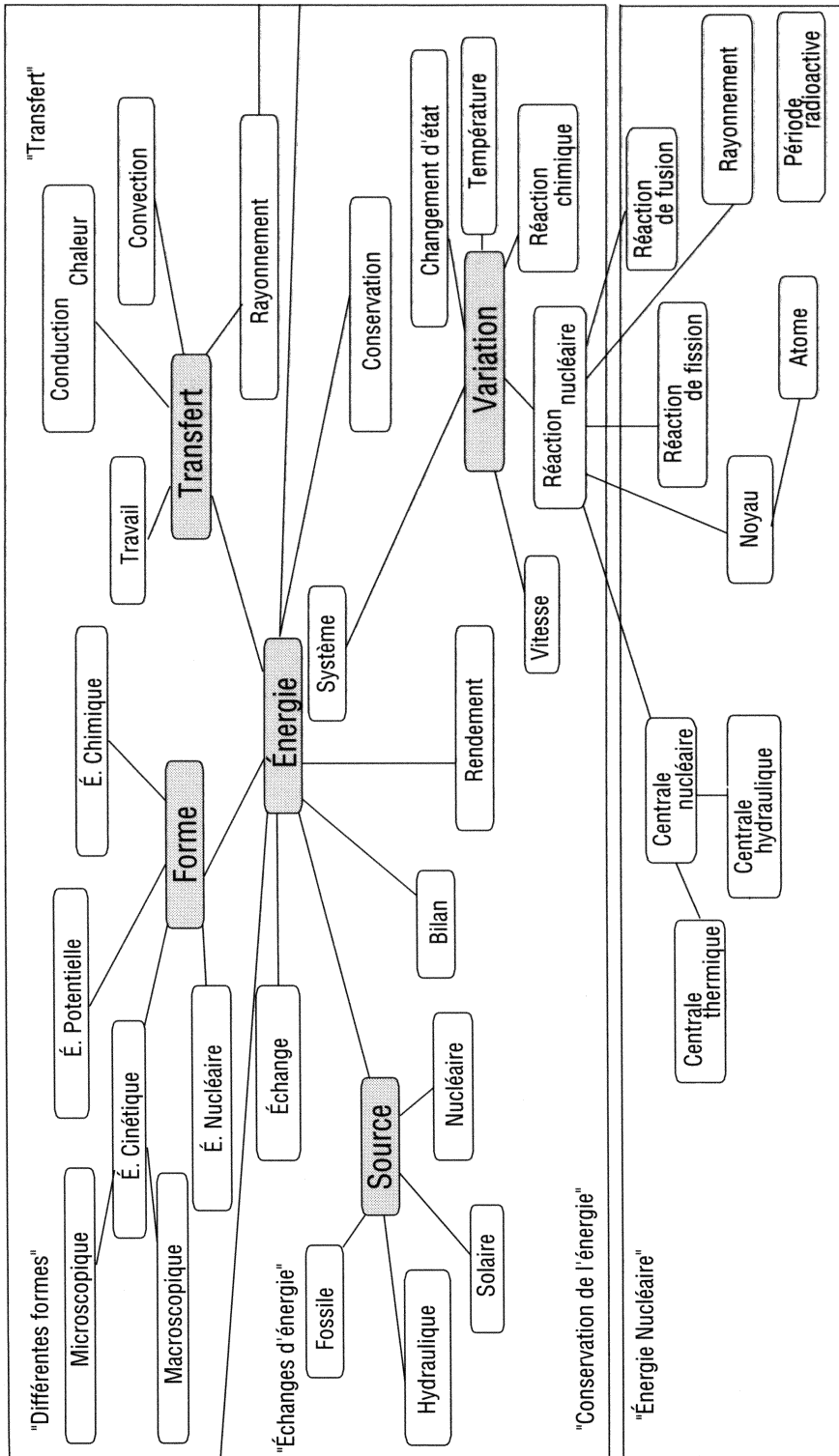


Figure 3 : Les relations entre les mots clés. Carte "fréquence de liaison"

partie "conservation de l'énergie". Par souci de lisibilité, seuls les mots cités dans la partie "énergie nucléaire", partie nouvelle du programme et ouvrant sur des questions d'environnement, ont été portés sur la figure.

Il apparaît que la transition conceptuelle entre la partie "conservation de l'énergie" et la sous-partie "énergie nucléaire" s'effectue à travers le terme commun *réaction nucléaire* qui joue ainsi un rôle de "terme-pivot" entre ces deux parties. La mise en relief de termes-pivots est essentielle dans l'enseignement. À travers eux, les enseignants peuvent faire ressortir les différents niveaux de relations entre les chapitres d'un cours et aider leurs élèves à ne pas appréhender l'enseignement comme une série de tiroirs indépendants.

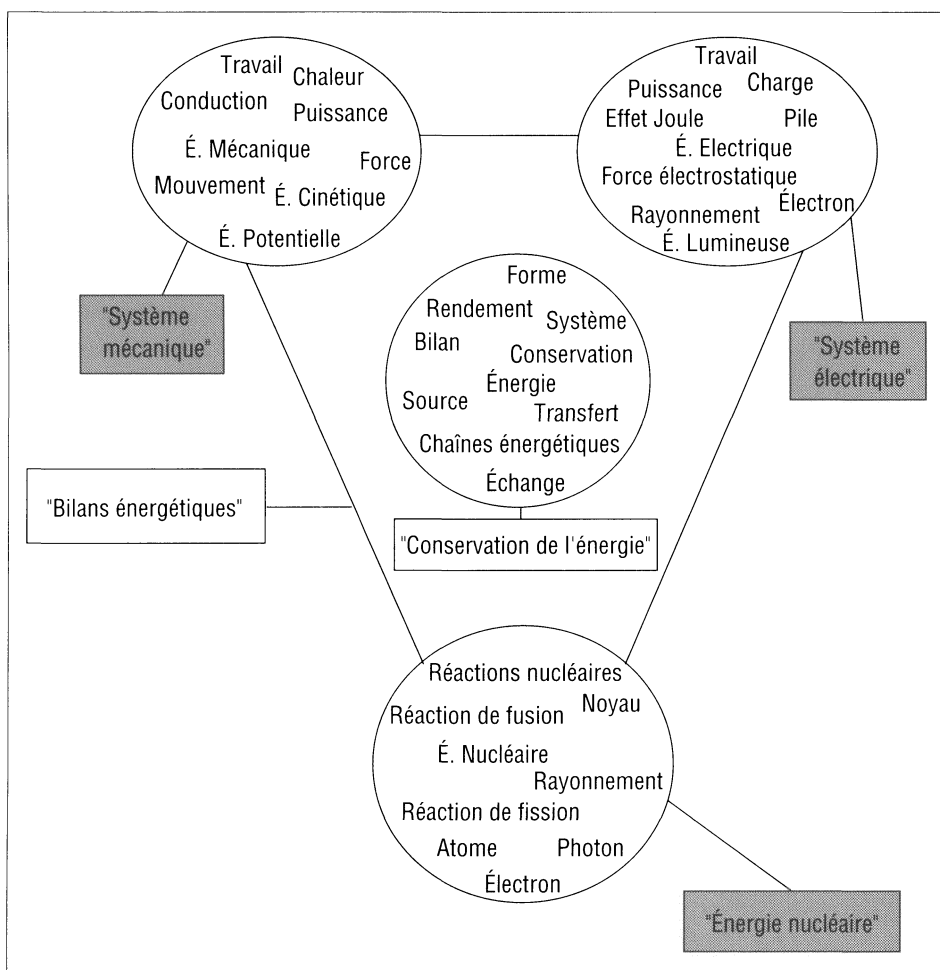


Figure 4 : La combinaison des réseaux conceptuels dans le programme de physique 1992

2.2.4. La combinaison des réseaux conceptuels

La quatrième représentation spatiale (figure 4) propose une synthèse, combinant les différents réseaux conceptuels précédemment mis en évidence, où il apparaît que les parties "système mécanique", "système électrique" et "énergie nucléaire" se construisent par une première maîtrise des concepts introduits dans la partie "conservation de l'énergie".

Comme pour la figure 2, nous avons placé au centre de chaque ensemble les concepts les plus fréquemment cités, et à la périphérie les moins cités en prenant soin de mettre en vis-à-vis les termes communs à deux parties. Ces différentes parties constituent des sous-ensembles du savoir énergie, reliés entre eux, que les enseignants devront faire construire à leurs élèves.

2.2.5. Les interrelations avec les réseaux conceptuels périphériques

À partir de cette organisation du savoir énergie vu sous l'angle de la physique (figure 4), il nous a semblé intéressant de montrer dans la figure 5 comment des voies de passage peuvent se tisser avec les autres disciplines, mais aussi avec l'Environnement.

La voie de passage du disciplinaire au transdisciplinaire s'articule autour de la partie "conservation de l'énergie", avec des termes comme *bilan* ou *échange*, à caractère systémique, que l'on retrouve dans les programmes des autres disciplines scientifiques.

La voie de passage permettant d'aborder les questions relatives à l'environnement s'effectue à travers des mots comme *chaleur* ou *sécurité*, issus pour la plupart de la partie "énergie nucléaire".

CONCLUSION

Bien que ces différentes représentations spatiales de concepts ne seront testées qu'ultérieurement dans le cadre de la formation des enseignants, elles nous semblent présenter, de par leur forme, différents intérêts immédiats. Elles permettent, d'une part, de concrétiser et de synthétiser les multiples informations apportées par le nouveau programme en faisant apparaître sa nature et son organisation, favorisant ainsi son appréhension. Ainsi, les représentations spatiales des figures 2, 3 et 4, dont la construction suit un degré croissant d'intégration, mettent en valeur sa spécificité en distinguant explicitement le réseau conceptuel associé à énergie (qui n'est pas affecté par l'évolution des programmes), de celui associé à l'approche systémique (approche prônée par le nouveau programme qui s'exprime à travers les modèles des chaînes énergétiques), ainsi que les passerelles possibles entre les différentes parties du programme.

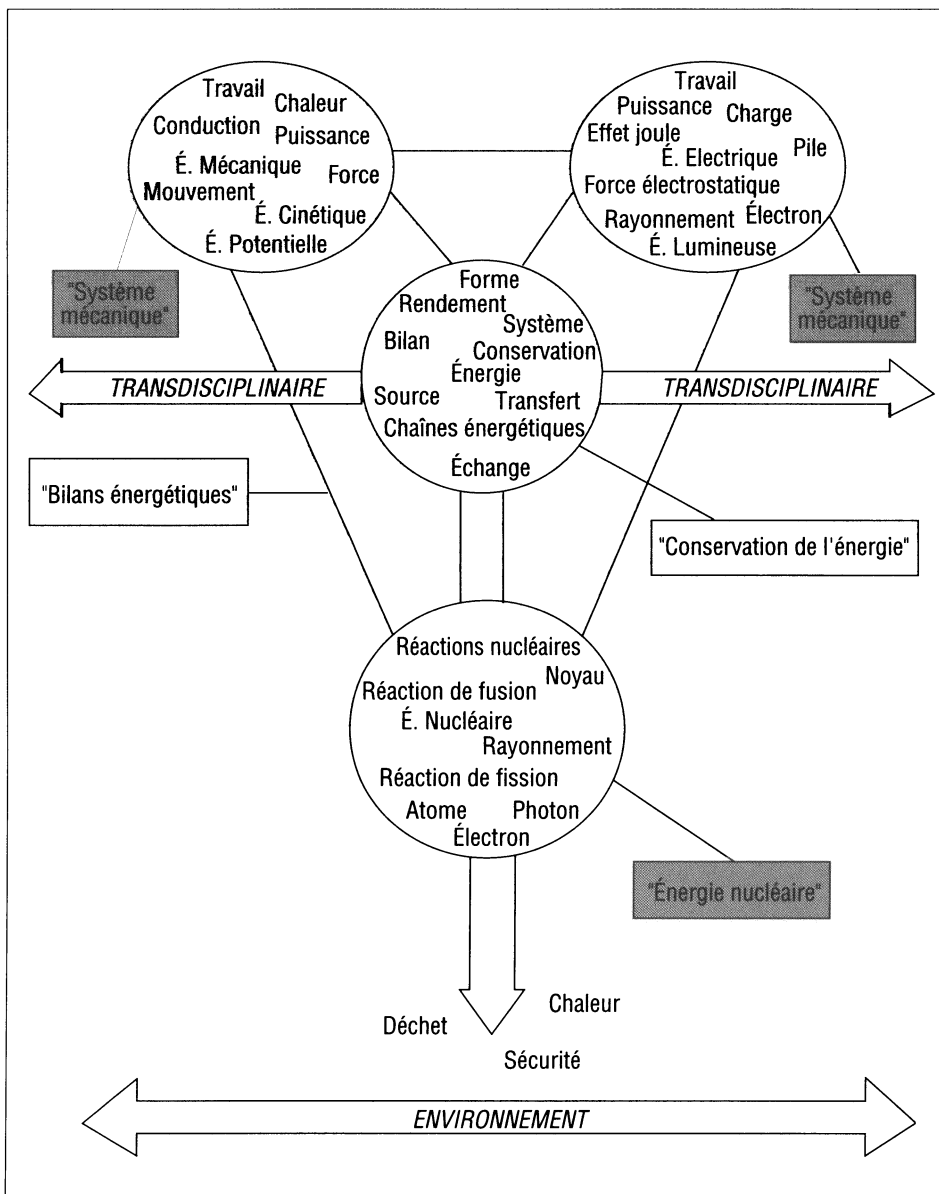


Figure 5 : Les interrelations avec les réseaux périphériques (réseau environnement, réseaux des autres disciplines)

Ces modes de représentations rendent plus lisible le programme conformément aux recommandations du *Nouveau contrat pour l'école* : "les programmes doivent être allégés et recentrés sur les savoirs essentiels et lisibles par tous" (article n° 3), "une version simplifiée des programmes devrait être communiquée aux élèves" (article n° 126).

D'autre part, dans le cadre de notre préoccupation de mise en place d'une base langagière commune, la représentation graphique de la figure 5 visualise comment le réseau conceptuel (associé au modèle des chaînes énergétiques) permet le passage à des réseaux conceptuels périphériques. Ainsi, il est plus aisé de relier "l'énergie" du physicien aux "savoirs énergie" des autres disciplines, mais aussi aux concepts ouvrant sur le thème environnement.

Outre les intérêts que ces modes de visualisation présentent dans le cadre de la formation d'enseignants, ils peuvent aussi être des outils intéressants pour le chercheur. Les mots utilisés par les élèves ou encore par les enseignants quand ils "parlent" d'énergie peuvent être représentés de la même façon, ce qui permet d'effectuer différentes comparaisons : comparaison du champ lexical couvert par des enseignants à celui des programmes, comparaison des champs lexicaux liés à un même concept dans des programmes différents, comparaison des "savoirs en miettes" à un savoir structuré... Ainsi l'usage de représentations graphiques de concepts scientifiques permettrait à la fois de recentrer l'enseignement sur les savoirs essentiels, mais aussi de visualiser les interactions entre concepts, favorisant une approche systémique du savoir énergie.

BIBLIOGRAPHIE

ALPE Y., KÉRIGNARD Y., LEGARDEZ A. & VERGES P. (1993). Outils pour analyser des représentations : le cas "Guillestre". *Cahiers pédagogiques*, n° 312, pp. 49-51.

AUDIGIER F. (1985). *Enseignement de l'énergie*. Rapport de recherche, n° 7. Paris, INRP.

BACHELARD G. (1989). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Vrin.

BRUGUIÈRE C. (en cours). *Énergie-Environnement, thème transdisciplinaire ou de la nécessité d'un langage commun*. Thèse en cours, Montpellier II, ERES-LRDS.

BRUGUIÈRE C. (1993). *Les représentations associées à Énergie chez les élèves du secondaire*. Document interne. Rapport ADEME, n° 1. Montpellier II, ERES-LRDS.

BULLETIN OFFICIEL (1982). N° Spécial 3, du 22 avril 1982, pp. 68-69. Paris, Ministère de l'Éducation nationale.

BULLETIN OFFICIEL (1988). N° 21, du 2 juin 1988, pp. 55-72. Paris, Ministère de l'Éducation nationale.

BULLETIN OFFICIEL (1992). Hors-série du 24 septembre 1992, tome II, pp. 25-102. Paris, Ministère de l'Éducation nationale.

CHEVALLARD Y. (1991). *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble, La Pensée Sauvage.

DE ROSNAY J. (1975). *Le macroscopie*. Paris, Seuil.

DEVELAY M. (1989). La transposition didactique en sciences biologiques. In G. Arsac, M. Develay & A. Tiberghien (Eds), *La transposition didactique en mathématiques, en physique, en biologie*. Lyon, IREM et LIRDIS, pp. 59-93.

JACOBI D. (1987). *Textes et images de la vulgarisation scientifique*. Berne, Peter Lang.

LANGLOIS F., RAULIN P. & CHASTRETTE M. (1994). Une activité pour les modules : la construction de cartes conceptuelles. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, vol. 88, n° 760, pp. 69-83.

LEMEIGNAN G. & WEIL-BARAIS A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris, Hachette.

MATTHEWS G.P., BROOK V.G. & KHAN-GANDAPUR T.H. (1984). Cognitive structure determination as a tool in science teaching. Part 1 : A new method of creating concept maps. *International Journal of Science Education*, vol. 6, n° 2, pp. 169-177.

MOREAU M.-L. & RICHELLE M. (1990). *L'acquisition du langage*. Bruxelles, Pierre Mardaga.

SIVADE A., CROS D. & BEGEL M. (1993). Technique d'association de mots : utilisation de filtres - application aux images mentales liées à l'environnement. *Res Académica*, vol. 11, n° 1, pp. 73-88.

TIBERGHIE A. (1989). Transposition didactique : cas de la physique. In G. Arsac, M. Develay & A. Tiberghien (Eds), *La transposition didactique en mathématiques, en physique, en biologie*. Lyon, IREM et LIRDIS, pp. 37-57.

TRELLU J.-L. & TOUSSAINT J. (1986). La conservation, un grand principe. *Aster*, n° 2, pp. 44-87.