

ELEMENTS D'UNE BIBLIOGRAPHIE CONCERNANT L'ENSEIGNEMENT DE L'ENERGIE AU NIVEAU DES COLLEGES

Dimitris Koliopoulos
Andrée Tiberghien

L'enseignement de l'énergie fait l'objet de recherches et de propositions didactiques depuis une dizaine d'année, à la suite notamment de la crise pétrolière. Cette bibliographie recense les études conduites au niveau du collège et portant sur trois aspects principaux : l'analyse conceptuelle de la matière avec ses composantes historiques et épistémologiques, la connaissance des conceptions des élèves au sujet de l'énergie et leur évolution, la caractérisation des projets d'enseignement de l'énergie à caractère curriculaire.

I. INTRODUCTION

Depuis une dizaine d'années, un intérêt important se manifeste dans les milieux éducatifs des grands pays industriels concernant la transmission des savoirs dans le domaine de l'énergie. L'éclatement de la crise pétrolière se trouve derrière cette mobilisation. Différents acteurs de l'action éducative : décideurs, concepteurs de projets d'enseignement, enseignants et chercheurs en didactique des disciplines sont impliqués dans de nombreuses innovations et recherches développées autour de ce sujet général ; les buts et les préoccupations envers la nature des connaissances et attitudes à transmettre sont très différents.

la crise pétrolière a été un des facteurs à l'origine de créations curriculaires sur l'énergie au niveau de l'école obligatoire

Au niveau international, une publication récente de l'UNESCO (1983) nous renseigne sur les tendances de l'enseignement concernant l'énergie dans divers pays du monde. Il existe également des travaux de synthèse regroupant en catégories un grand nombre des projets d'enseignement (Duit 1985, Driver et Millar 1985). Enfin, des conférences portant spécifiquement sur l'enseignement de l'énergie du point de vue de l'innovation et de la recherche se sont tenues ces dernières années (Balaton 1983, Leeds 1985). En France, c'est plus particulièrement l'INRP et le LIRESPT qui ont mené des recherches dans ce domaine. Les produits de ces recherches sont le fruit d'une collaboration étroite entre chercheurs et enseignants.

Notre étude se propose d'être un premier essai pour la constitution d'une bibliographie concernant tant le côté **enseignement** dans son aspect innovatif que le côté re-

cherche en didactique.

Nous nous limiterons au niveau du collège.

2. ANALYSE A PRIORI DE LA MATIERE A ENSEIGNER

la philosophie de la nature, l'hypothèse de constance ont été à l'origine de l'élaboration du principe de conservation de l'énergie

L'histoire des sciences et l'épistémologie peuvent être des moyens privilégiés pour une analyse a priori de la matière à enseigner. Les études des historiens des sciences contribuent souvent à la compréhension des processus de naissance des nouveaux concepts. Tels sont les cas, par exemple, des études de Kuhn (1959) et Merleau Ponty (1979). Selon Kuhn, trois facteurs ont particulièrement influencé la découverte simultanée de la conservation de l'énergie par différents savants : (a) disponibilité des processus de conservation, (b) intérêt pour les machines, (c) philosophie de la nature. Pour J. Merleau Ponty, la découverte du principe de la conservation de l'énergie par Joule n'est pas un résultat des processus purement inductifs ; c'est "comme si le principe de l'équivalence était déjà présent à titre de postulat méthodologique avant d'être formulé comme une loi de la nature". Le philosophe Cassirer (1977) argumente en faveur de l'aspect relationnel du concept. Lindsay (1975) donne une illustration de l'évolution du concept à travers des écrits originaux des savants d'Aristote jusqu'à Lagrange et d'Alembert. Son hypothèse fondamentale est que la notion d'invariance ou de constance dans les changements est la racine de ce concept. Enfin, Halbwegs (1980, 1981) contribue à un éclairage mutuel entre l'histoire et la psychologie cognitive avec ses travaux sur l'histoire de l'énergie mécanique et de la chaleur.

terminologie et quelquefois concepts correspondant à certaines étapes du développement historique du concept d'énergie sont encore présents dans les manuels scolaires

Un autre type d'analyse consiste à faire une critique des manuels d'enseignement actuel. Le travail de Bruneaux (1983) porte surtout sur les manuels au niveau universitaire. Il montre les incohérences qui existent au niveau de la terminologie de la thermodynamique où le réseau conceptuel de celle-ci conserve des termes correspondant à des étapes de son développement historique. Cela peut donner lieu à des confusions dans l'apprentissage. L'auteur suggère une reformulation du langage thermodynamique à tous les niveaux d'enseignement. Il met l'accent sur la distinction entre les fonctions d'état (énergie interne) et les grandeurs de parcours (travail, chaleur) en se démarquant de la conception selon laquelle la chaleur serait une grandeur extensive et stockable. Zemanski (1969) souligne aussi une série de confusions qui existent parmi les enseignants et les élèves ainsi que dans

les manuels scolaires. Il distingue et commente des erreurs rencontrées fréquemment, en particulier : (a) se référer à la "chaleur **dans** un corps", (b) combiner chaleur et énergie interne dans le même terme mal défini d'énergie thermique.

Marthaler (1984) analyse l'influence réciproque de la signification des mots dans la vie de tous les jours et dans les sciences.

3. RECHERCHE SUR LES CONCEPTIONS DES ELEVES ET LEUR EVOLUTION

Il existe une revue des recherches sur les conceptions des élèves en relation avec diverses situations physiques proposées notamment à partir de questions écrites ou lors d'entretiens individuels (Brook 1985). Cette revue présente une quinzaine de travaux de recherche portant sur la conceptualisation par les élèves des aspects énergétiques de situations physiques. Cinq conceptions qui diffèrent du point de vue scientifique ("alternative frameworks" selon la terminologie anglo-saxonne) se révèlent :

- a) l'énergie associée principalement aux objets animés
- b) l'énergie regardée comme synonyme de force
- c) l'énergie associée seulement au mouvement
- d) l'énergie stockée à l'intérieur des objets
- e) l'énergie considérée comme combustible

pour les élèves, l'énergie est souvent associée à une action

On peut regrouper ces études à partir de la nature des questions posées aux élèves, celles-ci faisant appel à différents niveaux de savoirs (âge des élèves examinés entre 11 et 16 ans).

On peut constater :

- **des questions générales** portant sur l'énergie à propos d'une diversité de situations concernant la vie de tous les jours et cherchant à connaître quel niveau de savoir est mobilisé (Watts 1983 A, Bliss et Ogborn 1985).

Les deux travaux mettent en évidence une série de conceptions qui correspond largement aux types proposées ci-dessus. De plus :

. la catégorie (d) est précisée : l'énergie est quelque chose qui est en repos à l'intérieur des objets (ou des situations) et qui, pour être libérée, a besoin d'un "déclenchement";

. une catégorie nouvelle apparaît : l'énergie est principalement associée à des processus qui rendent notre vie plus confortable.

- **des questions sur des situations réelles ou épurées** (proches ou identiques à celles posées au cours de

l'enseignement) où le savoir recherché correspond, plus ou moins, à celui mis en jeu dans les sciences physiques (Agabra 1984, Duit 1981, Brook et Driver 1984, Driver et Warrington 1985).

Le résultat le plus intéressant de ces études est que peu d'élèves décrivent et interprètent des situations physiques, en particulier celles de la mécanique, en termes d'énergie et de conservation de l'énergie, s'ils ne sont pas sollicités. De plus, des recherches menées en classe (Solomon 1982, 1985 A) montrent que les interprétations des élèves sont plus proches de l'idée de dégradation que de celle de conservation.

- **des questions s'inscrivant dans une perspective pluridisciplinaire.** Certaines demandent la mobilisation de savoirs appartenant à des disciplines différentes ; d'autres sont destinées à connaître les points de vue des élèves sur l'utilisation sociale du concept de l'énergie (Audigier 1985, Solomon 1985 B). Ces études mettent en évidence la tendance des élèves les moins âgés à relier le mot énergie aux activités domestiques et "locales" (sport, nourriture,...) et non à des problèmes plus généraux (production de l'énergie par les centrales électriques, épuisement des ressources énergétiques, ...). Ces résultats posent, entre autres, le problème des modes d'exploitation didactique des documents présentant un intérêt social majeur.

des aspects d'une lecture énergétique sont souvent présents dans les interprétations des élèves

Il faut également noter que des travaux concernant aussi bien les conceptions que l'enseignement, menés dans des domaines spécifiques (mécanique, thermodynamique, électricité, etc...) soulèvent la question de la conceptualisation de l'énergie. Dans le domaine de la mécanique, on retrouve la non différenciation entre force et énergie : l'énergie est considérée à la fois comme un **résultat** des forces qui agissent sur des objets, et comme un **producteur** de forces (Watts 1980, 1983 B). Dans le domaine de la thermodynamique, on dispose de peu d'informations sur la différenciation par les élèves entre la température, la chaleur et l'énergie dans le sens de la description de l'état d'un système ou de l'interaction entre systèmes, (Tiberghien 1983). Au contraire, dans le domaine de l'électricité (Ludwigsburg 1985), plusieurs travaux signalent l'existence, chez les élèves, d'un point de vue "énergétique" dans leur lecture du circuit électrique faite également en termes de courant et de circulation d'électrons.

4 - CRITERES D'ANALYSE DE PROJETS D'ENSEIGNEMENT

suivant les disciplines
l'approche de conceptualisation de l'énergie n'est pas la même

Un travail de l'INRP (Martinand 1985) montre bien que, suivant les disciplines, en particulier physique, chimie, biologie et économie, les préoccupations concernant l'énergie sont différentes. Leur conceptualisation n'est pas la même et donc les approches didactiques peuvent être différentes. Le physicien favorise une approche fonctionnelle (l'énergie est une fonction) en faisant appel à la loi affirmant "qu'il y a une certaine quantité que nous appelons énergie, qui ne change pas dans les multiples modifications que peut subir la nature" (Feynman 1969). Pour le technicien, le biologiste et surtout l'économiste, c'est l'approche substantielle qui est favorisée. Elle permet d'expliquer les formes d'énergie et leur utilisation. Dans cette approche on peut distinguer une approche consumériste qui privilégie la capacité à effectuer un travail -l'énergie est plutôt conçue comme une monnaie d'échange-, et une approche causale -un même effet peut être obtenu par un grand nombre de causes et inversement.

Plusieurs critères ont été utilisés pour classer les projets d'enseignement sur l'énergie.

Driver et Millar (1985) utilisent les quatre catégories suivantes pour caractériser divers projets : l'approche conceptuelle analytique, l'approche phénoménologique, l'approche utilitaire (utile dans la vie quotidienne), l'approche qui met l'accent sur les rapports entre science et société.

Ils analysent ces catégories selon trois axes :

- les finalités et les buts des projets
- les démarches suivies
- les suppositions faites sur le genre de motivations des élèves et d'encouragements.

Ces axes permettent d'entrer dans les projets par la méthodologie de construction du projet et non par le contenu.

Une synthèse (Duit 1985) regroupe les projets selon deux critères portant sur l'aspect scientifique. L'auteur prend d'une part le point de départ des projets : l'aspect du concept qui est privilégié dans l'introduction, et d'autre part la manière dont les projets d'enseignement prennent en considération des aspects fondamentaux du concept d'énergie. Il a recensé comme points de départ de la dizaine de projets analysés : travail, chaleur, transformation de l'énergie, conservation de l'énergie, dégradation de l'énergie, énergie considérée comme une substance quasi matérielle qui peut s'écouler.

Quant au deuxième critère, Duit propose cinq aspects

les projets d'enseignement sur l'énergie, même dans le cadre de la physique, mettent l'accent sur des aspects différents du concept

fondamentaux du concept :

- a) le transfert de l'énergie
 - b) la transformation de l'énergie
 - c) la conservation de l'énergie
 - d) la dégradation de l'énergie, ainsi que :
 - e) l'idée de base utilisée pour conceptualiser l'énergie.
- Celle-ci peut être : la capacité de réaliser un travail, la capacité de provoquer des changements, la capacité de produire de la chaleur, une sorte de "super" combustible, une substance quasi matérielle. Il constate que peu de projets prennent réellement en compte la dégradation de l'énergie.

Ces critères peuvent constituer de bonnes grilles d'analyse des projets d'enseignement.

Une analyse des nombreux projets réalisés aux Etats Unis dans les années 75-80 montre que la majorité d'entre eux ont d'une part une forte orientation scientifique et technique et d'autre part sont conçus pour aider les élèves à acquérir des pratiques de maîtrise de l'énergie (Morrisey, Barrow 1984).

5 - QUELQUES PROJETS D'ENSEIGNEMENT

Certains projets ont une approche pluridisciplinaire. Ainsi le PEEC aux Etats-Unis (Fowler 1983) propose des modules où interviennent les sciences, les mathématiques, les sciences sociales. En France, certains des travaux de recherche au sein de l'INRP (Audigier, 1985) ont abordé les aspects scientifiques et économiques de l'énergie. Dans les deux cas le matériel didactique proposé est important.

En ce qui concerne les projets qui relèvent plus particulièrement des sciences physiques, on peut considérer du point de vue de la démarche de conceptualisation :

- les projets qui introduisent l'énergie à partir d'autres grandeurs physiques connues préalablement. L'approche classique introduisant l'énergie à partir du travail mécanique est dans ce cas, ainsi que l'approche hongroise (Kedves et al. 1983) qui introduit l'énergie à partir de la chaleur.

- les projets qui introduisent l'énergie comme concept premier. C'est le cas du projet israélien "l'énergie et ses transformations" (Shadmi et al. 1978, Shadmi 1985) qui introduit l'énergie à partir des aspects de transfert, de transformation et de conservation. Plusieurs expériences sont destinées d'une part à motiver les élèves à décrire des phénomènes physiques en termes de transfert-

suivant les projets
l'énergie est introduite
directement ou à partir
d'autres grandeurs

transformation de différentes formes d'énergie et d'autre part à accepter l'hypothèse que l'énergie se conserve. Au début, cette démarche est menée dans le domaine de la mécanique pour ensuite être prolongée vers d'autres domaines. Il faut noter que la quantité d'énergie est mesurée indirectement à partir des relations établies entre elle et d'autres grandeurs pertinentes.

Le module "énergie" de l'Integrated Nuffield (1979) présente une grande variété d'expériences qui mettent en jeu différentes formes de transfert d'énergie. Ce projet présente l'aspect quantitatif de l'énergie seulement à partir du travail calculé par le produit force x déplacement.

En France, le livre de troisième de la collection Libre Parcours demande une démarche d'abstraction analogue : "pour un même effet, l'énergie est introduite en tant que concept comme ce qui est commun sous la diversité, à savoir comme ce qui est nécessaire pour faire quelque chose" (Lemeignan et Agabra 1979, 1980). Dans ce cas l'énergie est mesurée directement (utilisation du wattmètre ou compteur électrique), elle est ensuite mise en relation avec d'autres grandeurs physiques. Grâce à de multiples expériences et aussi à des enquêtes documentaires, les élèves abordent des chaînes énergétiques de la vie quotidienne.

Dans le projet de l'Institut de Karlsruhe, l'énergie est aussi un concept premier. Elle est considérée essentiellement comme quelque chose qui s'écoule : "la substance comme quantité physique qui s'écoule en même temps que l'énergie, "porte" l'énergie" (Falk et al. 1983, Schmid 1982). Le type de porteur lié à une grandeur extensive (charge électrique, masse, moment angulaire, ...) précise la forme du transfert, ces porteurs ne sont pas nécessairement visibles.

Simultanément au développement de tels projets, un débat sur la nature du concept de l'énergie et sur son introduction dans l'enseignement se développe entre enseignants, physiciens et didacticiens. A partir d'une analyse de la logique interne du contenu scientifique, Warren (1982) prétend que le concept de l'énergie, ainsi que celui du travail sont des concepts abstraits que l'enseignement élémentaire ne doit pas introduire. D'autre part, d'après une analyse épistémologique, Sexl (1981) suggère que l'étude du transfert de l'énergie d'un système à un autre soit faite après l'introduction de la notion de la constance de l'énergie à travers des exemples portant sur des systèmes fermés. La revue *Physics Education* (vol. 17, 1982. vol. 18, 1983) a été le lieu privilégié du débat entre différents points de vue. Enfin, Lehrman (1973) soutient que la définition de l'énergie comme capacité de produire un travail est trompeuse alors qu'une définition moderne du concept

doit prendre en compte les premier et deuxième principes de la thermodynamique.

Des travaux plus récents tiennent compte explicitement de certaines des difficultés rencontrées chez les élèves. Un certain nombre d'entre eux se situant dans le domaine de l'électricité, ont pour but la différenciation entre les grandeurs énergie et intensité du courant (Psillos et al. 1985, Shipstone 1984, von Rhoneck 1984). Guidoni (1985) s'interroge sur une approche de la mécanique élémentaire par une différenciation graduelle des concepts de force et d'énergie. Il suggère qu'il est nécessaire de s'appuyer sur quelques familles d'idées ou d'expériences primitives des élèves. Après plusieurs essais d'enseignement, Solomon (1985 A) introduit la notion de dégradation de l'énergie avant celle de conservation. Deux arguments sont avancés : d'une part, la dégradation de l'énergie est plus proche des idées des élèves et d'autre part l'ordre d'introduction évite des interprétations incorrectes de la notion de conservation de l'énergie. Duit (1985) élabore un contenu d'enseignement où dégradation et conservation sont traitées en parallèle. Il propose que dans les chaînes énergétiques on insiste plus sur "la perte de l'énergie utile" que sur l'égalité des flux d'énergie entrant et sortant.

6 - CONCLUSION

Les travaux dans le domaine de l'énergie ont commencé par des innovations florissantes bien que plus tardives que celles entreprises dans d'autres domaines de la physique. Contrairement à ces dernières menées le plus souvent à l'initiative de physiciens, l'innovation à propos de l'énergie a souvent été sollicitée par une demande sociale liée à la crise de l'énergie.

Du fait de la nature intégratrice du concept de l'énergie, les recherches de didactique ont été amenées plus que pour d'autres concepts d'une part à une réflexion sur le contenu scientifique et d'autre part à favoriser une approche pluridisciplinaire.

Les recherches récentes portant sur l'élaboration d'un contenu d'enseignement ou sur sa transmission prennent en compte à la fois cette réflexion sur le contenu scientifique et les résultats des travaux sur les conceptions des élèves. Enfin, l'importance sociale et économique de l'énergie pose le problème des pratiques prises comme référence dans l'élaboration du contenu d'enseignement.

7 - REFERENCES

1. Articles et livres

J. AGABRA. "Vocabulaire et représentations." **ASTER** n°21. INRP. 1984.

F. AUDIGIER. **L'enseignement de l'énergie.** Paris. INRP. Collection Rapports de Recherches n°7. 1985.

J. BLISS et J. OGBORN. "Children's choices of uses of energy". **European Journal of Science Education**, Vol.7, n°2. 1985.

A. BROOK. "Children's understanding of ideas about energy : a review of literature". Texte préparé pour la conférence "Teaching about energy within the secondary school science curriculum". Leeds. 1985.

A. BROOK et R. DRIVER. "Aspects of secondary students' understanding of energy". Rapport interne. 1984.

M. BRUNEAUX. "La thermodynamique, une science à reformuler". **Langue Française.** n° 64. 1984.

E. CASSIRER. **Substance et fonction.** Paris. Editions de Minuit. Traduit en français par P. CAUSSAT. 1977.

R. DRIVER et R. MILLAR. "Teaching energy in schools : towards an analysis of curriculum approaches". Texte préparé pour la conférence "Teaching about energy within the secondary school science curriculum". Leeds. 1985.

R. DRIVER et L. WARRINGTON. "Students' use of the principle of energy conservation in problem solving". **Physics Education.** Vol. 20. n° 4. 1985.

R. DUIT. "Students' notions about energy concept before and after physics instruction". Texte présenté à la conférence "Problems concerning students' representations of physics and chemistry knowledge". Ludwigsburg. 1981.

R. DUIT. "In search of an energy concept". Texte préparé pour la conférence "Teaching about energy within the secondary school science curriculum". Leeds. 1985.

G. FALK, F. HERRMANN et G.B. SCHMID. "Energy forms or energy carriers ?". **American Journal of Physics.** Vol. 51. n°12. 1983.

R.P. FEYNMAN, R.B. LEIGHTON et M. SANDS. **The Feynman lectures on physics**. London. Edition bilingue Addison-Wesley. Traduit en français par G. DELACOTE. 1969.

P. GUIDONI. "A phenomenological approach to the development and differentiation of energy ideas". Texte préparé pour la conférence "Teaching about energy within the secondary school science curriculum". Leeds. 1985.

F. HALBWACHS. "Histoire de l'énergie mécanique". **CUIDE**. N°17. Univ. Paris 6. 1980.

F. HALBWACHS. "Histoire de la chaleur". **CUIDE**. N°18. Univ. Paris 6. 1981.

F.J. KEDVES, L. KOVACS et P. KOVESDI. Teaching energy in Hungarian schools : developing the concept over seven years, in E.J. WENHAM (ed). **New trends in physics teaching**. Vol.4. Paris. UNESCO. 1983.

T. KUHN. Energy conservation as an exemple of simultaneous discovery, in T. KUHN. **The essential tension**. Chicago. The University of Chicago press. 1977.

G. LEMEIGNAN et J. AGABRA. "Rénovation de l'enseignement des sciences physiques pour les élèves du premier cycle". Compte rendu d'une recherche financée par la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique. 1979.

G. LEMEIGNAN et J. AGABRA. **Sciences physiques**. Paris. Hachette. Coll. libre parcours. Livres de l'élève et de l'enseignant. 1980.

R.L. LEHRMAN. "Energy is not the ability to do work". **The Physics teacher**. Vol.II. n°1. 1973.

R.B. LINDSAY. **Energy : Historical development of the concept**. Pennsylvania. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. 1975.

F. MARTHALER. Le sens commun des mots scientifiques, in A. GIORDAN et J.L. MARTINAND (ed). **Signes et discours dans l'éducation et la vulgarisation scientifiques**. Actes des sixièmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique, Chamonix. Paris. 1984.

J.L. MARTINAND (d'après la synthèse de). Le concept d'énergie : analyse du contenu didactique, in Equipe de recherche ASTER. **Procédures d'apprentissage en sciences**

expérimentales. Paris. INRP. Collection Rapports de Recherches n°3. 1985.

J. MERLEAU PONTI. "La découverte des principes d'énergie : l'itinéraire de Joule". **Revue de l'Histoire des Sciences.** Vol XXXII. N°4. 1979.

J.T. MORISSEY et L. BARROW. "A review of energy education : 1975 to 1981". **Science Education.** Vol.68. N°4. 1984.

D. PSILLOS, P. KOUMARAS et O. VALLASIADES. "Teaching D.C. circuits in order to affect conceptual change to gymnasium pupils". Texte présenté au International Symposium of Physics Teaching, Bruxelles. 1985.

C.V. RHONECK et B. VOLKER. Semantic structures describing the electric circuit before and after instruction, in R. DUIT et al. (ed). **Aspects of understanding electricity.** Ludwigsburg. IPN - Arbeitsberichte. 1984.

R.U. SEXL. "Some observations concerning the teaching of the energy concept". **European Journal of Science Education.** Vol.3. N°3. 1981.

Y. SHADMI et al. "Investigating the concept of energy in the 9th grade". Rapport interne. 1978.

Y. SHADMI. "The nature of certain physical concepts and its implications on the teaching of energy". Rapport interne. 1985.

G.B. SCHMID. "Energy and its carriers". **Physics Education.** Vol.17. N°5. 1982.

J. SOLOMON. "How children learn about energy or Does the first low come first ?". **School Science Review.** Vol.63. n°224. 1982.

J. SOLOMON. "Teaching the conservation of energy". **Physics Education.** Vol.20. N°4. 1985 A.

J. SOLOMON. "Learning and evaluation : a study of school children's views on the social uses of energy". **Social Studies of Science.** Vol.15. 1985 B.

D. SHIPSTONE et R.F. GUNSTONE. Teaching children to discriminate between current and energy, in R. DUIT et al. (ed). **Aspects of understanding electricity.** Ludwigsburg. IPN - Arbeitsberichte. 1984.

A. TIBERGHIE. Revue critique sur les recherches visant à élucider le sens des notions de température et chaleur pour les élèves de 10 à 16 ans, in **Recherche en Didactique de la Physique : les actes du premier atelier international**. La Londe les Maures. Paris. Editions CNRS. 1983.

J.W. WARREN. "The nature of energy". **European Journal of Science Education**. Vol.4. N°3. 1982.

D.M. WATTS. "The concepts force and energy", in P.J. KENNEDY et E. LORIA (ed). **Proceedings of the International Conference on Education for Physics Teaching**. Trieste. 1980.

D.M. WATTS. "Some alternative views of energy". **Physics Education**. Vol.18. N°5. 1983 A.

D.M. WATTS. "A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force". **European Journal of Science Education**. Vol.5. N°2. 1983 B.

M.W. ZEMANSKI. "The use of the word "heat" in elementary and in intermediate instruction in physics, in S. SIK-JAER (ed). **Seminar on the teaching of physics in schools**. Gyldental. 1969.

2 - Actes des séminaires et ateliers. Ouvrages collectifs

(1) Sixth Danube Seminar on Physics Education à BALATON, G. MARX (ed): **Entropy in school**. Roland Eötvös Physical Society. 1983.

(2) International workshop à LUDWIGSBURG, R. DUIT et al.(ed). **Aspects of understanding electricity**. IPN-Arbeitsberichte. 1984.

(3) **New trends in physics teaching**. Vol.4. UNESCO. 1983.

(4) **Energie : un enseignement pluridisciplinaire**. Paris. INRP. Coll. Rencontres Pédagogiques. 1985.

Dimitris KOLIOPOULOS
Equipe de recherche en didactique de la physique
Université de Thessalonique. GRECE

Andrée TIBERGHIE
Directeur de recherche CNRS
L.I.R.E.S.P.T. Université de Paris 7