Pour l'introduction d'une composante technologique au L.E.P. en sciences physiques

par Daniel SCACHE,
E.N.N.A. de Villeneuve-d'Ascq
avec la participation de Maurice COUPLET,
Professeur de psychopédagogie.

I) INTRODUCTION.

Notre objectif est de montrer que l'objet expérimental sur lequel s'exerce la mesure est indispensable pour accéder à la loi ou au modèle mais que, d'une part, cet objet doit être issu, au L.E.P., d'un objet technique et que, d'autre part, les connaissances acquises doivent permettre de résoudre le problème posé par l'objet technique.

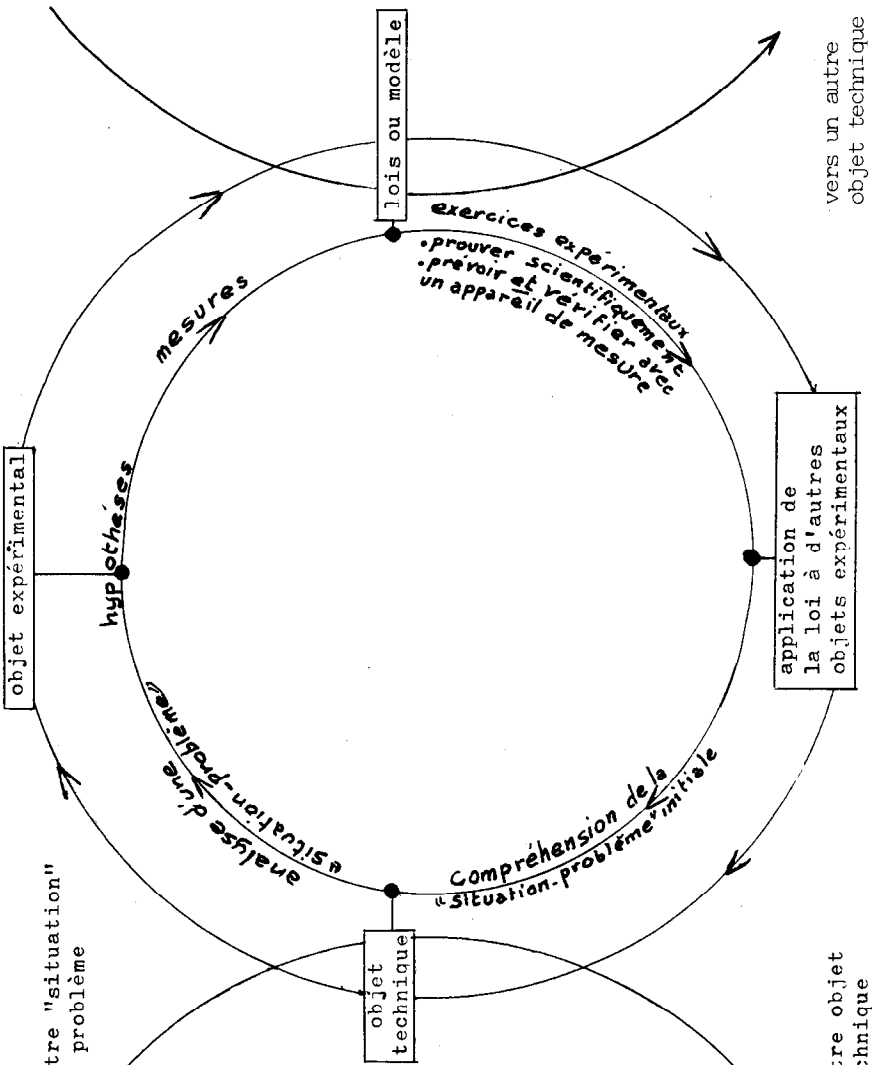
II) LA CLASSE LABORATOIRE AU L.E.P.

Dans deux précédents articles [1], nous avons proposé une méthode en mécanique et en chimie adaptée à l'élève de L.E.P.

Nous la rappelons brièvement en l'appliquant, par exemple, à une classe laboratoire : d'un objet technique *issu du milieu socio-professionnel*, (benne de grue ou bridages symétriques en statique, résines échangeuses d'ions en chimie), on extrait *un* (*) objet expérimental limité que l'on va soumettre *en classe* à certaines conditions opératoires dans un cadre donné (morceau de polystyrène ou élément de maquette « isolé » soumis à un nombre déterminé d'actions, notion « d'ion » dans un milieu en chimie).

C'est sur cet objet physique et en modifiant les conditions expérimentales que l'on va pouvoir établir qualitativement et quantitativement l'influence des paramètres, c'est-à-dire des variables ; la toute-puissance des appareils de mesure au laboratoire (dynamomètres en statique, balance ou burette graduée en chimie avec des réactifs connus et contenus dans un récipient « étiqueté ») va pouvoir s'exercer pour établir la loi (équilibre) ou les propriétés des ions (migration, précipitation, échanges...).

(*) On peut, dans certains cas, en extraire plusieurs.


lois ou modèle
exercices expérimentaux
•prouver scientifiquement
•prévoir et vérifier avec un appareil de mesure
vers un autre objet technique
application de la loi à d'autres objets expérimentaux
Compréhension de la «situation-problème» initiale
autre objet technique
objet technique
analyse d'une «situation-problème»
autre "situation" problème
objet expérimental
hypothèses
mesures

C'est donc à ce stade qu'intervient par groupe, puis pour toute la classe, la synthèse interprétative. Les exercices expérimentaux, dans la phase suivante, doivent permettre une extension - généralisation des notions acquises : d'abord par un retour à l'objectif initial (est-ce que les connaissances acquises permettent d'expliquer ou d'interpréter le problème initial proposé dans l'objet technique ?), puis en généralisant à d'autres situations.

Ces exercices peuvent être conduits de différentes manières : en statique, rechercher, par exemple, dans l'objet technique initial, d'autres pièces soumises au même nombre d'actions, *prévoir* à l'aide de la loi établie les caractéristiques d'une des actions et vérifier avec un dynamomètre son module ; en chimie, on peut utiliser d'autres réactifs ou montrer expérimentalement que tel déplacement de l'équilibre se produit avec une autre résine que la résine initiale.

Cette dernière étape se justifie par la nécessité de vérifier que l'élève ne répète pas des lois, des concepts ou des formules abstraites, vides de tout sens physique ou chimique face à une situation concrète ; la tendance à une conceptualisation trop hâtive est un obstacle en sciences physiques (comme dans différentes disciplines et à divers niveaux) ; il existe des... refrains de formule comme : « C'est parce que P = U I que... ». Des transferts concrets au L.E.P. s'avèrent donc indispensables pour contrôler les acquis.

III) L'OBJET TECHNIQUE ET LES SCIENCES PHYSIQUES AU L.E.P.

De nombreux psychologues s'accordent pour reconnaître, à la suite de PIAGET, que le développement intellectuel de l'enfant et de l'adolescent passe par une série d'étapes qui se succèdent selon un ordre bien défini. En particulier, à partir de onze - douze ans, l'adolescent devient capable de raisonner de manière formelle et selon un schéma hypothético-déductif propre à la constitution de certains systèmes opératoires, à savoir :

— poser une hypothèse et envisager toutes les solutions possibles avant d'expérimenter : la pensée précède donc maintenant l'action ;

— dresser un bilan des facteurs intervenant dans une situation donnée et envisager un type de combinaison de manière systématique ;

— extraire une solution ou une relation abstraite ; mais la possibilité de conceptualiser sera d'autant plus aisée que l'expérimentation concrète aura été plus soutenue.

On peut maintenant examiner ce que sous-tend la démarche expérimentale en lisant Claude BERNARD : « D'abord le savant doit avoir une idée qu'il soumet au contrôle des faits ; en même temps,

il doit s'assurer que les faits qui servent de point de départ ou de contrôle à son idée sont justes et bien établis [2] »...

« Le raisonnement expérimental s'exerce toujours et nécessairement sur deux faits à la fois, l'un qui sert de point de départ, l'observation, l'autre qui lui sert de conclusion, l'expérience ». La démarche expérimentale consiste donc à partir d'un problème, à formuler des hypothèses et à les vérifier, afin d'aboutir à une conceptualisation sous forme de modélisation après analyse des résultats.

De nombreux auteurs et en particulier F. HALBWACHS [3] ont montré le parallélisme entre la démarche du savant et l'apprentissage intellectuel bien conduit de l'adolescent... à condition de ne pas introduire trop tôt le modèle... au tableau.

En effet, d'une part, il est indispensable que l'adolescent ressente de lui-même la nécessité d'un modèle explicatif pour coordonner des actions et des acquisitions aussi variées que possible et, d'autre part, la représentation de ce modèle par une seule image (au tableau ou dans le cahier) est dangereuse : l'image risque de se confondre avec le modèle. Un de nos soucis au L.E.P. sera de ne pas introduire prématurément le modèle : le temps mis pour rendre ce modèle opératoire est d'autant plus long qu'il a été inséré prématurément dans la démarche intellectuelle.

« On ne fait pas boire un âne qui n'a pas soif » dit un proverbe ; il reste donc à provoquer ou à susciter cet effort personnel qui est la condition de l'acquisition de l'esprit scientifique. La réponse est apparemment simple : il suffit de laisser l'enfant construire son propre savoir... ce qui est l'ambition de toute Ecole et à tous les niveaux de formation. Soyons réalistes et essayons de donner quelques éléments de réponse au niveau du L.E.P. Il y a tout d'abord le contexte extra-scolaire dont, comme enseignants, nous devons admettre la concurrence.

Ensuite, les élèves de C.A.P. sont issus des classes de 5e des collèges : leur orientation et leur insertion prochaine dans le monde professionnel impliquent une méthode d'enseignement propre à entretenir un climat de motivation en proposant aux élèves des situations liées à leurs préoccupations, leur origine, leur environnement... La compréhension, l'analyse de ces situations créent une activité intellectuelle féconde sans laquelle il est inutile d'attendre des résultats.

« Lorsqu'un sujet se trouve en face d'une situation et que l'équipement de réponses instinctives ou habituelles dont il dispose ne lui permet pas immédiatement d'en venir à bout, cette situation est un problème » [4]. C'est cette démarche que l'élève va entreprendre pour surmonter cette incapacité momentanée qui va nous servir de support pour :

— motiver les élèves et soutenir *directement* leur intérêt ;

— favoriser des attitudes de recherche en leur proposant (ou en leur faisant découvrir) des activités manipulatoires sur l'objet expérimental ;

— élaborer une loi à partir des résultats des différents groupes d'élèves ;

— appliquer *immédiatement* cette loi pour comprendre le problème posé ; la « vérifier » dans la situation présente puis dans d'autres situations similaires.

Il est donc important de prêter une grande attention à la première phase de la classe laboratoire que nous avons appelée motivation : ce terme ne désigne pas seulement la première partie d'une « belle » leçon que l'on a faite à l'E.N.N.A., ce qui sous-entend qu'on ne la fait plus après. Elle vise non seulement à soulever l'intérêt des élèves mais aussi (et surtout) elle se traduit par un problème que tout le monde se pose et qu'on va chercher à résoudre en s'appuyant sur une méthode inductive.

A l'école primaire, il ne sert à rien qu'un enfant sache lire trop tôt (c'est-à-dire avant les « autres » pour les parents) si lire, c'est aligner une suite de mots que l'enfant, tout fier, énoncera devant autrui ; il est bien plus important de l'éveiller au contact de la nature et de lui donner *envie* de lire (et de comprendre) lui-même certaines situations ; il faut y passer du temps, en « perdre » au cours préparatoire, en sachant très bien que l'accélération acquise permettra au sujet non seulement de rattraper son retard mais aussi de construire ultérieurement son propre savoir, de se prendre en charge.

Souvenons-nous du précepte de ROUSSEAU : « Oserais-je exposer ici la plus grande, la plus importante, la plus utile règle de toute l'éducation ? Ce n'est pas de gagner du temps, c'est d'en perdre » (Emile, livre II).

C'est cette pédagogie que nous essayons de mettre en place et qui, seule, permettra à l'élève de L.E.P. de poursuivre et de compléter une formation toujours inachevée (pour chacun d'entre nous).

Mais alors comment savoir si l'objectif de la leçon a été atteint ? La réponse est simple : il faut que l'élève soit capable de résoudre le problème posé avec les connaissances acquises dans cette leçon. Bien sûr, les solutions ne seront souvent que partielles suivant la difficulté proposée et le niveau de l'élève ; ce qui importe, c'est qu'à travers les tâtonnements, il soit le moteur de son action : « L'action est mère de la pensée et une pensée ferme nourrit l'action et la rend plus efficace » (G. MIALARET).

A travers les expériences vécues, il nous est apparu que c'était l'objet technique qui répondait le mieux aux nécessités et aux besoins des élèves de L.E.P., compte tenu des capacités de l'élève, de la nécessité de le plonger dans des situations concrètes motivantes et de son insertion prochaine dans le milieu socio-professionnel. Mais il ne faut pas en rester à ce stade si on veut que les sciences physiques aident et participent au développement intellectuel de l'adolescent : induction et abstraction auront leur point de départ dans le seul objet expérimental issu de l'objet technique. Donc ce que nous voulons dire, c'est que ce dernier ne servira pas seulement de situation mais qu'il sera toujours présent « à côté » de l'objet expérimental et que toute connaissance nouvelle (loi) sera immédiatement réinvestie dans l'objet technique. C'est donc un *va-et-vient permanent* que nous proposons entre ces deux objets : développement intellectuel et appréhension concrète du réel doivent coexister constamment au L.E.P.

En somme, les activités manipulatoires puis intellectuelles sont ainsi intégrées dans un projet *organisé et structuré* au sein duquel on souhaite que le maximum d'initiatives et de responsabilités reviennent aux élèves : le conflit cognitif avec ses connaissances antérieures est ainsi une occasion de développer de nouvelles structures mentales.

Au cours de la réalisation de certains objets techniques à l'E.N.N.A. (pompe à chaleur « expérimentale » et aérogénérateur), nous avons pu constater que cette situation, où chacun se sent séparément incapable de construire l'objet, aidait efficacement à mettre en place une équipe pédagogique.

De plus, le rôle des disciplines-frontières prend ici toute son importance et permet de résoudre le problème posé par le morcellement des connaissances auquel se trouve confronté l'élève : la synthèse faisant défaut ou étant effectuée trop tardivement pour être efficace. Citons PIAGET [5] dans ce domaine : « Il s'agit que les enseignants soient eux-mêmes pénétrés d'un esprit épistémologique assez large, pour que, sans négliger pour autant le terrain de leur spécialité, l'étudiant voie de façon continue les rapports avec l'ensemble du système des sciences.

Or, de tels hommes sont actuellement rares ».

Le suivi d'une classe de L.E.P. à travers l'ensemble des disciplines nous montre que l'approche d'un même phénomène complexe apparaît comme très diversifiée, et c'est heureux.

Mais ne serait-il pas souhaitable que dans un enseignement du type court, l'élève puisse participer *effectivement* à une analyse, puis à une synthèse complète, en ce sens qu'elles mobilisent

des savoirs et des savoir-faire de différentes disciplines ? Sinon qui le fera, l'élève (tout) seul ou le hasard ou personne ? Nous montrerons par un exemple que l'objet technique peut jouer ce rôle de globalisation des connaissances. Ajoutons encore que, vues sous cet angle, les sciences physiques ont une situation privilégiée en ce sens qu'elles se trouvent à la charnière de l'enseignement général et des enseignements de type industriel : métalliers, industries du bois et du bâtiment, électrotechnique... Sachons donc pleinement faire connaître ce que nous faisons au laboratoire en puisant dans les domaines professionnels des situations propres à coordonner efficacement (pour le profit de l'élève) l'ensemble de l'enseignement dispensé au L.E.P. : les programmes et surtout les options non seulement permettent cette démarche, mais nous y incitent.

IV) DEUX EXEMPLES.

Nous avons choisi deux exemples différents non seulement par leur contenu mais aussi par le fait que, dans l'un, c'est le même objet technique qui sera utilisé tout au long de la progression (électricité), tandis que dans l'autre thème (énergétique), les situations et les problèmes posés seront souvent renouvelés au cours de chaque leçon. L'étude de ces deux parties de programme complètera, en outre, l'ensemble du tronc commun « sciences » en C.A.P. et en B.E.P.

1) Electricité.

L'objectif était de découvrir avec cette classe (*) les lois fondamentales du magnétisme et de l'électromagnétisme à l'aide d'une machine à courant continu, type C 90 à excitation shunt et de puissance 0,3 kW (moteur LEROY).

Les connaissances acquises en sciences physiques devaient permettre de comprendre le fonctionnement de la machine (en moteur essentiellement) et de construire un petit moteur à courant continu.

Toutes les leçons (1er trimestre) ont été réalisées en classe laboratoire, T.-P.-cours, puis en atelier pour la synthèse expérimentale finale (phase de construction).

Nous donnons ci-après la progression suivie, accompagnée d'une ou deux remarques spécifiques à chaque leçon.

(*) Classes de Mme MOUTIER et M. PETIT - 2e C.A.P. dessinateur industriel et 2e année B.E.P. mécanicien monteur :

— horaire hebdomadaire en sciences physiques : 2 h,

— âge moyen des élèves : 17 ans,

— durée séance : 2 h.

Présentation du moteur ..	Le moteur a été initialement « découpé » en respectant la fonction de chaque organe ; il est présenté compact puis « éclaté ». On note les différents problèmes et situations posés qui seront progressivement résolus au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles connaissances.
Aimantation — spectre — teslamètre	Un appareil de mesure est introduit dès que possible.
Le fluxmètre	Relation entre le flux et le champ magnétique.
Forces électromagnétiques .	Lien avec la mécanique et la « spécialité » au L.E.P.
Travail des forces électromagnétiques	Compte tenu de la spécialité des élèves : rotation *et* translation.
Induction ; f.é.m.	$e = B l v \Rightarrow k \Phi N \Omega.$
F.c.é.m.	Puisqu'on s'intéresse au fonctionnement essentiellement moteur : mesure de la f.c.é.m. et de la résistance interne d'un petit moteur électrique (et pas seulement d'un électrolyseur) et si possible sur un moteur plus puissant en collaboration avec le professeur d'électrotechnique.
Construction d'un moteur électrique	Synthèse expérimentale [6].

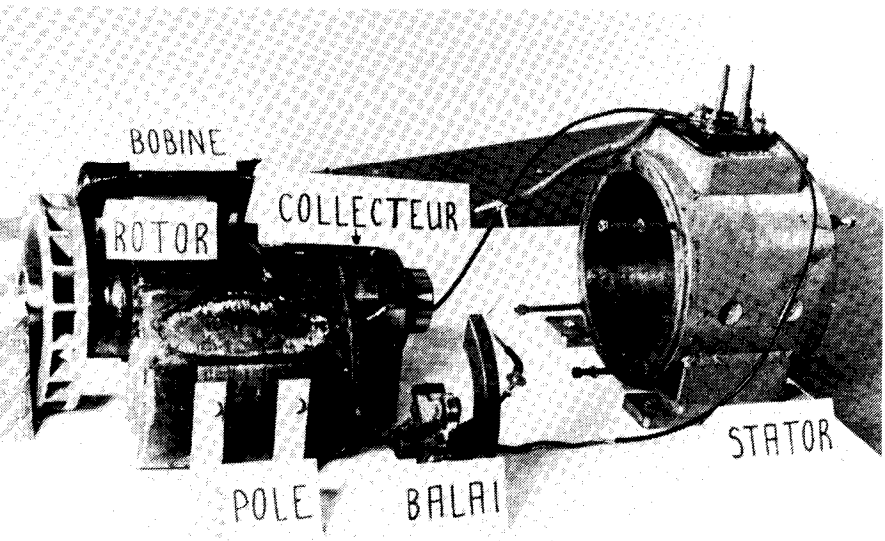
Quelle que soit la méthode utilisée au cours de chaque intervention *TROIS* niveaux de compréhension ont été proposés *SIMULTANEMENT* aux élèves, en passant par le schéma électrique :

— le moteur réel découpé,

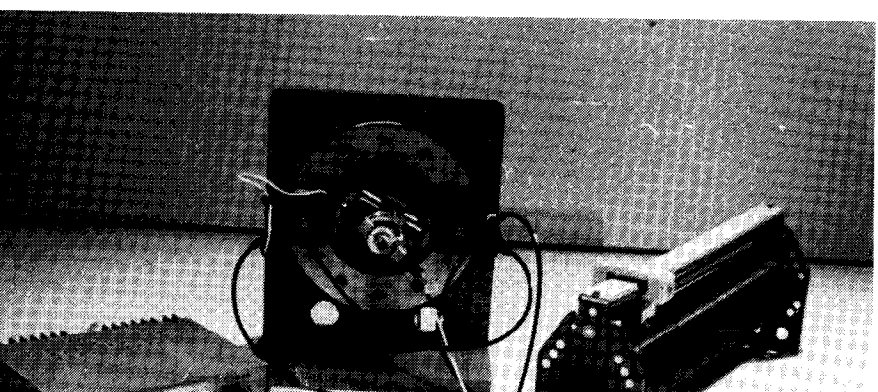
— la « machine didactique »,

— l'expérimentation physique,

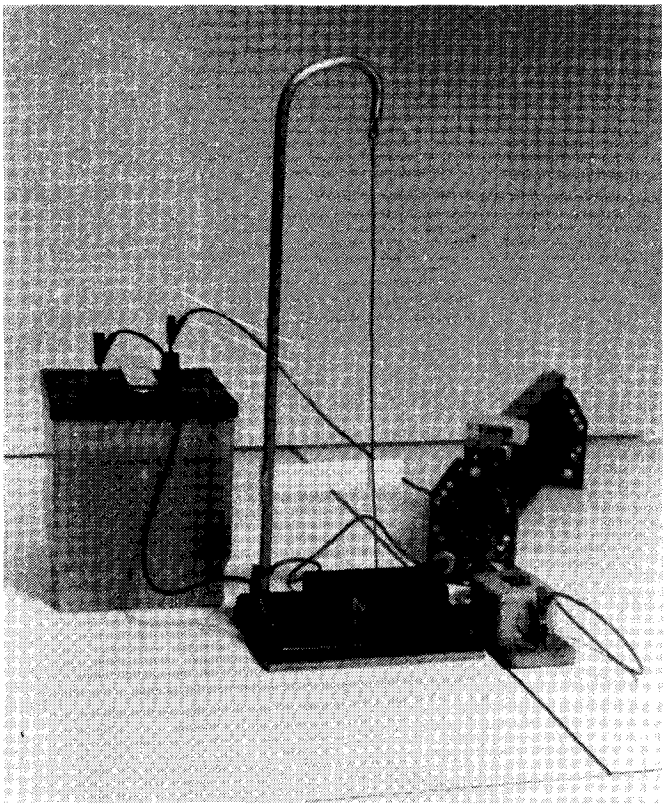
que nous représentons pour un type de leçon sur trois photographies.



Le moteur réel « découpé » (N conducteurs actifs).



La machine didactique (N' conducteurs actifs).



L'expérience (un des N conducteurs actifs du rotor).

Ces trois niveaux doivent être *constamment et concrètement présents dans la salle de classe,* pour motiver, induire, déduire et contrôler point par point les acquis : c'est la condition du succès de la démarche scientifique au L.E.P. et une méthode d'accès à l'autonomie pour les élèves.

S'agit-il, par exemple, de la « force de LAPLACE », il faut montrer au L.E.P. que le fil conducteur (photo ci-dessus) sur lequel s'exerce l'action EST un des N fils conducteurs du rotor ; pour cela, il faut :

— « extraire » ce fil conducteur du moteur : le fil conducteur issu du moteur est l'objet expérimental ;

— le soumettre à l'expérimentation : mesures sur l'objet expérimental aboutissant à la loi ;

— le « replacer » dans le rotor : l'objet expérimental permet l'explication (mouvement ici).

Ces trois activités doivent être accomplies pendant la *même* séance sur le moteur, sur la machine didactique et dans l'expérience.

Il nous a semblé qu'en plus des rappels, indispensables ici au cours des différentes leçons pour comprendre le fonctionnement du moteur, il fallait « concrétiser » la synthèse en faisant construire méthodiquement aux élèves un petit moteur électrique ; nous répondions du même coup à la question que posent ou se posent les élèves de L.E.P. (et d'autres) : à quoi cela va-t-il nous servir ?

L'atelier scientifique qui mobilise « autant les mains que l'esprit » nous a paru la méthode pédagogique la mieux adaptée pour atteindre cet objectif.

A voir leur attitude lorsque le moteur qu'ils avaient construit s'est mis à tourner... avec des piles également élaborées par eux, à les surprendre en train de consulter leur cahier de cours pour tenter de comprendre la raison selon laquelle, pour certains, le moteur ne fonctionnait pas, il n'était pas nécessaire de leur démontrer la légitimité de la démarche scientifique imposée par le professeur. Cette démarche est ainsi « sanctionnée » par la compréhension du fonctionnement du moteur puis par la construction de ce dernier et non pas exclusivement par l'autorité du professeur.

2) **Energétique.**

α) *Une progression.*

Cette partie du programme tronc commun, en décongestionnant le programme, en réduisant de façon significative la quantité de notions obligatoires, devrait permettre aux enseignants d'accorder au moins autant d'importance au développement d'habileté et d'habitudes de travail qu'à l'acquisition pure et simple de connaissances [7].

C'est pourquoi nous proposons qu'au L. E. P., l'étude des sciences physiques commence, paradoxalement peut-être, par « l'énergétique » pour des raisons :

— scientifiques : le concept d'énergie (contenu), les transferts d'énergie (échanges), de la vitesse de transfert de l'énergie (débit d'énergie ou puissance) ;

— pédagogiques : nombreuses situations motivantes, caractère interdisciplinaire, élaboration de concepts ;

— socio-économiques : la place et le rôle de l'Homme en tant que convertisseur d'énergie dans son environnement.

Dans cette optique, il serait souhaitable que les élèves construisent leur progression avec leur professeur à l'aide d'informations, de documents ou d'enquêtes préalables : le concept d'énergie et la notion de débit d'énergie (ou puissance) ne seront acquis que très progressivement. Nous proposons donc une progression (parmi d'autres) mettant l'accent sur la notion de chaîne énergétique. Dans cet esprit, il est souhaitable qu'à la fin de la progression, l'élève de L.E.P. ait une vision globale *et* expérimentale du processus suivi ; en plus des rappels, nous pensons que *toute* chaîne (ou une autre chaîne) devrait être (re) construite expérimentalement par les élèves en une seule leçon : les ramifications possibles et donc le rôle de l'Homme seront autant de sujets fructueux soumis à discussion par groupes ; le thème énergétique devrait donc donner une vision unitaire de la réalité sous un même concept.

Ressources énergétiques : formes d'énergie et transfert d'énergie .....

L'énergie peut changer de forme mais elle ne peut être ni créée, ni détruite.

Le transfert d'énergie d'un système vers un autre s'effectue selon 3 modes :

— travail mécanique ou électrique,

— chaleur,

— rayonnement.

Remarques : Les élèves ont un vocabulaire ; plutôt que d'insister sur la terminologie adéquate, il est préférable, au début, de veiller à ce qu'il n'y ait pas de confusion : ex. le mot « énergie électrique » doit désigner un transfert et non un contenu (énergie).

« Comment allumer une ampoule ? » .....

On peut parvenir au même état final avec :

— l'eau du robinet et un petit alternateur de bicyclette,

	— un objet qui tombe, — des cellules photovoltaïques, etc.
Echanges de chaleur et travail	— moteur thermique (2 sources), — notion de cycle à l'aide d'une maquette, — la variation d'énergie peut être mesurée par le travail accompli, — chaleur et travail sont deux modes de transfert d'énergie (on ne peut les définir par leurs effets), — dégradation de l'énergie.
Transport de l'énergie (*), « énergie » électrique ..	Simulation expérimentale avec 2 transformateurs.
Propagation de la chaleur.	Expérience de conduction, convection et rayonnement.
Stockage de l'énergie	Réalisation d'une pile ou d'un accumulateur (liaison avec le cours de chimie sur l'oxydo-réduction et le cours d'électricité sur la mesure de la f.é.m., de la résistance interne, ainsi que l'utilisation des piles construites pour faire fonctionner le moteur dans la progression en électricité).
« Mesure » de l'énergie consommée dans une installation	Compteur d'énergie électrique adapté en 24 V. Compteur de « chaleur ».
Energie et débit d'énergie.	Influence sur l'intensité et la durée des effets.

(*) Un document comportant de nombreuses expériences d'énergétique avec les conditions expérimentales est disponible à l'E.N.N.A., 365, rue Jules-Guesde, 59650 Villeneuve-d'Ascq, au prix de 22 francs (frais de port inclus).

Pertes et rendement d'un appareil engagé dans une chaîne énergétique	Les mesures s'effectuent dans le contexte d'une chaîne énergétique.
Utilisation de l'énergie ..	En particulier, réutiliser le moteur à courant continu construit en électricité.
Réduction de la consommation d'énergie : l'isolation	
Réduction de la consommation d'énergie : la pompe à chaleur (**)	
Aspects socioéconomiques de l'énergie	L'Homme et l'énergie (***).

β) *Quatre classes laboratoires centrées sur la propagation.*

◆ CLASSE LABORATOIRE CENTRÉE SUR UN OBJET TECHNIQUE.

* Présentation et utilisation de la bouteille isotherme.

* Expérimentation diversifiée et par groupes sur les modes de propagation de la chaleur.

* Synthèse par groupes, puis toute la classe explique le fonctionnement *physique* de la bouteille.

* Exercices expérimentaux centrés sur la possibilité de limitation de ces échanges : on propose divers objets commerciaux et on *prouve* expérimentalement leur spécificité dans ce domaine.

◆ CLASSE LABORATOIRE AXÉE SUR LE SUPPORT PHYSIQUE DE LA PROPAGATION DE LA CHALEUR.

* Objets techniques : fer à repasser, radiateur, objet à chauffer.

(**) P.A.E. présenté à Villeneuve-d'Ascq le 5 juin 1983 et centré sur un objet technique : la pompe à chaleur.

(***) Une partie des expériences proposées ici servira de support à la réalisation d'une « valise » énergétique sous le contrôle de l'Association Lilloise d'Informations et d'Actions Scientifiques (A.L.I.A.S.).

* Recherche de ce qui peut transmettre la chaleur entre objet chaud et objet à chauffer :

— air immobile ; classification entre conducteurs et isolants thermiques. On montre que la matière est indispensable mais qu'*elle ne se déplace pas ;*

— l'objet à chauffer occupe différentes places par rapport à la source de chaleur ; on illustre aisément les courants de convection. On montre que la matière est indispensable et *véhicule la chaleur ;*

— placer un objet à pouvoir réfléchissant élevé de différentes façons ; illustrer la propagation par rayonnement ; faire le vide dans l'ensemble : on montre la propagation par rayonnement. Rôle de la matière dans ce cas.

* Synthèse centrée sur le rôle de la matière dans la propagation de la chaleur.

* Exercices expérimentaux sur des objets commerciaux : il s'agit de trouver puis de prouver par des expériences le mécanisme de propagation de la chaleur dans : une cuisinière électrique, une casserole, un réfrigérateur, le transport des crèmes glacées, le cumulus électrique, le refroidissement d'un moteur thermique, le chauffage, l'isolation, l'alambic, le chauffe-eau solaire, etc.

◆ CLASSE LABORATOIRE BASÉE SUR UNE ENQUÊTE PRÉALABLE DES ÉLÈVES.

* Le point de départ est ici l'*isolation :*

— chauffage et isolation des habitations ; les centres de diagnostic thermique se développent et peuvent être consultés ;

— revue « Cinquante millions de consommateurs » hors série n° 8 :

• Comment piéger les calories ?

A quoi servent les coefficients λ, R, K et G ? (Et notamment le coefficient G) ?

• Le comportement thermique de votre maison ;

— informations recueillies à l'E.d.F.

* Rechercher en classe pourquoi et avec quoi on isole. Montrer à l'aide d'expériences l'efficacité des isolants thermiques :

— en utilisant divers isolants de même épaisseur (influence du coefficient de conductivité thermique λ) ;

— en utilisant des épaisseurs différentes d'un même isolant thermique ; envisager le cas limite de l'absence d'isolant (épaisseur

nulle) qui permettra une approche de la propagation de la chaleur (notion de résistance thermique R et de son inverse K).

* Synthèse : propagation de la chaleur, sa réduction, nécessité de l'air sec et immobile pour le double vitrage.

* Recherche sur documents de la signification des différents coefficients λ, R, K et G (*).

* Classer votre habitation à l'aide de la revue de la C.A.M.I.F. : « Energie dans l'habitat » page 26.

◆ APPROCHE DE LA NOTION DE TRANSFERT DE CHALEUR A PARTIR DE L'ÉNERGIE SOLAIRE : RÉALISATION D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE SOUS FORME D'ATELIERS SCIENTIFIQUES.

* Les trois modes de conduction sont envisagés ; le capteur offre l'avantage de trouver dans sa conception même ce qui provoque une amélioration des échanges *et* ce qui les réduit au niveau de la conduction et de la convection :

— *la convection :* thermosiphon (2 en général) ; la plaque de verre à l'avant limite la convection ;

— *la conduction :* augmentation de la surface des échangeurs, double vitrage mais aussi isolation du chauffe-eau et de la partie arrière du capteur ;

— *le rayonnement :* effet de serre et rayonnement thermique du corps noir.

* La réalisation est aisée à partir d'un radiateur de voiture.

γ) *Un P.A.E. centré sur l'énergétique.*

Le projet d'actions éducatives, type I, a réuni des élèves, des professeurs stagiaires, le personnel technique de laboratoire, des professeurs de L.E.P. d'enseignement général et professionnel, des professeurs d'E.N.N.A. Il a permis :

— sur le plan des savoirs et des savoir-faire :

• la construction d'une pompe à chaleur,

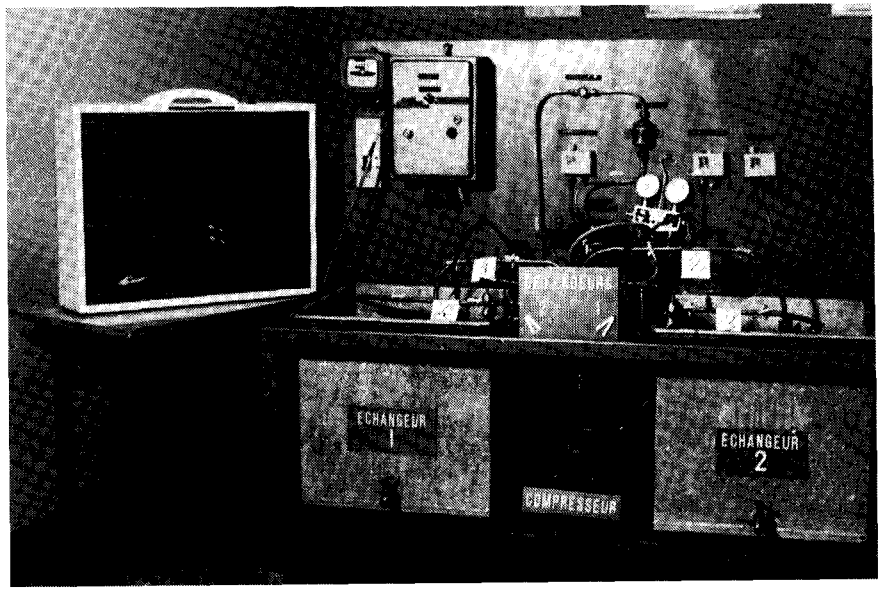
l'analyse concrète des différents composants de cet objet technique (compresseur scié et, du coup, diagramme de CLAPEYRON),

(*) Le coefficient G d'un logement est égal aux disparitions thermiques de ce logement pour un degré d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur divisé par le volume habitable. Il est exprimé en watts par mètre cube et par degré Celsius.

- une étude de l'environnement,
- la réalisation d'un dessin industriel,
- des mesures électriques au niveau du compresseur,
- l'établissement des consignes de sécurité,
- la réalisation d'expériences pour l'explication physique des phénomènes,
- des études de gestion et de comptabilité (prêt, aide financière...) ;

— la constitution d'une équipe pédagogique réunie autour de ce projet ;

— l'approche analytique puis synthétique des phénomènes avec globalisation des connaissances.



Pompe à chaleur expérimentale.
Le chenillard couplé électriquement avec la pompe à chaleur simule la circulation du fluide thermodynamique.

V) CONCLUSON.

L'objet technique nous a semblé propre à développer la créativité et l'esprit critique des élèves en faisant reposer leur activité intellectuelle sur l'analyse de « situations - problèmes ».

On peut alors espérer que l'élève de L.E.P. sera capable de réintégrer le cycle long (4e expérimentale et « passerelles » à partir du B.E.P.) ou de compléter ultérieurement une formation inachevée.

A cause de l'évolution des techniques, il devra peut-être même changer de formation au cours de sa vie active. L'aptitude à une telle reconversion sera favorisée si, en sciences physiques (entre autres) on propose aux élèves, à travers l'étude de l'objet technique, des situations comparables à celles qui les attendent dans le domaine socioprofessionnel.

Nous remercions Madame MOUTIER et Monsieur PETIT de l'intérêt qu'ils ont manifesté au cours de cette expérimentation.

BIBLIOGRAPHIE CITEE

[1] B.U.P. nos 626 et 650.

[2] Claude BERNARD. — *Introduction à la médecine expérimentale.*

[3] Francis HALBWACHS. — *La pensée physique chez l'enfant et le savant.* Editions Zeithos.

[4] Pierre OLERON. — *Les activités intellectuelles.* P.U.F.

[5] Jean PIAGET. — *Où va l'Education ?* Collection Médiations.

[6] *Réalisation d'un petit moteur à courant continu et à aimants permanents.* Université de Clermont II.

[7] *Guide pédagogique.* Direction générale du développement pédagogique du Gouvernement de Québec. Juin 1980.

AUTRES OUVRAGES CONSULTES

— *L'éveil par les activités scientifiques.* Collection Jean Tavernier. Editions Bordas.

— Alain BEAUDOT. — *La créativité à l'école.* P.U.F.

— Francine BEST. — *Pour une pédagogie de l'éveil.* A. Colin.

— Jean PIAGET. — *Logique et connaissance scientifique.* Encyclopédie de la Pléiade.

— Jean ULLMO. — *Revue Française de Pédagogie.* Editions Flammarion.

— *La révolution de l'intelligence.* Publication du Centre de Prospective et d'Evaluation au Ministère de la Recherche et de la Technologie.