
Bulletin de l'Union des Physiciens

Association des professeurs de Physique et de Chimie

Enseignement de l'énergie : *Expérimentation du nouveau programme de physique et chimie en première S*

par Ginette BESSON
Lycée Louis Aragon - 69700 Givors
Chantal CLAVEL
Lycée Condorcet - 69800 Saint-Priest
Pierre GAUDIOZ
Lycée Édouard Branly - 69005 Lyon
et Andrée TIBERGHIE
Directeur de Recherche au CNRS
UMR GRIC - Équipe COAST
ENS - 46, allée d'Italie - 69007 Lyon

RÉSUMÉ

Après avoir évoqué la mise en œuvre de ce projet d'enseignement de l'énergie, nous introduirons quelques compléments didactiques portant sur l'élaboration du savoir enseigné. Nous développerons ensuite les bases sur lesquelles le contenu d'enseignement a été élaboré puis nous détaillerons les activités introductives à la conservation de l'énergie et la présentation du modèle énergétique. Nous présenterons ensuite le TP permettant aux élèves de construire une première signification, au niveau qualitatif, du concept d'énergie. Enfin nous donnerons des exemples de réinvestissement du modèle dans l'étude des systèmes mécaniques et électriques.

1. LA MISE EN ŒUVRE DU PROJET

La mise en œuvre de ce projet s'est faite à l'initiative d'un inspecteur pédagogique régional de sciences physiques (Mme Annie MONNERET) et d'une équipe de Recherche en didactique (COAST - CNRS), de façon à intégrer dans un groupe de travail, chercheurs et enseignants. Ce projet a été proposé conjointement avec la MAFPEN en réponse à un appel d'offre de la région Rhône-Alpes dans le cadre d'un programme Pluri-annuel de Recherche. Il s'agissait d'exploiter la recherche en didactique sur les aspects suivants :

– L'analyse de l'enseignement de l'énergie (programme 1994) montre que par rapport aux programmes précédents, il y a un changement profond du sens de ce concept dans le savoir enseigné. Ce programme commence par l'énoncé du principe de conservation et ensuite analyse les situations expérimentales à partir de la conservation.

– Des situations pouvant introduire l'énergie ont été étudiées par les chercheurs au cours des années précédentes. Ces situations, qui conditionnent pour une bonne part le bon déroulement du reste de l'année ont été reprises par le groupe. Elles permettent l'introduction de la conservation de l'énergie et celle de la représentation symbolique, la chaîne énergétique, avec le vocabulaire associé. Dans cette séquence, les parties du savoir enseigné qui sont sous la responsabilité de l'enseignant et celles qui sont à construire par l'élève sont clairement définies. L'enseignant impose ce qui est de l'ordre de la théorie et du modèle de la physique et les expériences à réaliser. L'élève a la responsabilité de construire une représentation symbolique des expériences et par là, de donner un sens à la théorie et au modèle présentés.

– La connaissance du fonctionnement des élèves dans les situations proposées et plus généralement leurs facilités ou difficultés concernant différents aspects des notions étudiées.

Nous avons ainsi pu constituer l'équipe «énergie première S», composée d'un groupe de neuf professeurs de lycée et de trois chercheurs en didactique des sciences physiques. Cette équipe a fonctionné deux ans et les objectifs poursuivis étaient de deux types :

– Élaborer un contenu, proposer des manipulations et des évaluations, rédiger un document et animer des sessions de formation d'enseignants.

– Développer de nouvelles recherches sur l'enseignement en situation réelle avec un professeur impliqué dans la recherche, dans des établissements différents : analyse du discours de l'enseignant et des activités des élèves en TP (enregistrements audio et vidéo de groupes d'élèves). Cette expérimentation s'intégrant dans une recherche faisant l'objet d'une thèse (Karine BÉCU-ROBINAULT) est très riche car elle permet aux enseignants de disposer d'analyses de l'activité des élèves tout au long d'une séquence d'enseignement.

Cet article présente l'introduction de l'enseignement de l'énergie, dont dépend fortement la façon de traiter la partie correspondante du programme. Le principe de conservation est en filigrane tout le long.

L'équipe a produit un document à l'usage des professeurs [1].

2. ÉLABORATION DU SAVOIR ENSEIGNÉ

Ce savoir a été élaboré en tenant compte de contraintes :

- le savoir de la physique : nos références sont essentiellement la physique du niveau de l'enseignement universitaire et les connaissances sur la physique des épistémologues et des physiciens eux-mêmes (Feynman [2], Valentin [3]) ;
- les connaissances actuelles sur l'apprentissage des élèves, issues des recherches en didactique et en psychologie ;
- les programmes.

Le programme de 1994 fonde la notion d'énergie sur le principe de conservation dans un sens transphénoménologique (plusieurs domaines, électrique, mécanique, thermique par exemple sont simultanément en jeu dans une même expérience).

Grâce aux connaissances acquises dans la vie quotidienne, les élèves connaissent le mot énergie : elle se paie, se consomme voire se gaspille. Ce mot recouvre le concept d'énergie, de courant, de puissance, de force, de mouvement. L'apprentissage se pose alors en terme de différenciation de concepts.

C'est pourquoi nous avons choisi de présenter l'énergie par ses trois propriétés essentielles, stockage, transformation, transfert et ses trois modes de transferts. Ces propriétés permettent de mettre en œuvre le principe de conservation quand différents domaines interviennent. Cette présentation permet de différencier le courant électrique fondé sur la conservation des charges, de l'énergie ; ainsi dans le cas de la situation pile-ampoule, le courant retourne au générateur alors que l'énergie va dans le réservoir environnement (figure 1). Cette première étape va servir de base pour différencier l'énergie (fonction d'état) de la puissance (grandeur d'interaction). Ces différenciations, essentielles à la compréhension de base de la physique, nécessitent de maîtriser les relations entre ces grandeurs et leur utilisation pour interpréter et prévoir les résultats, mais elles sont très difficiles à acquérir.

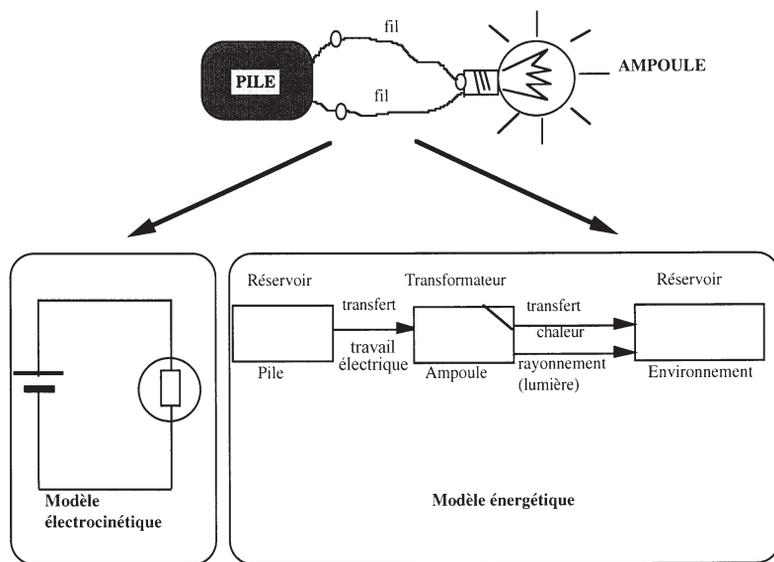


Figure 1 : Deux représentations symboliques d'une même situation suivant deux modèles de la physique.

La chaîne énergétique, inutile pour les physiciens, est une création didactique faite pour aider à l'apprentissage des concepts. En physique, comme dans d'autres domaines, le support graphique est indispensable : schémas électriques, représentations vectorielles. Elle oblige à structurer une situation expérimentale en systèmes représentés par des rectangles en interaction. Elle permet de différencier les réservoirs des transferts, de préciser le sens et le mode de ces derniers. On peut considérer qu'en terminale S cette représentation devient moins utile. En revanche, le modèle énergétique présenté fonctionne parfaitement.

3. ACTIVITÉS LIÉES À LA CONSERVATION DE L'ÉNERGIE

3.1. Activités introductives à la conservation de l'énergie

a - But

Il s'agit de préparer les élèves à travailler sur la conservation de l'énergie étant entendu que ces derniers n'apprennent qu'à partir de ce qu'ils savent déjà. Cette courte introduction doit :

- les aider à se remettre en mémoire et organiser leurs connaissances sur l'énergie,
- leur faire prendre conscience de la nécessité d'apprendre un nouveau concept.

b - Travail personnel des élèves avant cet enseignement

Les élèves doivent, par groupe, constituer un dossier sur les différentes sources d'énergies de la région Rhône-Alpes.

c - Présentation de l'activité des élèves en classe entière

Le professeur dispose de deux piles, identiques d'aspect extérieur, l'une neuve, l'autre usée et de deux lampes identiques. Il relie chaque lampe à une pile et distribue une feuille sur laquelle figure la consigne :

«Décrivez par écrit ce qu'il se passe».

«Proposez une ou plusieurs interprétations à partir de ce que vous savez, en électricité et en chimie».

Le professeur distribue ensuite une seconde feuille (voir figure 2).

Classez en trois catégories, dans le tableau suivant, les différentes phrases de vos textes :

Objets et événements observables	Langage des sciences physiques		
	Domaine des circuits électriques	Domaine de la chimie	Autre domaine

Figure 2 : Fiche d'une activité introductive.

Le professeur inscrit au tableau quelques réponses d'élèves comme «la pile s'use», «la lampe brille, chauffe»... qui se retrouvent quasi systématiquement dans les classes. Il aide ensuite le groupe à prendre conscience que cette expérience ne peut être interprétée avec ce qui a été appris dans les classes antérieures.

Le professeur distribue la feuille «modèle énergétique» (Annexe 1) sans faire aucun commentaire et demande aux élèves de la lire et de l'apporter pour le prochain TP.

Commentaires

On illustre ici un fonctionnement essentiel du physicien. Selon la question qu'il se pose, il va choisir le modèle pertinent pour interpréter un phénomène. L'exemple du circuit électrique convient bien ; il peut s'interpréter dans les termes de l'électrocinétique, mais aussi du point de vue énergétique comme un système en interaction avec son environnement. En effet pour les physiciens, si l'on veut appliquer le principe de conservation, il faut un système qui, dans le cas du montage pile - ampoule, est l'Univers, qu'on peut considérer comme l'environnement.

3.2. TP Conservation de l'énergie

a - But

Dans l'élaboration de ce TP, nous avons considéré qu'il était important que les élèves apprennent à mettre en relation un modèle théorique qualitatif avec des expériences effectives. La physique vise en effet, à partir de théories, à construire des interprétations et des prédictions du monde matériel.

Dans le contenu de ce TP, nous donnons à la chaîne énergétique une grande importance. Cette représentation symbolique, au même titre qu'un schéma électrique obéit à des règles précises pour être compatible avec la physique :

- la conservation de l'énergie se traduit par la nécessité d'un réservoir initial et d'un réservoir final pour une chaîne complète,
- les trois modes de transfert de l'énergie se traduisent par la possibilité de trois flèches entre deux réservoirs ou transformateurs.
- la différence entre réservoir et transformateur est importante : dans le cas d'un réservoir l'état énergétique change entre l'état initial et l'état final alors qu'il reste le même pour un transformateur.

b - Présentation du TP (Annexe 2)

Il consiste en un travail expérimental et écrit, par binôme, d'une durée de vingt-cinq minutes environ pour chacune des trois activités.

Commentaires

Les élèves rencontrent des difficultés pour construire la première chaîne, mais quand on leur donne une solution ils l'acceptent et la comprennent facilement ; pour les deux autres chaînes la difficulté est d'identifier le système objet + Terre à un réservoir (ce n'est pas surprenant !) mais une majorité des élèves y arrivent ([1] partie B p. 64).

En fin de TP des exercices sont donnés en travail à la maison, en voici deux :

- 1 - On chauffe de l'eau contenue dans un récipient à l'aide d'un réchaud à gaz.
- 2 - Trouver une situation mettant en jeu le Soleil comme réservoir initial.

Construire une chaîne énergétique correspondant à chaque cas.

3.3. Cours sur la conservation de l'énergie

Ce cours permet au professeur de mettre en place l'essentiel du modèle qui va fonctionner toute l'année, de préciser les termes : énergie cinétique, potentielle, travail, rayonnement, aspects macroscopiques et microscopiques.

A la différence du programme, nous avons limité le nombre de transferts à travail, chaleur et rayonnement en considérant que la convection qui est citée dans le programme pouvait être considérée comme un mode hybride entre travail et chaleur.

Nous avons construit des chaînes chaque fois que cela apportait une aide à la compréhension d'une situation expérimentale, c'est-à-dire, souvent en physique et moins en chimie pour laquelle néanmoins le modèle reste tout à fait pertinent. Ces chaînes correspondent à des situations pour lesquelles les transferts sont en train de se produire : on les appelle des «chaînes pendant» (figure 1).

On a parfois besoin, pour faire un bilan énergétique, de représenter la situation avant et après les transformations, d'où la présentation des chaînes «état initial - état final» (Annexe 3). Cette représentation a été suggérée par Laurence VIENNOT lors d'une journée de travail sur les programmes de première S organisée par le GTD.

a - Nous donnons l'exemple d'un objet d'abord en chute libre puis entrant en contact avec le sol (figure 3). Cette situation fournit également l'occasion d'évoquer «les aspects macroscopique et microscopique» de la rubrique 2-2 des programmes [5].

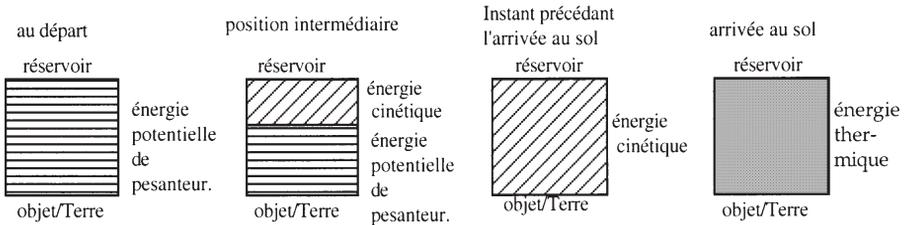


Figure 3 : Cas d'un objet d'abord en chute libre puis entrant en contact avec le sol.

L'énergie cinétique augmente au détriment de l'énergie potentielle de pesanteur tant que l'objet est en chute libre. A l'arrivée au sol, l'énergie potentielle est nulle (moyennant la convention ad-hoc) et l'énergie cinétique est transformée en énergie thermique (m.c. $\Delta\theta$) qui est associée à l'élévation de température. Ce point de vue macroscopique ne permet pas de décrire le mécanisme par lequel la température s'élève. Pour cela, un modèle microscopique est nécessaire. Il permet d'associer la température à l'agitation désordonnée des particules qui composent le système, l'énergie thermique apparaissant à un niveau microscopique comme de l'énergie cinétique.

Ainsi, au niveau macroscopique, les formes d'énergie sont nombreuses, elles sont liées aux phénomènes et aux grandeurs macroscopiques qui les décrivent. En revanche, au niveau microscopique, «il n'y a finalement que deux formes d'énergie : cinétique et

potentielle, quelles que soient les diverses interactions fondamentales que l'on est amené à distinguer» [4]. En particulier, l'énergie thermique s'interprète comme de l'énergie cinétique désordonnée des particules qui composent un système.

Attention, on ne peut en même temps utiliser les deux modèles macroscopique et microscopique, il faut choisir l'un ou l'autre. La formulation des compétences exigibles des textes officiels pourrait entretenir la confusion et certains manuels scolaires analysent parfois une situation simultanément selon les deux points de vue. Donnons l'exemple de l'énergie cinétique et de l'énergie thermique :

- du point de vue macroscopique, on décrit les systèmes, par exemple par les grandeurs masse, vitesse du centre d'inertie et température, l'énergie cinétique est donnée par $1/2 mv^2$ et la variation d'énergie thermique par $mc\Delta\theta$;
- du point de vue microscopique, on décrit le système dans le cadre de théories statistiques appliquées aux particules qui composent le système. On suppose que toutes les particules sont identiques. Il faut distinguer la vitesse moyenne de l'ensemble des particules par rapport au référentiel terrestre, de la vitesse quadratique moyenne des particules.

La vitesse moyenne de l'ensemble des particules correspond, au niveau macroscopique, à la vitesse du centre d'inertie ; la vitesse quadratique moyenne des particules correspond, au niveau macroscopique, à la température.

b - La formulation mathématique du principe de conservation de l'énergie dans notre modèle est la suivante : pour un système isolé, $\Sigma \Delta E_i = 0$.

Ce principe affirme que si, au cours d'une opération, un réservoir stocke/perd de l'énergie, alors il existe au moins un autre réservoir qui, au cours de cette opération, en perd/stocke. Les physiciens ont créé les formes d'énergies adéquates pour parvenir à sauvegarder ce principe : «Néanmoins, on peut sauvegarder la conservation de l'énergie en inventant, pour les besoins de la cause, de nouvelles formes d'énergie qui se manifestent de diverses façons, chacune avec un nom approprié : l'énergie thermique pour l'élévation de température d'un système, l'énergie acoustique, pour ses grincements éventuels, l'énergie de structure, pour les modifications de structure des matériaux au fil des oscillations, etc.» (Luc Valentin [3]).

Les notions de bilan énergétique et de rendement permettent de mettre en œuvre ce principe. Nous n'évoquerons qu'une situation pour laquelle l'énergie que l'on peut qualifier d'utile a été stockée par un réservoir, c'est le cas de la situation «pile - moteur - objet» (figure 4) ([1] document A, p. 38).

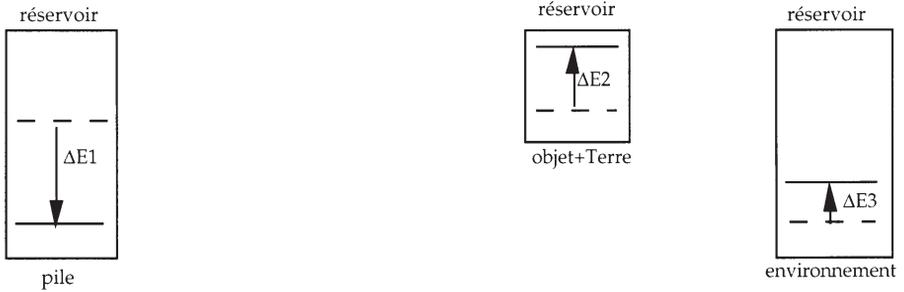


Figure 4 : Bilan énergétique dans le cas de la situation «pile - moteur - objet».

On peut définir le rendement par :

$$\eta = -\Delta E_2 / \Delta E_1,$$

et écrire :

$$\Delta E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3 = 0.$$

Remarque : La puissance, en tant que débit d'une quantité d'énergie transférée a été introduite en TP et enrichit le modèle. On peut associer une puissance à chaque transfert d'énergie, quel que soit le mode mis en jeu. Elle permet de définir un bilan, un rendement à un instant donné en s'appuyant sur une chaîne pendant.

4. RÉINVESTISSEMENT DU MODÈLE

Ce réinvestissement est en relation avec l'étude des parties 3.1 systèmes mécaniques et 3.2 systèmes électriques du programme de première S [5]. Nous donnerons ci-dessous un exemple de système mécanique et trois exemples de systèmes électriques. La représentation de la chaîne semble particulièrement pertinente pour aider les élèves à comprendre les notions de bilan et de rendement énergétiques ; en effet elle permet de décomposer les quantités d'énergie transférée entre les différents systèmes intéressants pour les calculs.

4.1. Système mécanique

Nous développons le cas d'un système isolé dissipatif, il existe des forces de frottements entre les différentes parties du système. Cela se solde par une élévation de température que nous traduirons par une augmentation de l'énergie thermique au détriment de l'énergie mécanique. Le principe de conservation exige que l'énergie thermique soit prise en compte dans le bilan ; on définit alors l'énergie totale comme la somme de l'énergie mécanique et de l'énergie thermique. Exemple : chute d'un objet, les frottements

dus à l'air ne sont plus négligeables et le système choisi est : objet - terre - environnement (figure 5).

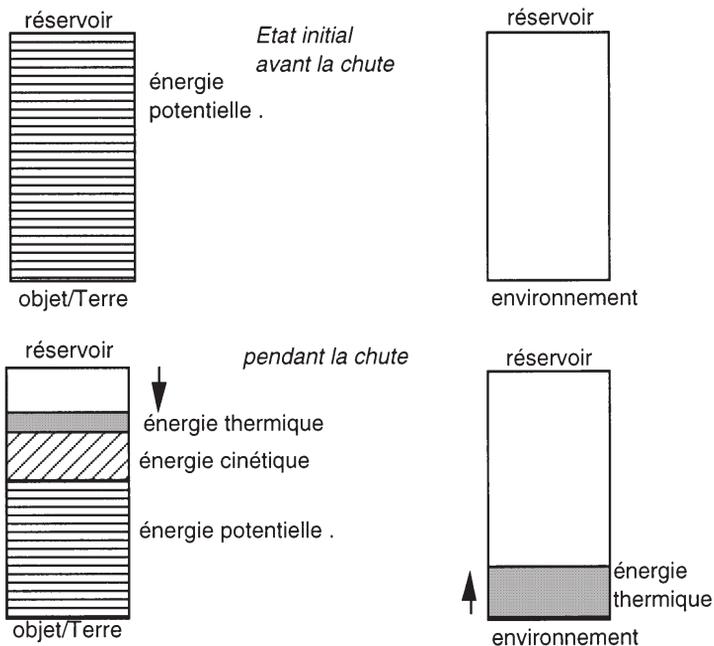


Figure 5 : Chaîne énergétique «état initial-état final» correspondant à deux instants de la chute d'un objet, les frottements dus à l'air n'étant pas négligeables.

4.2. Systèmes électriques

Nous envisagerons les cas d'un générateur et de deux récepteurs.

a - La pile, générateur électrochimique est un système qui a stocké de l'énergie sous forme chimique (énergie potentielle) et qui peut en fournir par mode travail électrique. Ainsi, la chaîne énergétique représentant le fonctionnement d'une pile alimentant une ampoule permet de faire clairement le bilan énergétique.

Les générateurs électromécaniques sont des transformateurs qui restituent partiellement par mode travail électrique l'énergie qu'ils reçoivent selon un mode travail mécanique. Les pertes correspondent à l'effet Joule, aux frottements mécaniques et autres phénomènes de nature magnétique que nous avons nommés pertes collectives P_c . La

chaîne correspondant à la génératrice entraînée par un objet suspendu au bout d'un fil et qui alimente une lampe peut être celle présentée figure 6 :

$$P_a = P_u + P_j + P_{col} = P_{em} + P_j$$

P_{em} = puissance électromagnétique = $E I$ avec E dépendant des conditions d'utilisation.

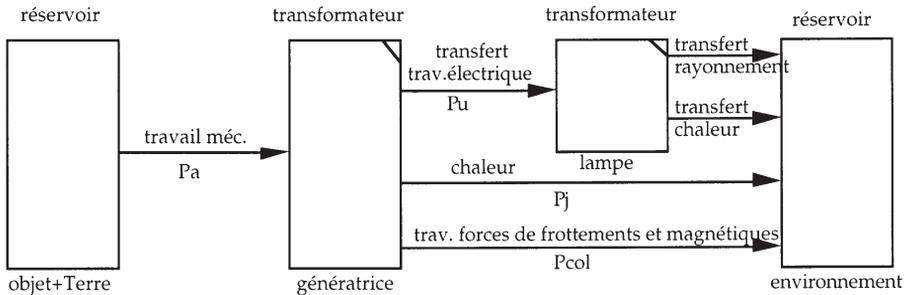


Figure 6 : Chaîne pendant «génératrice entraînée par un objet qui tombe».

Dans ce cas, la chaîne traduit les transferts d'énergie pendant le déroulement de l'expérience. Nous l'appelons «chaîne pendant» et c'est la grandeur puissance qui caractérise chaque transfert.

b - Les récepteurs

• L'électrolyseur

Le professeur donne sa définition de l'électrolyseur : d'un point de vue énergétique, un électrolyseur est un système qui stocke sous forme d'énergie chimique une partie de l'énergie qu'il reçoit par mode travail électrique. Il restitue le reste par mode chaleur à l'environnement.

La relation $U I = E I + r' I^2$ est écrite avec :

$U I$ = puissance absorbée P_a

$E' I$ = puissance utile P_u . Elle exprime le rythme avec lequel l'électrolyseur stocke l'énergie.

$r' I^2$ = puissance correspondant aux pertes par effet Joule P_j .

La figure 7 présente une chaîne énergétique possible.

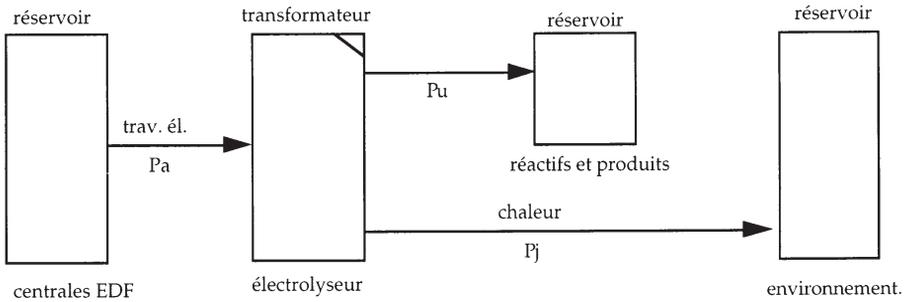


Figure 7 : Chaîne énergétique d'un électrolyseur en fonctionnement.

• Le moteur

Le professeur donne sa définition du moteur d'un point de vue énergétique : un moteur est un système recevant de l'énergie par mode travail électrique et qui la restitue en grande partie par mode travail mécanique. Le reste de l'énergie est restituée à l'environnement par mode chaleur à cause de l'effet Joule, le travail des forces de frottement et diverses forces de nature électromagnétique.

$$U I = E' I + r' I^2.$$

$$U I = P_a.$$

$E' I$ = puissance électromagnétique P_{em} ; E' dépend du point de fonctionnement et n'est donc pas une caractéristique du moteur.

$$r' I^2 = P_j.$$

La chaîne de la situation d'un moteur soulevant un objet par l'intermédiaire d'un câble est représentée figure 8.

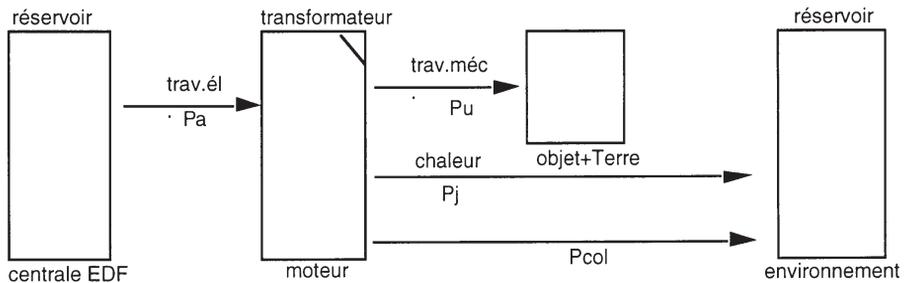


Figure 8 : Chaîne énergétique représentant la situation d'un moteur soulevant un objet par l'intermédiaire d'un câble.

Le principe de conservation de l'énergie permet d'écrire :

$$P_a = UI = E'I + r'I^2 = P_u + P_j + P_{col}.$$

D'autre part, $P_u + P_{col} = E'I$ et le rendement $\eta = P_u/P_a$.

CONCLUSION

Ce travail, réalisé à la fois par les enseignants dans leur classe et par les chercheurs qui ont mené des expérimentations dans celles-ci, montre l'intérêt de cette approche très cohérente avec l'esprit du programme. L'enseignement correspondant rend accessible et opératoire le principe de conservation de l'énergie pour des élèves de première S qui abordent pour la première fois ce concept. Le résultat semble très positif pour les élèves, en particulier en terminale S le principe de conservation de l'énergie est facilement réinvesti.

Ce travail montre la nécessaire complémentarité de la recherche en didactique et du développement pour l'amélioration de l'enseignement. Dans le cadre de la recherche, une séquence d'enseignement, introduction au concept d'énergie, a été élaborée. Le travail avec les enseignants a permis de confirmer que cette introduction oriente l'ensemble de l'enseignement et est particulièrement pertinente. Cette collaboration a permis la production du document [1]. Il ne nous paraît guère envisageable que des enseignants puissent intégrer, seuls, des travaux de recherche dans leur enseignement et que des chercheurs puissent, seuls, produire ces outils d'enseignement pour les maîtres. Nous espérons que cet exemple montre que la collaboration enseignants - chercheurs est fructueuse et a besoin d'être développée.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Des mêmes auteurs : «*Enseignement de l'Énergie en classe se première S*» (Documents A et B) - COAST, MAFPEN - Lyon - décembre 1996.
A paraître dans la collection «*Appliquer le programme*» au CRDP de Lyon - 47, rue Philippe de Lassalle - 69316 LYON Cedex 04.
- [2] Richard FEYMAN : «*La nature de la physique, points sciences*» - Éditions du Seuil, 1980
- [3] Luc VALENTIN : «*L'Univers mécanique*» - Hermann, première édition 1983, seconde édition 1995
- [4] MATHIEU, KASTLER, FLEURY - Masson, 1983.
- [5] Programmes de première S - BO n° 11, 1^{er} septembre 1994.

Annexe 1

Activité introductive à la conservation de l'énergie

Modèle énergétique

L'énergie peut être caractérisée par :
ses **propriétés** :

- **Stockage**

Le réservoir stocke l'énergie.

- **Transformation**

Le transformateur transforme l'énergie.

- **Transfert**

Entre un réservoir et un transformateur, ou entre deux réservoirs, ou entre deux transformateurs, il y a transfert d'énergie. Les différents modes de transfert de l'énergie d'un système à un autre sont :

- le travail : on considère qu'il y a transfert d'énergie sous forme de travail mécanique quand il y a déplacement d'un objet ou d'une partie d'un objet lors d'une interaction, sous forme de travail électrique quand il y a du courant électrique (déplacement de charges) ;
- la chaleur ;
- le rayonnement.

Pour construire une chaîne énergétique il faut utiliser les symboles dessinés :

réservoir



pour réservoir,

transfert



pour transfert,

transformateur



pour transformateur.

En indiquant :

- sous chaque rectangle le système correspondant à l'expérience,
- au-dessus de chaque flèche le mode de transfert.

En mettant :

- une flèche par mode de transfert.

Annexe 2
Texte donné aux élèves
pour le TP «conservation de l'énergie»

1. BUT

Lors de l'expérience «pile-ampoule» réalisée à la fin du dernier cours, nous sommes arrivés à la conclusion suivante : nos connaissances actuelles ne permettent pas d'interpréter l'usure de la pile, d'où la nécessité d'introduire un modèle énergétique.

2. LE MODÈLE ÉNERGÉTIQUE

Voir feuille distribuée.

3. EXPÉRIENCE «PILE-AMPOULE»

Consigne : «En utilisant le “modèle énergétique”, construisez la chaîne énergétique correspondant à l'expérience évoquée ci-dessus».

4. EXPÉRIENCE n° 2

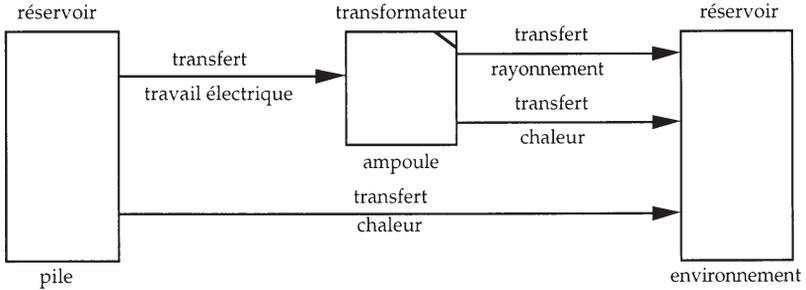
Consigne : «En utilisant le modèle énergétique construisez la chaîne énergétique correspondant à l'expérience : un objet est suspendu à un fil, au départ complètement enroulé sur l'axe de la génératrice. Une lampe est reliée aux bornes de la génératrice. On laisse descendre l'objet».

5. EXPÉRIENCE n° 3

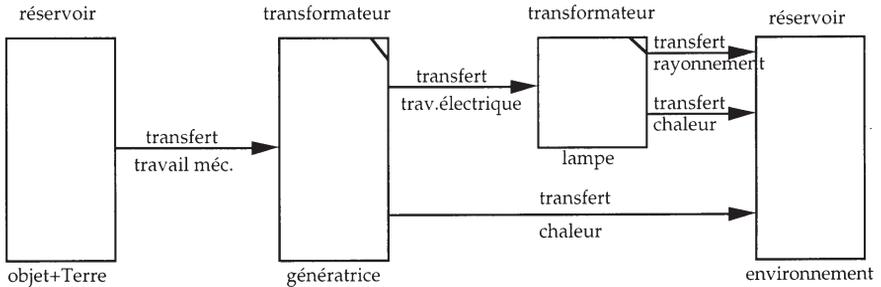
Consigne : «En utilisant le “modèle énergétique” construisez la chaîne énergétique correspondant à l'expérience : une pile alimente un moteur électrique. Sur l'axe du moteur est fixé un fil. Un objet est suspendu à ce fil, au départ complètement déroulé. On ferme le circuit du moteur».

Corrections : TP Conservation de l'énergie

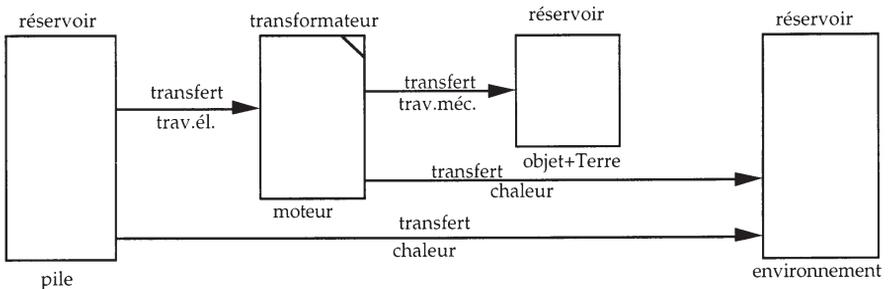
SOLUTION CHAÎNE «PILE AMPOULE»



SOLUTION CHAÎNE «FONCTIONNEMENT D'UNE GÉNÉRATRICE»



SOLUTION CHAÎNE «FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR»



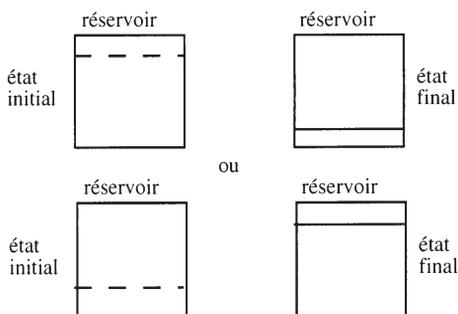
Annexe 3

Compléments au modèle énergétique

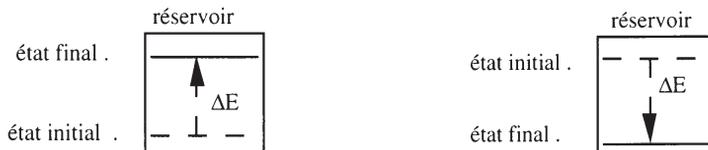
Une deuxième sorte de représentation complète la première qui, nous vous le rappelons, correspond à ce qui se passe **pendant** les transferts et les transformations d'énergie. Cette nouvelle représentation est une chaîne qui correspond à ce qui se passe avant et après les transferts et les transformations d'énergie, c'est-à-dire à l'état initial et à l'état final.

CHAÎNE ÉTAT INITIAL-ÉTAT FINAL

On peut représenter l'état des systèmes à des instants différents lors des transferts et des transformations d'énergie. Compte tenu de la propriété d'un réservoir : «un réservoir stocke l'énergie», on peut représenter son état à deux instants de l'expérience.



On propose une autre possibilité de représentation :



Le réservoir a stocké
de l'énergie : $\Delta E > 0$

Le réservoir a stocké
de l'énergie : $\Delta E < 0$