

# Enseigner l'énergie dans la filière S

*Quelles cohérences ?  
Quels écueils ?*

Pour enseigner  
l'énergie...  
... il en faut !



Stéphane PERREY

Tristan RONDEPIERRE

Jacques VINCE

*pegase@ens-lyon.fr*

*jvince@ac-lyon.fr*

*Groupe SESAMES*

*Situations d'Enseignement Scientifique :*

*Activités de Modélisation, d'Évaluation, et de Simulation*

## pegase.ens-lyon.fr



pour les Professeurs et leurs Elèves  
un Guide pour l'Apprentissage des Sciences et leur Enseignement



jeudi 22 janvier 2015

Pegase est destiné aux enseignants et aux formateurs concernés par l'enseignement secondaire de physique-chimie. Il est le fruit d'une collaboration de plus de dix ans entre des chercheurs en didactiques et des enseignants de physique-chimie en collège ou lycée qui constituent un groupe connu sous le nom de SESAMES.

L'enseignant y trouvera des séquences d'enseignement complètes, largement commentées et illustrées par des vidéos d'élèves en situations réelles. Cette entrée par les séquences d'enseignement pourra lui permettre d'aller consulter des ressources plus générales sur l'apprentissage des élèves, la gestion de classe ou les savoirs en jeu. Ces éléments plus généraux, directement exploitables par le formateur, sont explicitement reliés aux activités d'enseignement.

*L'enseignant qui comprend le français mais enseigne dans une autre langue peut utiliser les informations disponibles afin de construire des activités pour ses élèves. [English version](#)* 



Site optimisé pour fonctionner avec *Mozilla Firefox*.



recherche sur les titres...



[liens](#)



[partenaires](#)



[contact](#)



Mon lycée  
mes niveaux

Mon expérience d'enseignement de  
l'énergie en 1<sup>er</sup> et TS

- ce qui fonctionne
- ce qui pose problème, les difficultés

Pourquoi  
je me suis  
inscrit.e

# Sommaire

- 1. Quelques hypothèses d'apprentissage : l'enseignement par activités**
- 2. Réflexions préliminaires sur l'enseignement de l'énergie**
- 3. Enseigner l'énergie en 1<sup>ère</sup> S**  
*zoom sur quelques aspects scientifiques et propositions d'activités*
- 4. Enseigner l'énergie en terminale S**  
*zoom sur quelques aspects scientifiques et propositions d'activités*

## Pour expliciter notre fonctionnement...

Comment mettre en œuvre un enseignement :

- favorisant la compréhension de l'élève ?
- favorisant son implication dans la construction de son savoir ?
- limitant l'arbitraire ?

On s'approprié le savoir par petits bouts dans un ordre qui, en général, n'est pas forcément l'ordre d'introduction du savoir

- Il y a donc une différence entre chronologie d'apprentissage et chronologie d'enseignement



*Tenir compte quand on rédige une activité que ce qui a été enseigné au préalable n'est pas forcément compris par les élèves: c'est l'ensemble d'un chapitre ou plusieurs activités qui peuvent donner du sens*

On apprend en communiquant avec les autres, y compris dans le débat

- en grand groupe, en particulier pour expliciter les arguments/idées classiques : exemple
- en petit groupe par la collaboration et la confrontation (langage oral, écrit, gestuel, ...)



*Formuler l'activité de façon à ce que les élèves puissent discuter entre eux sur le savoir en jeu dans l'activité et non pas essentiellement sur la bonne réponse attendue : les **responsabiliser** quant à la construction du savoir*

- On apprend à par cela concerne au quotidiennes que



*Ouais bah moi je suis payé pour enseigner ce qui est vrai, pas les idées farfelues des élèves*

- On acquiert énormément de connaissances quotidiennes sur le monde matériel ou sociétal qui nous entoure et ces connaissances sont le plus souvent opérationnelles, **particulièrement au sujet de l'énergie**



*Tenir compte de ces connaissances quand on rédige une activité pour favoriser (ou non) leur mobilisation par les élèves ...*

*Aller jusqu'à les rendre publiques ...*

Les arguments du prof  
ne sont pas forcément familiers pour l'élève  
ou entrent parfois en contradiction avec ce qu'on  
entend dans la vie courante



*L'énergie est tellement partout  
autour de nous que ce n'est  
même pas la peine de la définir*

*Les élèves utilisent de l'énergie  
sans arrêt, à commencer par de  
l'énergie électrique, il suffit de  
mettre des mots sur leurs  
usages*



*Ce n'est pas parce que le champ expérimental est riche  
et omniprésent qu'il est un recours facilitant  
l'apprentissage...*

# Qu'est-ce que faire de la physique ?

- Analyser et interpréter les objets et les événements du monde matériel (point de vue partagé par les élèves, qui utilisent davantage le verbe *expliquer*)
- Faire des prévisions sur ce monde (non évoqué par les élèves)



*Ceci nécessite d'utiliser des théories, des modèles, des concepts mais aussi de simplifier, d'idéaliser, de faire des choix, de confronter aux situations matérielles...*

*bref modéliser...*

- Lorsqu'on apprend de la physique, l'activité principale est une activité de modélisation
  - C'est aussi cette activité qui est la plus difficile
- Expliciter cette activité est une aide à la fois pour concevoir son enseignement (prof) et pour apprendre (élève)



*Ceci implique de bien distinguer ce qui relève des théories et des modèles et ce qui relève des objets et des événements...*

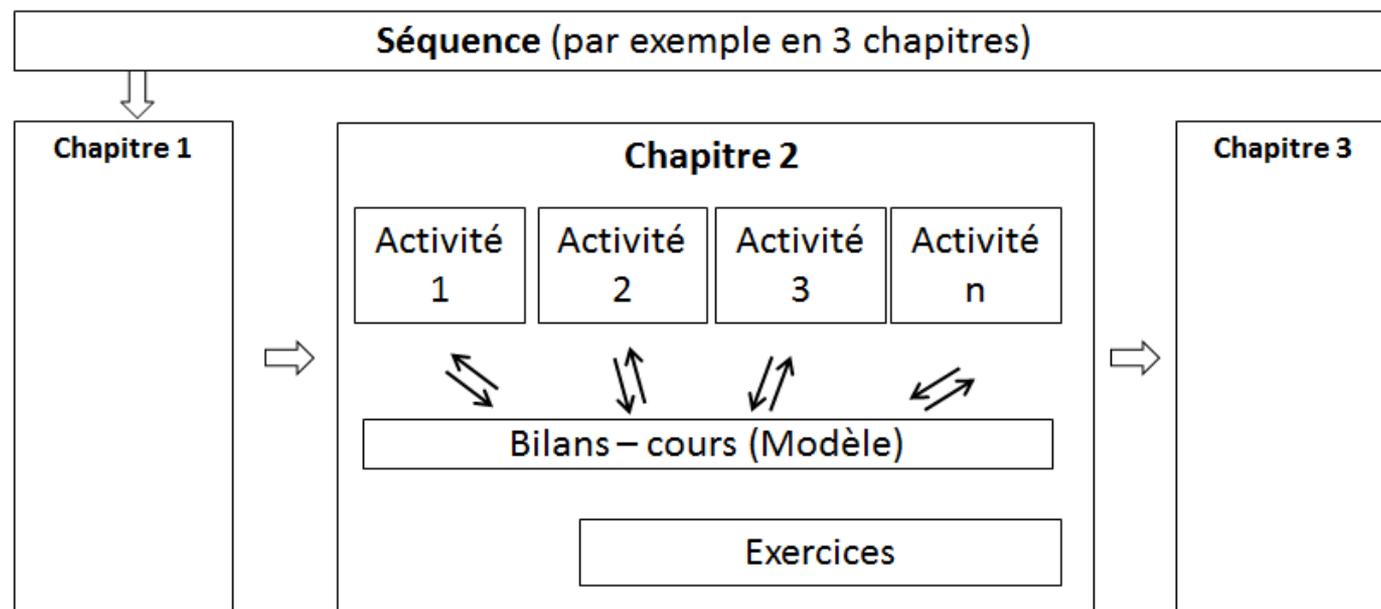
### Pour SESAMES, le mot activité désigne :

- Le **support** de l'activité qui doit permettre à l'élève de **découvrir un nouveau savoir ou savoir-faire**, cela la différencie d'un exercice qui est un outil d'entraînement, de répétition, d'approfondissement de la compréhension
- Les **actions effectives** des élèves (et du prof) qui doivent permettre la co-construction du savoir

### « structurer par activités » signifie :

- Chaque activité s'insère dans une suite cohérente d'activités, définie à partir de l'ensemble du savoir en jeu dans le chapitre, voire la séquence.
- Ce qui délimite une activité est donc le savoir bien plus que la situation d'étude, qui est au service de l'apprentissage visé.

Un choix possible



voir Vince et al. (BUP novembre 2016)

# Sommaire

1. Quelques hypothèses d'apprentissage : l'enseignement par activités
- 2. Réflexions préliminaires sur l'enseignement de l'énergie**
3. Enseigner l'énergie en 1<sup>ère</sup> S  
*zoom sur quelques aspects scientifiques et propositions d'activités*
4. Enseigner l'énergie en terminale S  
*zoom sur quelques aspects scientifiques et propositions d'activités*

## Identifier différentes sources et connaître quelques conversions d'énergie

Identifier des sources et des formes d'énergie.

- L'énergie existe sous différentes formes (énergie associée à un objet en mouvement, énergie thermique, électrique...).

Prendre conscience que l'être humain a besoin d'énergie pour vivre, se chauffer, se déplacer, s'éclairer...

Reconnaitre les situations où l'énergie est stockée, transformée, utilisée.

- La fabrication et le fonctionnement d'un objet technique nécessitent de l'énergie.
- Exemples de sources d'énergie utilisées par les êtres humains : charbon, pétrole, bois, uranium, aliments, vent, Soleil, eau et barrage, pile...
- Notion d'énergie renouvelable.

Identifier quelques éléments d'une chaîne d'énergie domestique simple.

- Quelques dispositifs visant à économiser la consommation d'énergie.

L'énergie associée à un objet en mouvement apparaît comme une forme d'énergie facile à percevoir par l'élève, et comme pouvant se convertir en énergie thermique.

Le professeur peut privilégier la mise en œuvre de dispositifs expérimentaux analysés sous leurs aspects énergétiques : éolienne, circuit électrique simple, dispositif de freinage, moulin à eau, objet technique...

On prend appui sur des exemples simples (vélo qui freine, objets du quotidien, l'être humain lui-même) en introduisant les formes d'énergie mobilisées et les différentes consommations (par exemple : énergie thermique, énergie associée au mouvement d'un objet, énergie électrique, énergie associée à une réaction chimique, énergie lumineuse...).

Exemples de consommation domestique (chauffage, lumière, ordinateur, transports).

## L'énergie et ses conversions

Attendus de fin de cycle	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie.</li> <li>• Utiliser la conservation de l'énergie.</li> <li>• Réaliser des circuits électriques simples et exploiter les lois de l'électricité.</li> </ul>	
Connaissances et compétences associées	Exemples de situations, d'activités et d'outils pour l'élève
<p><b>Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie</b></p> <p><b>Utiliser la conservation de l'énergie</b></p>	
<p>Identifier les différentes formes d'énergie.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinétique (relation <math>E_c = \frac{1}{2} mv^2</math>), potentielle (dépendant de la position), thermique, électrique, chimique, nucléaire, lumineuse.</li> </ul> <p>Identifier les sources, les transferts et les conversions d'énergie.</p> <p>Établir un bilan énergétique pour un système simple.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sources.</li> <li>• Transferts.</li> <li>• Conversion d'un type d'énergie en un autre.</li> <li>• Conservation de l'énergie.</li> <li>• Unités d'énergie.</li> </ul> <p>Utiliser la relation liant puissance, énergie et durée.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notion de puissance</li> </ul>	<p>Les supports d'enseignement gagnent à relever de systèmes ou de situations de la vie courante.</p> <p>Les activités proposées permettent de souligner que toutes les formes d'énergie ne sont pas équivalentes ni également utilisables.</p> <p>Ce thème permet d'aborder un vocabulaire scientifique visant à clarifier les termes souvent rencontrés dans la vie courante : chaleur, production, pertes, consommation, gaspillage, économie d'énergie, énergies renouvelables.</p>

Un concept (presque) absent de la classe de seconde...  
 (une apparition subliminale de l'énergie cinétique dans la version 2017)

Collège	Première S
Sources (C3-C4)	Ressources
Formes d'énergie (C3-C4) Chaines d'énergie (C3) Stockage (C3) Renouvelables/non renouvelables (C4) Conversion (C4) Transfert (C4) Conservation (C4) Énergie cinétique, énergie potentielle (C4) Puissance (C4) Liens avec les circuits électriques (C4)	
Utilité pour/utilisée par l'homme (C3) Transformation (C3) Consommation (C3)	
	Frottements, dégradation, dissipation Transport Rendement

# Qu'est-ce que l'énergie dans la vie courante ?

Jean-Marc  
JANCOVICI

<https://jancovici.com/>

*Question facile, voyons : l'énergie, c'est ma facture d'électricité, ou éventuellement de gaz. Si je suis très concentré, j'y rajouterai peut-être mon plein d'essence, si je le suis encore plus le remplissage de ma cuve à fioul, et puis on va dire que l'on a fait le tour du sujet. L'économiste ajoutera peut-être que l'énergie c'est 7% des dépenses des ménages en France, et donc que si l'électricité augmente c'est ennuyeux parce que cela comprime un peu le pouvoir d'achat, mais que personne n'en mourra.*

*Dès qu'il se passe « quelque chose » quelque part de l'énergie intervient...*

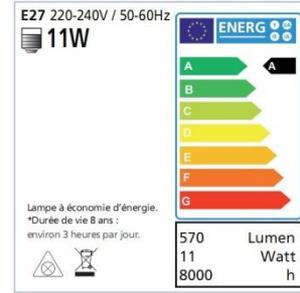
# Éléments de contexte sur l'énergie...

*Un système énergétique a pour fonction de mettre à la disposition d'une société donnée les services requérant de l'énergie, nécessaire aux besoins de l'ensemble de ses membres : alimentation, logement, éducation, santé, culture, mobilité, etc.*

*B. Dessus, PLS avril 2012*

- Un enjeu de société, qui nécessite de préciser les concepts scientifiques...
- Un concept et des enjeux sous influences multiples : l'énergie est un *concept partagé*
- Des croisements disciplinaires incontournables
- Des connaissances culturelles à construire

► ÉCOUTER | L'économiste spécialiste des questions énergétiques, Jean-Marie Chevallier, avec Bruno Duvic



# énergie

$$\Delta E = W + Q$$

Communauté scientifique

Communauté des citoyens  
et de la vie quotidienne

- Des savoirs théoriques relativement stables et anciens
- Des recherches et innovations essentiellement à finalité technologiques (efficacité...)
- *Des savoirs scolaires très « transposés »*

Des « enjeux de société »

- Une variété de disciplines convoquées, d'intérêts... et de « points de vue »
- Une difficile résolution des débats de société par mise à l'épreuve expérimentale

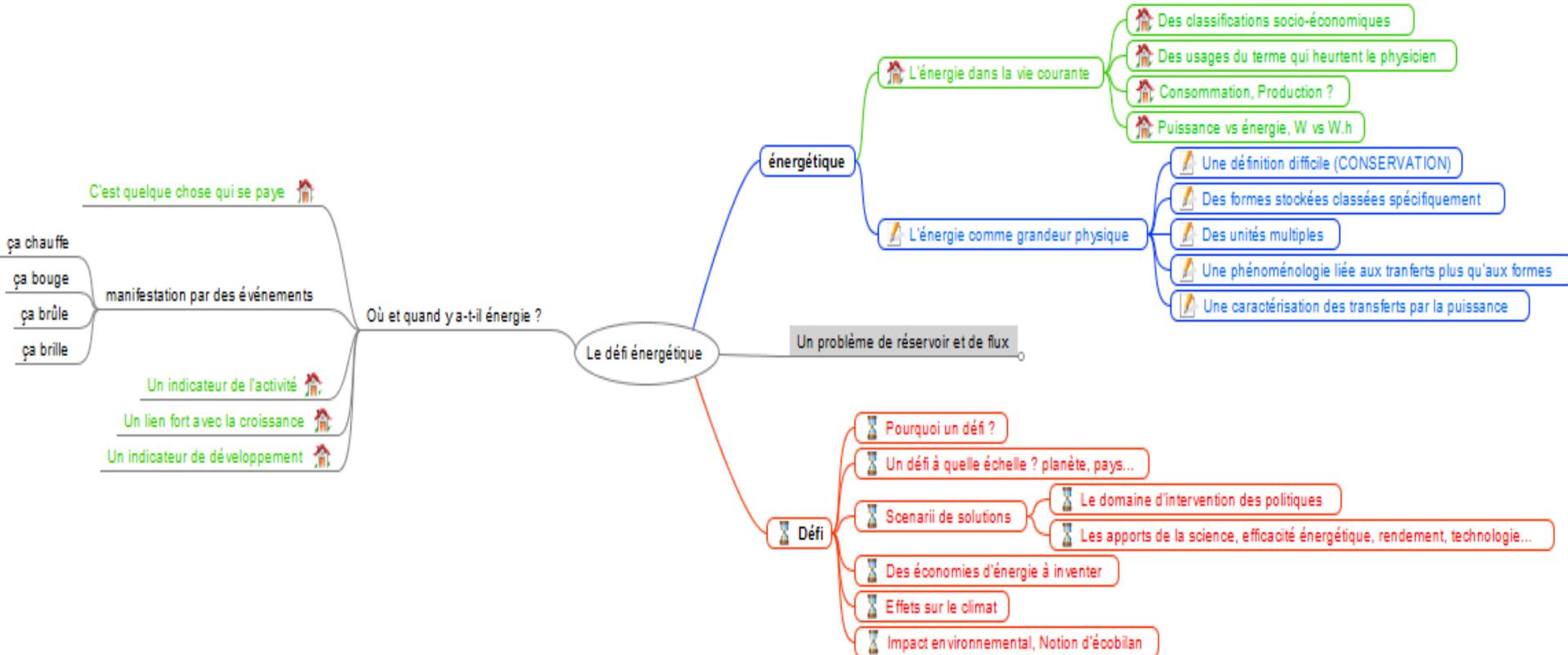
Les questions des élèves !

Quelle contribution de la physique ?

# Les premières difficultés...

- Des questions liées au défi énergétique dans les préambules et les en-têtes sont à peine présentes dans les contenus
  - Le réinvestissement à la charge des élèves ?
- Des croisements disciplinaires pas pris en charge ni préconisés *au sujet de l'énergie*
- Une sectorisation implicite (mécanique, électricité...) et floue
- Manque de temps...

# Des tensions fortes, des influences multiples...



# Des contextes d'usage variés

- En physique scolaire, l'énergie peut être potentielle, cinétique, mécanique, interne, microscopique, macroscopique... *électrique, lumineuse...*
- Dans la vie courante, l'énergie peut être solaire, nucléaire, géothermique, hydraulique, fossile, verte, propre, chère, renouvelable, éolienne, thermique... et *électrique* !



Des usages courants à prendre en compte

- *Je n'ai pas l'énergie de...*
- L'énergie d'une pile a disparu lorsqu'elle est utilisée
- On *consomme, produit, paye* de l'énergie
- Des hybridations *énergie-force-puissance-vitesse* ou *énergie-intensité-puissance...*

# Des discours médiatiques qui brouillent le discours

- *Une série de confusions*
  - *entre  $W$  et  $W \cdot h$*
  - *entre énergie et électricité*
  - *entre sources et transferts*
- Des changements d'échelle local/global et des ordres de grandeurs qui ne parlent pas toujours... 

•  
...

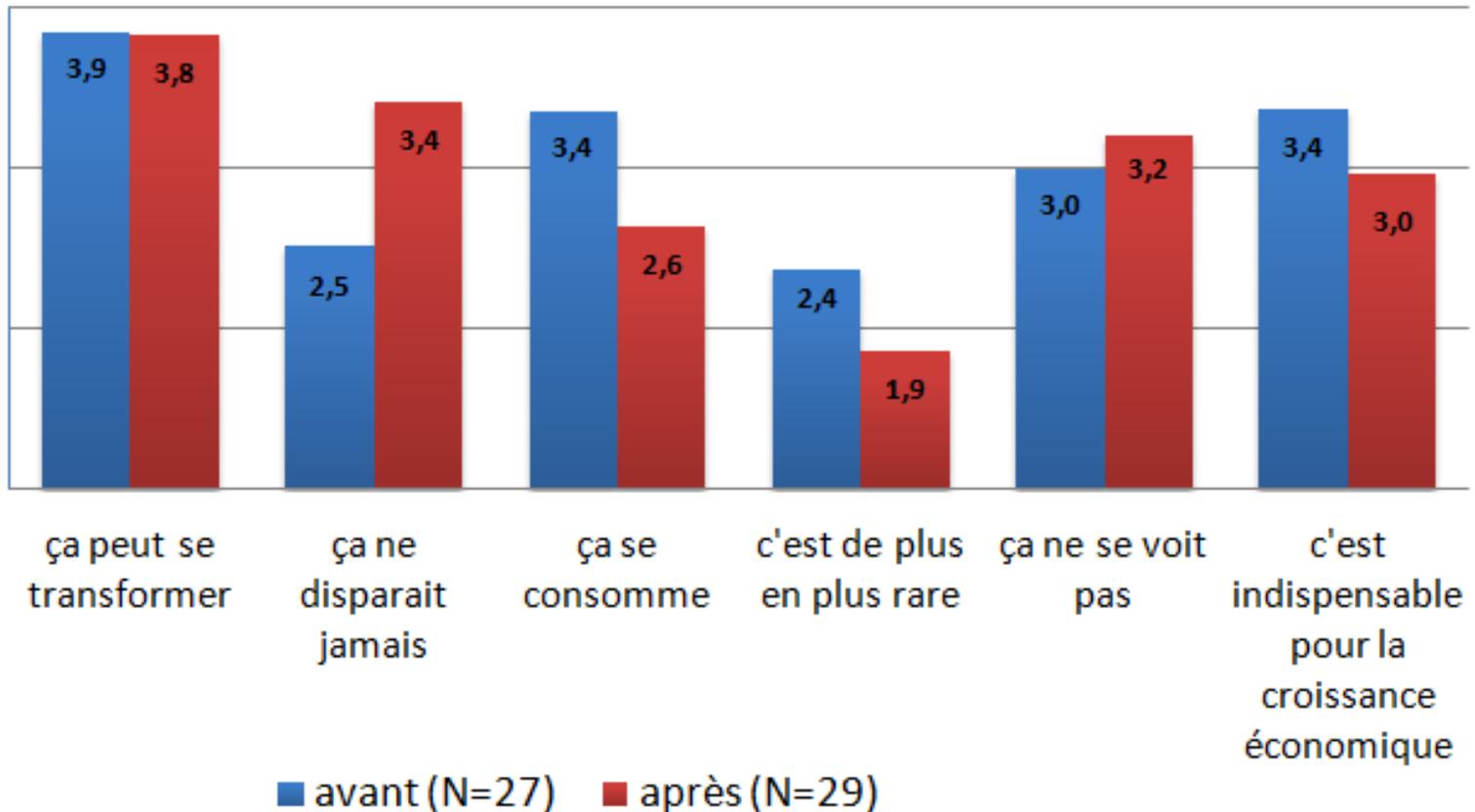
# Activité d'introduction : l'énergie dans la vie courante et en physique...

☞ Quelles sont les propriétés de l'énergie ?

Noter de A à D en cochant pour chaque ligne une des cases : (A : tout à fait d'accord à D : pas du tout d'accord)	A	B	C	D
1. L'énergie permet d'agir				
2. L'énergie est produite par les êtres humains				
3. L'énergie se déplace facilement				
4. L'énergie peut se transformer				
5. L'énergie ne disparaît jamais				
6. On peut mettre l'énergie dans un récipient				
7. Il y a des objets qui contiennent de l'énergie				
8. L'énergie se consomme				
9. C'est de plus en plus rare				
10. L'énergie ne se voit pas				
11. L'énergie est une grandeur physique				
12. L'énergie est indispensable pour la croissance économique				

# L'énergie...

accord total 😊



# En physique...

- Un concept défini par ses propriétés
  - *Stockage sous différentes formes*
  - *Transfert → seule propriété pouvant être observée*
  - *Conservation*
- justifie pleinement l'usage des chaînes...
- Un concept transversal qui permet d'analyser des situations très variées, dans des domaines distincts de la physique

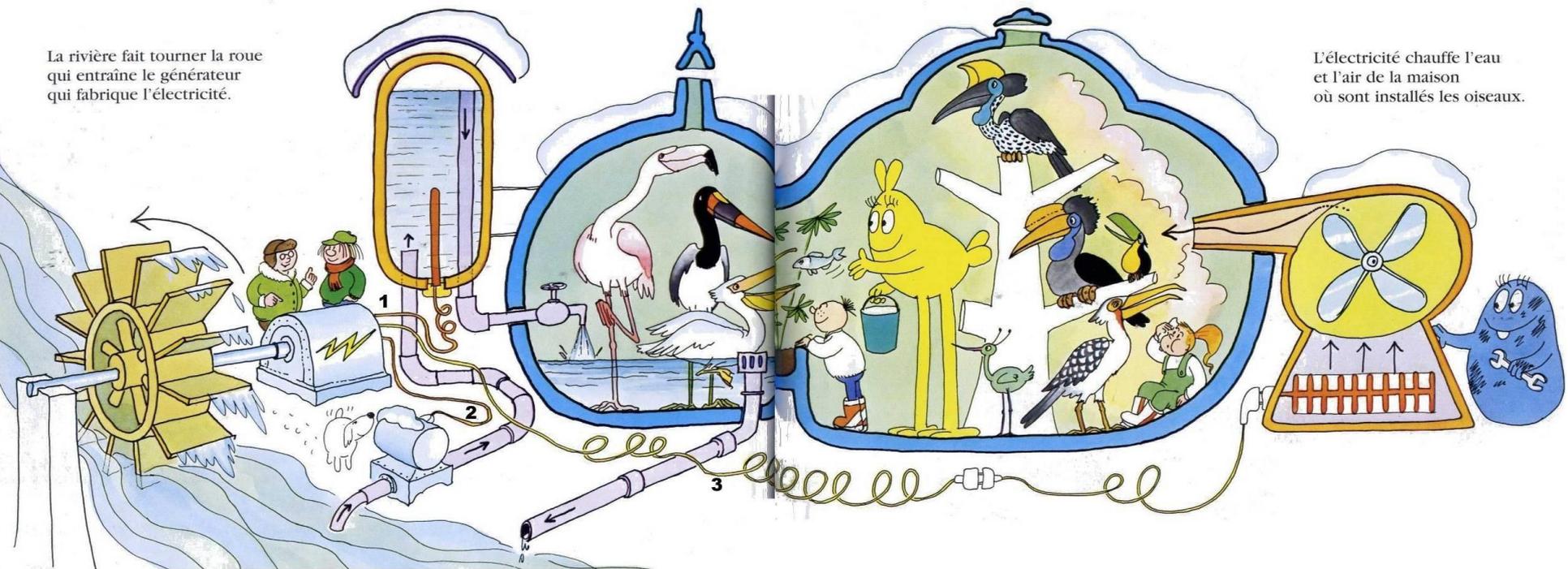
# En physique...

- La conservation...
  - *Un « producteur d'énergie » devient un « transformateur d'énergie » (élec) ou un extracteur d'énergie (pétrolier)*
  - *L'apport d'énergie : le soleil, le centre de la Terre*
- Ce qui est visible
  - Les transferts d'énergie...
  - Des comparaisons difficiles dans des domaines très variés...



# Pour comprendre et apprendre, des situations nécessairement fabriquées et simplifiées...

La rivière fait tourner la roue qui entraîne le générateur qui fabrique l'électricité.



L'électricité chauffe l'eau et l'air de la maison où sont installés les oiseaux.

# Quelles conséquences pour les programmes ?

- Un résultat direct de l'interaction des contextes : la présence de **l'énergie électrique** comme concept essentiel...
- Une entrée « mécanique » justifiée nulle part...
- Une hétérogénéité forte des capacités
- Un contexte électrique qui n'est pas « placé »
- Un recours explicite à la chaîne énergétique, « objet » didactique à assumer comme tel.

Quelques signes de l'influence des usages courants et de l'absence de prise en charge des liens avec le fonctionnement *en physique...*

- L'énergie peut-elle être « électrique » ?
- *Sources* renouvelables ou *énergies* renouvelables ?
- Quelles classifications pour les ressources d'énergie ? Critère socio-économique ou critère scientifique ?
- Qu'est-ce qu'une forme d'énergie ?
- Le rendement : un concept pertinent seulement en électricité ?

# *Les contenus enseignés vont-ils outiller la prise de position sur des débats « de société » ?*

## *Quelques exemples*

1	<ul style="list-style-type: none"><li>• « La voiture électrique est une voiture "propre" »<ul style="list-style-type: none"><li>○ « Sauf que j'ai vu que l'électricité était produite à partir de pétrole »</li></ul></li></ul>
2	<ul style="list-style-type: none"><li>• « 80 % de l'énergie consommée en France est d'origine nucléaire »<ul style="list-style-type: none"><li>○ « non en fait c'est moins de 20 % »</li></ul></li></ul>
3	<ul style="list-style-type: none"><li>• « Avec le Soleil on peut aussi facilement chauffer que faire de l'électricité »<ul style="list-style-type: none"><li>○ « Non, c'est facile de chauffer et plus difficile de faire de l'électricité »</li></ul></li></ul>
4	<ul style="list-style-type: none"><li>• « Si on était plus économe en électricité, on résoudrait le problème énergétique »<ul style="list-style-type: none"><li>○ « ça ne suffirait pas du tout, l'électricité représente moins de 10 % de la consommation d'énergie »</li></ul></li></ul>

# Analyse d'entretiens après enseignement

- Le rôle de l'outil chaîne énergétique pour l'analyse de situations variées (locales et globales)
- La non distinction parfois persistante entre ressources et transferts, comme obstacle à l'analyse
- Le rôle essentiel de la culture sociétale : une culture enjeu d'apprentissage
- Un « brouillage » fort de l'électricité dans la vie courante

# Des pistes à développer...

... avec le programme tel qu'il est...

- Prendre en charge les spécificités des situations locales (vie courante) et des situations globales (enjeu de société)
- Articuler électricité et énergie : un enjeu qui doit être explicite
- Faire de la culture sociétale nécessaire un objet de savoir

## Sommaire

1. Quelques hypothèses d'apprentissage : l'enseignement par activités
2. Réflexions préliminaires sur l'enseignement de l'énergie
3. Enseigner l'énergie en 1<sup>ère</sup> S  
*zoom sur quelques aspects scientifiques et propositions d'activités*
4. Enseigner l'énergie en terminale S  
*zoom sur quelques aspects scientifiques et propositions d'activités*

## L'énergie dans le programme de 1<sup>ère</sup> S

- Allusions dans la partie « Cohésion et transformation de la matière ».
- Une présence majeure à cheval sur 2 phases (*Comprendre et agir*)

# L'énergie dans le programme de 1<sup>ère</sup> S

- Quelques allusions dans la partie « Cohésion et transformation de la matière ».

Connaissances suffisantes pour cette partie :

*En physique, on peut interpréter toute lumière produite ou reçue par un système, ou tout changement de température d'un système par un transfert d'énergie vers l'extérieur du système (énergie "perdue") ou venant de l'extérieur du système (énergie "reçue").*

*Quand il a reçu de l'énergie, un système a tendance à évoluer spontanément vers un état dans lequel il a moins d'énergie : il y a perte spontanée d'énergie.*

*L'énergie est une grandeur physique qui s'exprime en joule (J), unité du Système International. Elle peut aussi s'exprimer en électron-volt ( $1\text{eV}=1,6\times 10^{-19}\text{ J}$ ), en wattheure ( $1\text{ Wh} = 3600\text{ J}$ )...*

# L'énergie dans le programme de 1<sup>ère</sup> S

Variation de température et transformation physique d'un système par transfert thermique.

Interpréter à l'échelle microscopique les aspects énergétiques d'une variation de température et d'un changement d'état.

*Pratiquer une démarche expérimentale pour mesurer une énergie de changement d'état.*

## Formes et principe de conservation de l'énergie

Énergie d'un point matériel en mouvement dans le champ de pesanteur uniforme : énergie cinétique, énergie potentielle de pesanteur, conservation ou non conservation de l'énergie mécanique.  
Frottements ; transferts thermiques ; dissipation d'énergie.

Connaître et utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un solide en translation et de l'énergie potentielle de pesanteur d'un solide au voisinage de la Terre.  
*Réaliser et exploiter un enregistrement pour étudier l'évolution de l'énergie cinétique, de l'énergie potentielle et de l'énergie mécanique d'un système au cours d'un mouvement.*

Formes d'énergie

Connaître diverses formes d'énergie.

Principe de conservation de l'énergie.  
Application à la découverte du neutrino dans la désintégration  $\beta$ .

Exploiter le principe de conservation de l'énergie dans des situations mettant en jeu différentes formes d'énergie.

Une entrée par le domaine de la mécanique...  
... qui débouche sur différents formes  
et sur le principe de conservation

## AGIR

### Défis du XXIème siècle

*En quoi la science permet-elle de répondre aux défis rencontrés par l'Homme dans sa volonté de développement tout en préservant la planète ?*

#### Notions et contenus

#### Compétences attendues

#### Convertir l'énergie et économiser les ressources

Ressources **énergétiques** renouvelables ou non ; durées caractéristiques associées.  
Transport et stockage de l'**énergie** ; **énergie** électrique.

Production de l'**énergie** électrique ; puissance.  
Conversion d'**énergie** dans un générateur, un récepteur.  
Loi d'Ohm. Effet Joule.  
Notion de rendement de conversion.

Recueillir et exploiter des informations pour identifier des problématiques :

- d'utilisation des ressources **énergétiques** ;
- du stockage et du transport de l'**énergie**.

Argumenter en utilisant le vocabulaire scientifique adéquat.

Distinguer puissance et **énergie**.

Connaître et utiliser la relation liant puissance et **énergie**.  
Connaître et comparer des ordres de grandeur de puissances.

Schématiser une chaîne **énergétique** pour interpréter les conversions d'**énergie** en termes de conservation, de dégradation.

*Pratiquer une démarche expérimentale pour :*

- mettre en évidence l'effet Joule ;
- exprimer la tension aux bornes d'un générateur et d'un récepteur en fonction de l'intensité du courant électrique.

Recueillir et exploiter des informations portant sur un système électrique à basse consommation.

??

Contexte unique de l'électricité ?

# L'énergie dans le programme de 1<sup>ère</sup> S

Stockage et conversion de l'énergie chimique.

Énergie libérée lors de la combustion d'un hydrocarbure ou d'un alcool.

Piles salines, piles alcalines, piles à combustible.  
Accumulateurs.

Polarité des électrodes, réactions aux électrodes.

Oxydant, réducteur, couple oxydant/réducteur, réaction d'oxydo-réduction.

Modèle par transfert d'électrons.

Recueillir et exploiter des informations sur le stockage et la conversion d'énergie chimique.

Écrire une équation de combustion. Argumenter sur l'impact environnemental des transformations mises en jeu. Déterminer l'ordre de grandeur de la masse de CO<sub>2</sub> produit lors du déplacement d'un véhicule.

*Pratiquer une démarche expérimentale pour réaliser une pile et modéliser son fonctionnement. Relier la polarité de la pile aux réactions mises en jeu aux électrodes.*

Recueillir et exploiter des informations sur les piles ou les accumulateurs dans la perspective du défi énergétique.

Reconnaître l'oxydant et le réducteur dans un couple.

Écrire l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction en utilisant les demi-équations redox.

## Extrait du B.O (AGIR)

- *Cette partie du programme doit conduire le professeur à choisir des exemples d'application de la physique et de la chimie qui répondent à ces enjeux posés au devenir de l'Humanité et à la planète.*

→ Le défi énergétique au cœur du programme

# Enseigner l'énergie en 1<sup>ère</sup> S...

*à partir de la question  
du défi énergétique ?...*

***en lien avec la question  
du défi énergétique ?...***

# L'énergie dans le programme de 1<sup>ère</sup> S

## Les choix du groupe Sesames :

- Garder un contexte initial en mécanique
- Poser très tôt le principe de conservation
- Définir l'énergie par ses propriétés : stockage, transfert, conservation...
- Distinguer formes et transferts
- Faire des liens entre usages courants et usages scientifiques (y compris pour les *formes d'énergie*)
- Une préconisation à commencer l'année par cette partie

# Objectifs principaux...

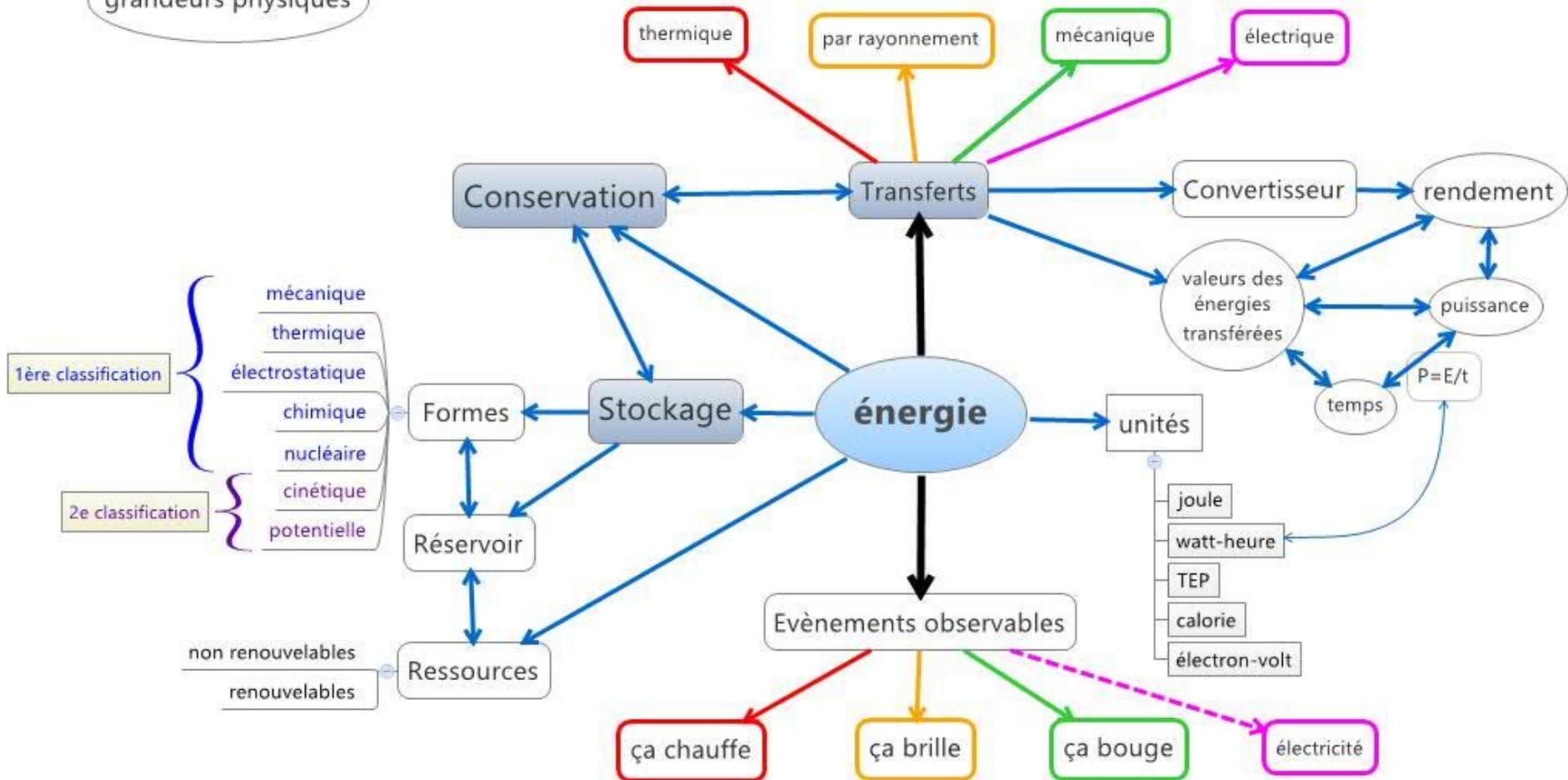
## *Cas de l'énergie en 1<sup>ère</sup> S*

- Savoir que l'énergie peut prendre différentes formes et qu'elle est caractérisée par ses propriétés de conservation, stockage et transfert.
  - Quelle que soit sa forme, la grandeur énergie peut être exprimée avec la même unité.
  - Distinguer puissance et énergie.
- Analyser une situation d'un point de vue énergétique à l'aide de la notion de rendement.
- Connaître et utiliser un critère pour qualifier une ressource de renouvelable.

# Analyse du programme de 1<sup>ère</sup> S

Les trois propriétés de l'énergie

grandeurs physiques



## Structure de la séquence de 1<sup>ère</sup> S

- Introduction : l'énergie dans la vie courante et en physique
- Chapitre 1 : Conservation de l'énergie et analyse de situations en mécanique
- Chapitre 2 : Formes d'énergie : plusieurs typologies
- Chapitre 3 : Transferts d'énergie

## Au sujet de la **conservation** de l'énergie...

- L'énergie se conserve par définition

*« C'est une abstraction purement mathématique: il y a un nombre qui reste le même, quel que soit l'instant où on le calcule. Je ne peux pas donner une meilleure interprétation que celle-là. Cette énergie a toutes sortes de formes [...] »*

*Feynman*

Au sujet de la conservation de l'énergie mécanique...

Certes, l'énergie est liée d'une certaine manière au sentiment, humain et sans doute aussi animal, d'effort et de travail. Le lien pourtant est lâche et la véritable origine de la notion ne se trouve pas là mais dans une constatation théorico-expérimentale : celle du fait qu'il est possible de partir de grandeurs physiques qui varient au cours du temps (les vitesses et hauteur d'une bille lâchée sur un plan incliné constituent un exemple simple) pour construire une fonction de ces variables qui, elle, reste constante durant le processus considéré. On parle alors de "conservation" de cette fonction [...]

*Bernard d'Espagnat*

## Quelques textes de références sur l'énergie

*« De toutes les lois de conservation , celle qui traite de l'énergie est la plus difficile, la plus abstraite et cependant la plus utile, elle est plus difficile à comprendre que celles que je viens de décrire; en effet, pour la charge et ces autres lois de conservation, le mécanisme est clair, c'est plus ou moins la conservation de certains objets. Ce n'est pas tout à fait exact, car il y a le problème des objets nouveaux qu'on obtient à partir des anciens, mais, en tout cas, c'est une simple question de dénombrement. La conservation de l'énergie est un petit peu plus difficile, car, cette fois, nous avons un nombre qui ne varie pas avec le temps, mais ce nombre ne représente aucun objet particulier. »*

*Par exemple, supposons qu'il y ait un seul fou, le fou blanc, sur l'échiquier; puisque le fou avance en diagonale et donc reste toujours sur des cases de la même couleur, si on détourne un instant le regard pendant que les dieux jouent et qu'on le reporte à nouveau sur le jeu, on peut s'attendre à trouver encore un fou blanc sur l'échiquier, sa position aura peut-être changé mais la couleur de sa case sera restée la même. Telle est l'essence même d'une loi de conservation. nous n'avons pas besoin d'entrer dans le jeu pour en connaître au moins les rudiments"*

### Au sujet de la conservation de l'énergie mécanique...

- Il arrive, par conséquent, que la fonction qui a été construite pour être conservée dans le cours de ces phénomènes ne le soit plus lorsque sont pris en considération des phénomènes plus généraux comme, par exemple, des glissements avec frottement.
- Ce que le physicien essaie alors de faire, c'est de construire une nouvelle fonction avec de nouvelles variables qui, ajoutée à la première, donne une somme conservée.
- Le fait très remarquable, et qui montre qu'il y a des lois, c'est que jusqu'ici il y soit parvenu dans tous les cas.
- Encore une fois, ici comme précédemment, l'énergie obtenue n'est rien d'autre qu'un nombre abstrait (mesuré par une unité compliquée).

# Qu'est-ce qu'une **forme** d'énergie ?

- Première classification : toute énergie pouvant être transférée ou stockée
  - dont én. électriques, lumineuses...
  - mais confond énergie et transfert d'énergie
- Deuxièmes classifications : ce qui est stocké

### Classification par sources

Référent matériel ou événement ou mode de production :

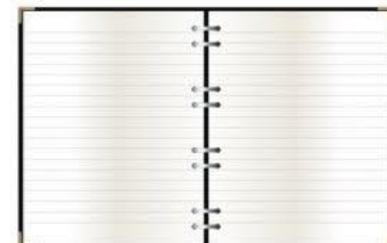
- fossiles
- nucléaire
- éolienne
- biomasse
- géothermique
- solaire
- **Hydraulique**, marémotrice

### Classification par des domaines de physique :

- mécanique
- thermique
- électrostatique
- chimique
- nucléaire

### Classification théorique :

- cinétique vs
- potentielle
- micro vs
- macro



L'énergie se conserve  
pour un système isolé...



Sans frottement, l'énergie  
mécanique se conserve....



Un objet en chute libre  
est donc isolé ?....

Pourtant l'objet en chute libre est en  
interaction avec la terre...

## Quel système pour l'énergie potentielle ?

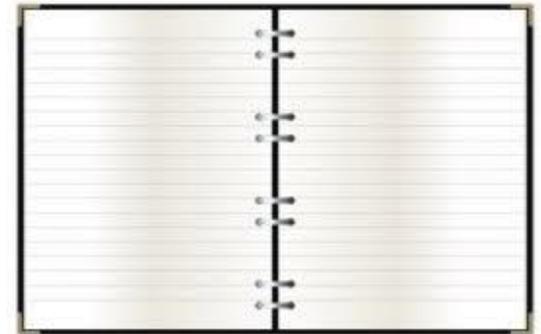
- L'énergie potentielle de pesanteur est celle du système  $\{objet + Terre\}$
- Une commodité de langage à assumer mais à expliciter, valide également pour les autres énergies potentielles
- Une double facette :
  - *potentiellement*, l'énergie peut être libérée...
  - énergie dont la variation est un travail indépendant du chemin suivi... à suivre

Pourquoi l'énergie cinétique est-elle  $\frac{1}{2}mv^2$  ?

C'est une conséquence du principe de conservation : c'est l'expression *nécessaire* pour préserver le principe ou conforme à la 2<sup>e</sup> loi de Newton (ce qui revient au même)...

→ Ce que demande de faire le programme est une démarche absurde...

Un exemple d'activité que nous aurions aimé pouvoir mener...



## Sommaire

1. Quelques hypothèses d'apprentissage : l'enseignement par activités
2. Réflexions préliminaires sur l'enseignement de l'énergie
3. Enseigner l'énergie en 1<sup>ère</sup> S  
*zoom sur quelques aspects scientifiques et propositions d'activités*
4. Enseigner l'énergie en terminale S  
*zoom sur quelques aspects scientifiques et propositions d'activités*

# L'énergie dans le programme de TS

## Mesure du temps et oscillateur, amortissement

Travail d'une force.

Force conservative ; énergie potentielle.

Forces non conservatives : exemple des frottements.

Énergie mécanique.

Étude énergétique des oscillations libres d'un système mécanique.

Dissipation d'énergie.

Définition du temps atomique.

*Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence :*

- les différents paramètres influençant la période d'un oscillateur mécanique ;
- son amortissement.

Établir et exploiter les expressions du travail d'une force constante (force de pesanteur, force électrique dans le cas d'un champ uniforme).

Établir l'expression du travail d'une force de frottement d'intensité constante dans le cas d'une trajectoire rectiligne.

Analyser les transferts énergétiques au cours d'un mouvement d'un point matériel.

*Pratiquer une démarche expérimentale pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un oscillateur.*

Extraire et exploiter des informations sur l'influence des phénomènes dissipatifs sur la problématique de la mesure du temps et la définition de la seconde.

Extraire et exploiter des informations pour justifier l'utilisation des horloges atomiques dans la mesure du temps.

# L'énergie dans le programme de TS

## Énergie, matière et rayonnement

### Notions et contenus

#### Du macroscopique au microscopique

Constante d'Avogadro.

#### Transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques

Notions de système et d'énergie interne. Interprétation microscopique.

Capacité thermique.

Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement.  
Flux thermique. Résistance thermique.  
Notion d'irréversibilité.

Bilans d'énergie.

### Compétences exigibles

Extraire et exploiter des informations sur un dispositif expérimental permettant de visualiser les atomes et les molécules.

Évaluer des ordres de grandeurs relatifs aux domaines microscopique et macroscopique.

Savoir que l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques.

Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé.

Interpréter les transferts thermiques dans la matière à l'échelle microscopique.  
Exploiter la relation entre le flux thermique à travers une paroi plane et l'écart de température entre ses deux faces.

Établir un bilan énergétique faisant intervenir transfert thermique et travail.

# L'énergie dans le programme de TS

## Économiser les ressources et respecter l'environnement

### Notions et contenus

#### Enjeux énergétiques

Nouvelles chaînes énergétiques.

Économies d'énergie.

### Compétences exigibles

Extraire et exploiter des informations sur des réalisations ou des projets scientifiques répondant à des problématiques énergétiques contemporaines.

Faire un bilan énergétique dans les domaines de l'habitat ou du transport.  
Argumenter sur des solutions permettant de réaliser des économies d'énergie.

# Structure de la séquence de TS

Les choix du groupe Sesames :

- Séparer la partie « énergie » de la partie « mécanique ».
- Traiter les notions relatives à l'énergie dans une seule et même partie.
- 2 chapitres :
  - transferts d'énergie en mécanique
  - énergie interne et transferts thermiques

# Structure de la séquence de TS

## Objectifs principaux de la séquence :

1. Calculer le travail d'une force constante sur un trajet donné et exploiter ses propriétés et sa valeur pour analyser qualitativement ses conséquences sur le mouvement du système.
2. Exploiter le théorème de l'énergie mécanique pour étudier le mouvement du système.
3. Faire le bilan des transferts d'énergie, mécaniques ou thermiques, et des variations des énergies stockées pour analyser une situation du point de vue énergétique.

# Structure de la séquence de TS

- **Chapitre 1** : transferts d'énergie en mécanique



- **Chapitre 2**: énergie interne et transferts thermiques



# Le théorème de l'énergie cinétique

le grand absent du programme officiel en TS...

... que *sesames* choisit d'enseigner quand même.

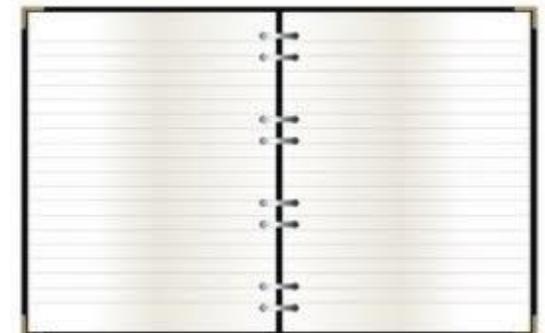
# En mécanique, la conservation de l'énergie s'exprime par le théorème de l'énergie cinétique

Pour un système qui n'échange pas de chaleur,

$$\Delta E_c = \sum W$$

- Ce théorème est donc à mettre en lien avec la conservation de l'énergie, ce n'est pas un autre principe...
- Passer au théorème de l'énergie mécanique impose de distinguer deux types de travaux...

Un exemple d'activité



# Quel statut pour le théorème de l'énergie cinétique ?

- C'est une autre façon d'exprimer la 2<sup>e</sup> loi de Newton
- Théorème au cœur de l'articulation 1S–TS car
  - il fait le lien, comme la 2<sup>e</sup> loi de Newton en TS, entre mouvements et forces
  - le premier principe (TS) en est une généralisation...

# Lien entre la mécanique de Newton et l'énergie

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\int_A^B \sum \vec{F} \cdot d\vec{v} = \int_A^B m\vec{a} \cdot d\vec{v}$$

$$\sum W_{AB}(\vec{F}) = \underbrace{\frac{1}{2}mv_B^2}_{Ec_B} - \underbrace{\frac{1}{2}mv_A^2}_{Ec_A}$$

$$\sum W_{AB}(\vec{F}) = \Delta Ec$$

transferts

stockage

Le théorème de l'Ec est équivalent à la 2<sup>ème</sup> loi de Newton.

Comme la mécanique, il relie mouvements et actions.

Il est aussi une expression de la conservation de l'énergie *pour un système qui n'échange pas de chaleur.*

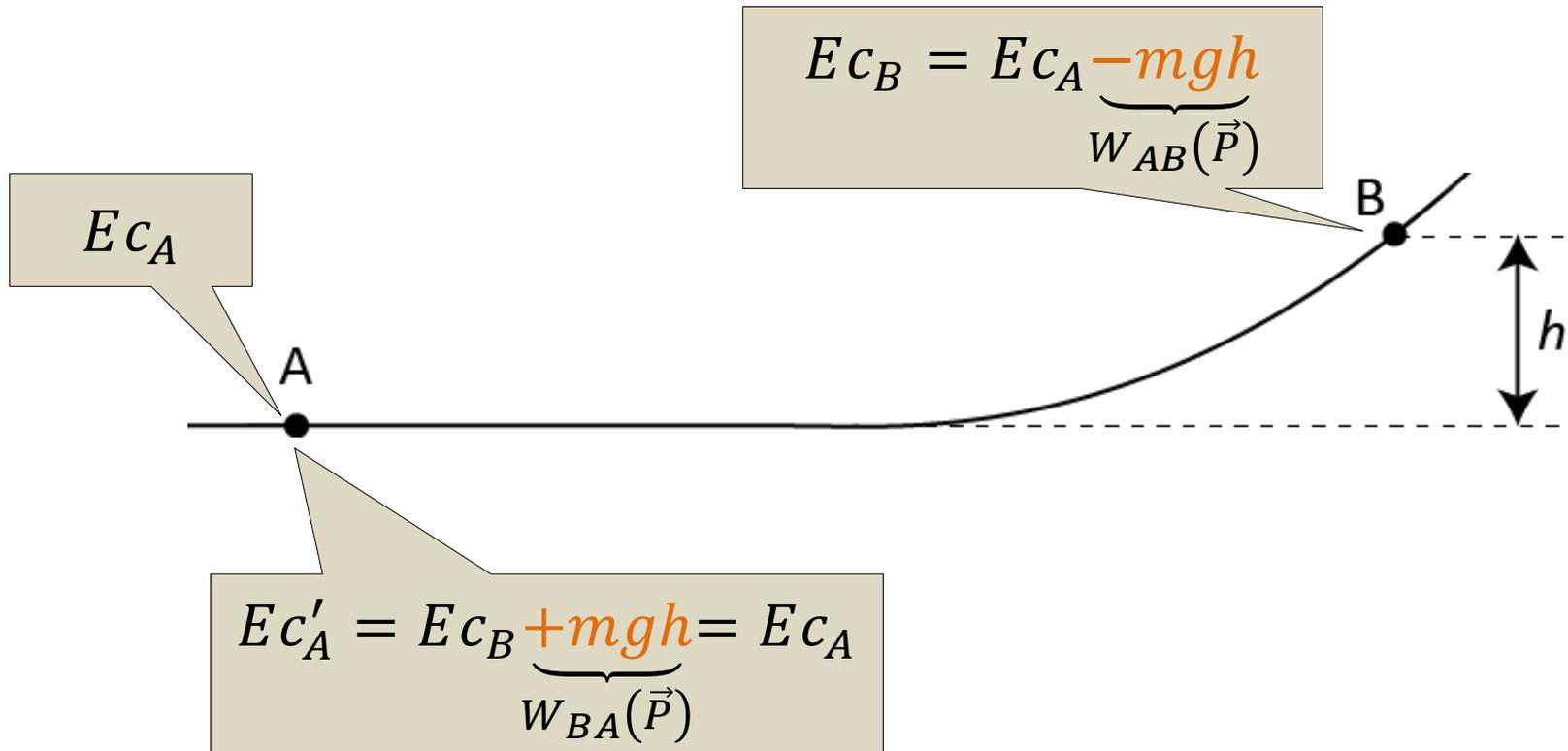
# Distinguer deux types de forces

Un exemple de situation (étudié en TS avec des élèves)



## Deux types de forces

Si les seules forces qui s'exercent sont le poids et la réaction de la piste (*sans frottement*) :



## Deux types de forces

La variation d' $E_c$  due au travail du poids est « compensée » si le système effectue le trajet inverse.

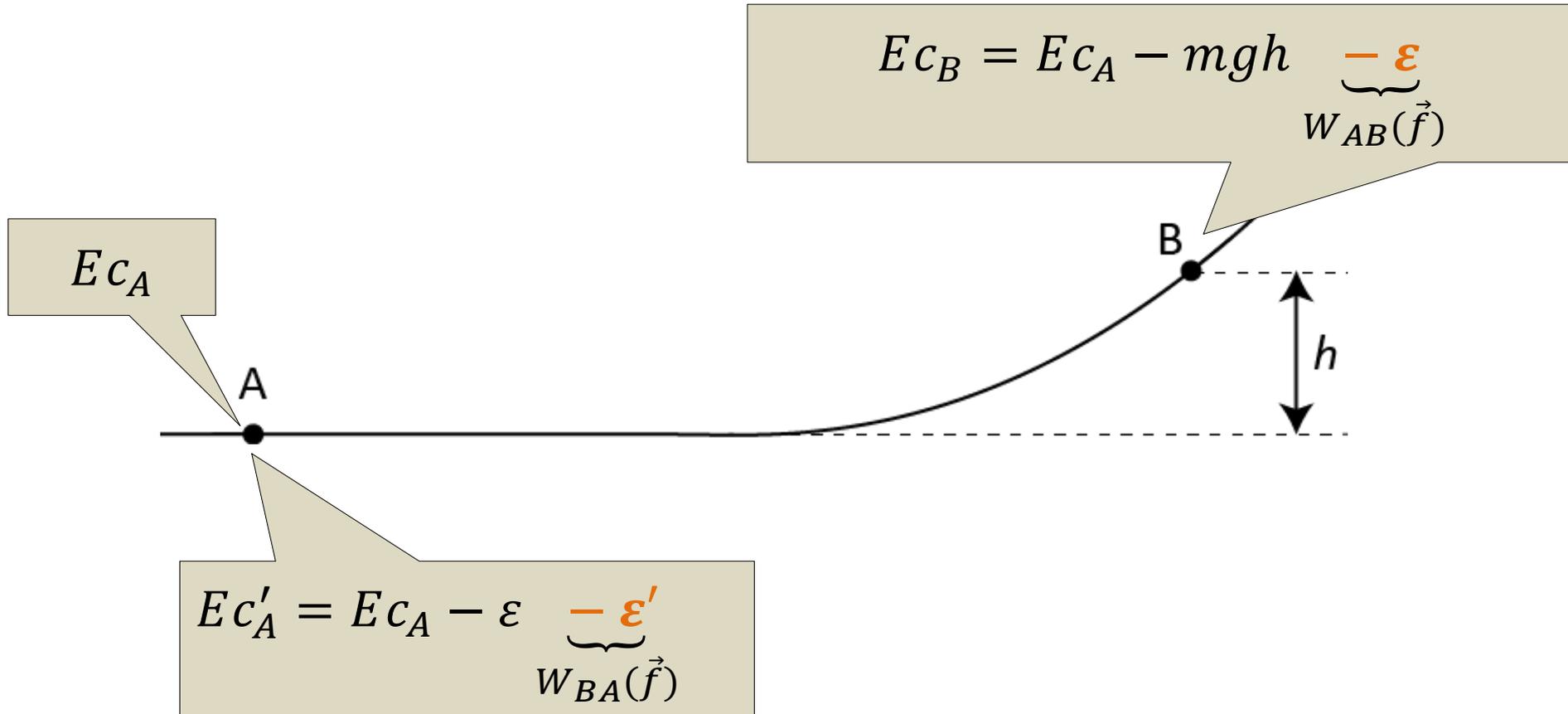
C'est le cas de toutes les forces qui ne dépendent que de la position (*et non pas de la direction ni du sens du mouvement*) du système.

Leur travail ne dépend pas du chemin suivi.

Ce sont les « **forces conservatives** »

# Deux types de forces

Si l'on tient compte des frottements :

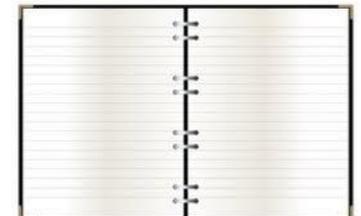


## Deux types de forces

La variation d' $E_c$  due au travail de la force de frottement est irréversible.

C'est le cas de toutes les forces dont le travail dépend du chemin suivi.

Ce sont les « **forces non conservatives** ».



# L'énergie potentielle

$$\Delta E_C = \sum W_{AB}(\vec{F})$$

$$\Delta E_C = \mathbf{W}_{AB}(\vec{F}_C) + W_{AB}(\vec{F}_{NC})$$


$$\Delta E_C - \mathbf{W}_{AB}(\vec{F}_C) = W_{AB}(\vec{F}_{NC})$$

$$\Delta E_C + \mathbf{\Delta E}_p = W_{AB}(\vec{F}_{NC})$$

$W_{AB}(\vec{F}_C)$ , qui est un transfert, est déplacé du côté des énergies stockées.

On obtient la définition générale de l'énergie potentielle :

$$\mathbf{\Delta E}_p = -\mathbf{W}_{AB}(\vec{F}_C)$$

Et donc le théorème de l'énergie mécanique:

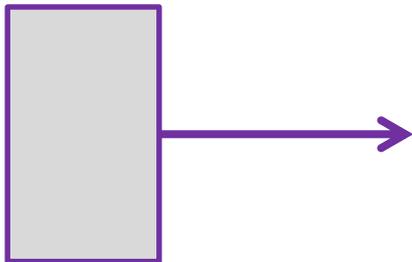
$$\mathbf{\Delta E}_m = \mathbf{W}_{AB}(\vec{F}_{NC})$$

# Une autre façon d'exprimer la différence conservative / non conservative

$W_{AB}(\vec{F})$   
quantifie :

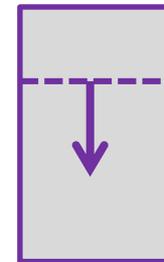
$$W_{AB}(\vec{F}_{NC}) = \Delta E_m$$

un transfert d'énergie  
de ou vers l'extérieur  
système



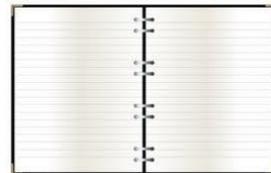
$$W_{AB}(\vec{F}_C) = -\Delta E_p$$

un changement  
de forme d'énergie  
interne au système



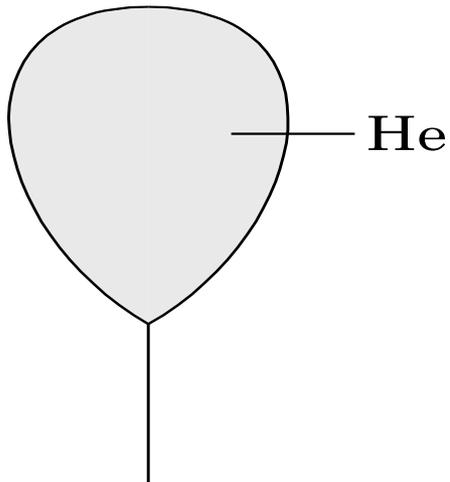
# De l'insuffisance de l'énergie mécanique et de la nécessité de l'énergie interne

- *William : Ce qui est bien avec le four c'est que même lorsque tu l'éteins il continue à te fournir l'énergie qu'il a emmagasinée ;*
- *James : Non ce n'est pas possible, il ne peut pas te fournir de l'énergie juste parce qu'il est chaud puisqu'en physique on a vu que l'énergie stockée était soit cinétique soit potentielle !*
- *William : Qui te dit que cette énergie n'est ni cinétique ni potentielle ?*

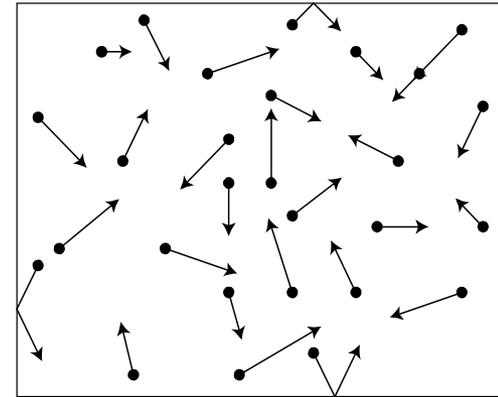


# L'énergie interne

ce que l'on voit à l'échelle macro :



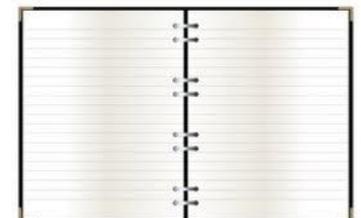
ce que l'on sait à l'échelle **micro** :

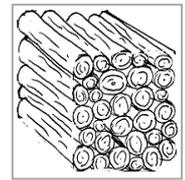
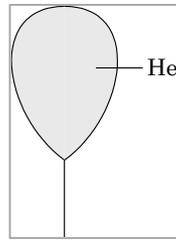
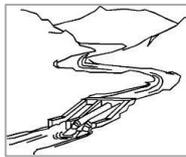


Au repos, le ballon d'hélium a-t-il de l'énergie ?

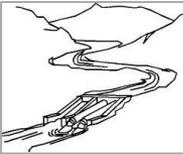
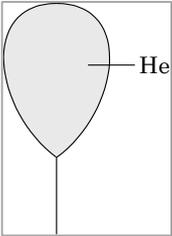
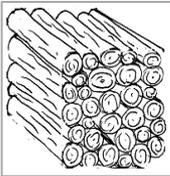
# L'énergie interne

Énergie...	cinétique	Potentielle
MACROscopique	Énergie mécanique	
MICROscopique	Énergie interne	





	Cinétique	Potentielle
Énergie macro		
Énergie micro		
Énergie interne		

	Cinétique	Potentielle
Énergie macro	 	 
Énergie micro	 	 
<b>Énergie interne</b>		

## B- Une nouvelle formulation de la conservation de l'énergie

### B1. Principe de conservation de l'énergie

L'énergie totale d'un système est la somme des énergies cinétique, potentielle et interne :  $E_{tot} = E_c + E_p + U$

**Cette énergie totale est constante pour un système dit isolé (pas d'échange avec l'extérieur) :**

$$\Delta E_{tot} = 0$$

### B2. Transferts d'énergie

On distingue deux modes de transfert d'énergie entre deux systèmes :

- **Le travail  $W$**  : c'est le mode de transfert entre **deux systèmes qui interagissent mécaniquement**
- **Le transfert thermique  $Q$** , étudié en 1<sup>ère</sup> S et développé au paragraphe C ci-dessous.

### B3. Bilan énergétique

Un transfert d'énergie est représenté par une flèche au-dessus de laquelle on indique le type de transfert.

Le sens de la flèche indique le transfert "vers" le système mais le transfert est une valeur algébrique :

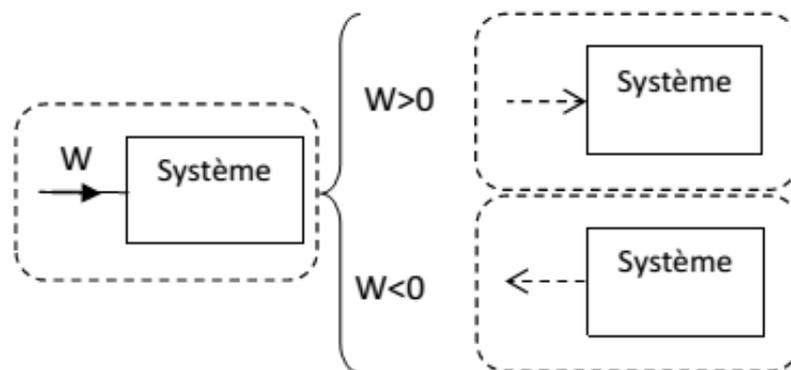
- si  $W > 0$ , le transfert est effectivement reçu
- si  $W < 0$ , le transfert est effectivement fourni.

Le principe de conservation de l'énergie implique que si un système gagne de l'énergie, elle lui a été cédée par un autre système.

La variation de l'énergie totale d'un système est égale à la somme des énergies qui lui ont été transférées, que ces transferts soient reçus ou fournis effectivement :  $\Delta E_{tot} = W + Q$

Si le **système est au repos**, seule son énergie interne est susceptible de varier :

$$\Delta U = W + Q$$



# Le th de l'énergie mécanique et le premier principe de la thermodynamique

Mise en équation de la conservation de l'énergie

On écrit souvent :

$$\Delta E_c + \Delta E_p + \Delta U = W + Q$$

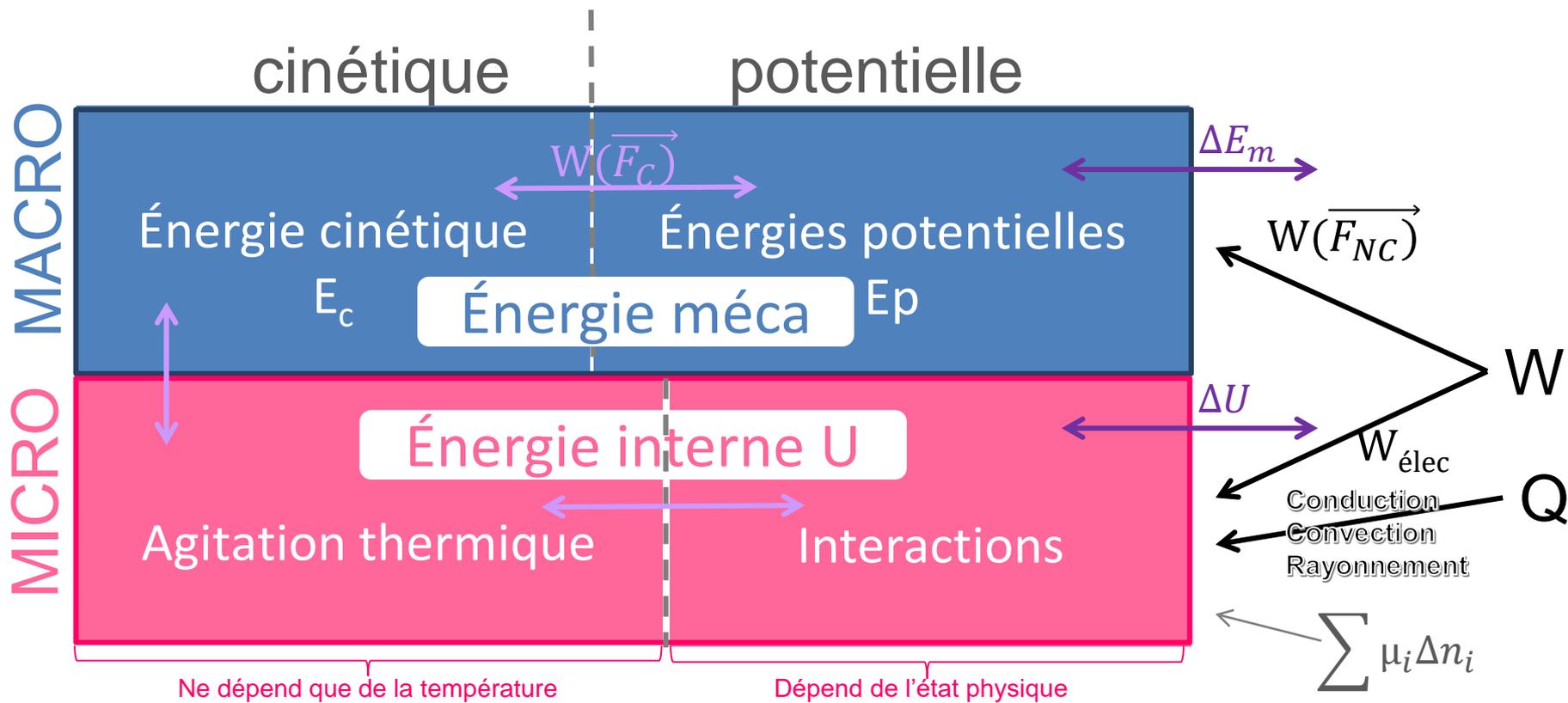
La variation de l'énergie stockée par le système...

...est la somme des transferts entre lui et l'extérieur.

?

Travail des forces **non conservatives**.

ues du  
sition



## Une difficulté : le mot « chaleur »

Dans le langage quotidien :

Chauffer = augmenter la température de...

En physique :

**chaleur = transfert d'énergie** par conduction, convection ou rayonnement

On peut très bien avoir  $Q \neq 0$  et  $\Delta T = 0$  (ou l'inverse)

Donc en physique

**Chauffer peut avoir d'autres effets observables qu'une élévation de température**

Conséquences :

Pour maintenir à ébullition, il faut chauffer ?

L'eau qui bout à  $100^\circ\text{C}$ , elle chauffe ?

## Une difficulté : le mot « chaleur »

Parfois, dans le langage du professeur de physique aussi...

Chaleur = augmentation de température

Exemples de phrases que nous prononçons souvent (sauf quand nous enseignons l'énergie !)

- « l'énergie est dissipée par effet Joule sous forme de chaleur »
- « l'énergie perdue à cause des frottement *est devenue de la chaleur* »
- « une réaction exothermique dégage de la chaleur »

**Dans toutes ces phrases, on confond « chaleur » et *augmentation de l'énergie interne* !**

# Une autre conséquence de la confusion chaleur / température



La poignée en caoutchouc est plus chaude  
que la partie métallique du guidon...  
Ont-elle la même température ?

**Le toucher est un très mauvais thermomètre...**

Dans la vie courante on désigne par la température ce qui est en physique un transfert thermique perçu...

## **Activité élèves :**

Reformuler, interpréter en physique des situations et affirmations courantes...

Si on touche la partie métallique du guidon d'un Vélo'V « on a bien plus froid » que si on touche les poignées en caoutchouc.

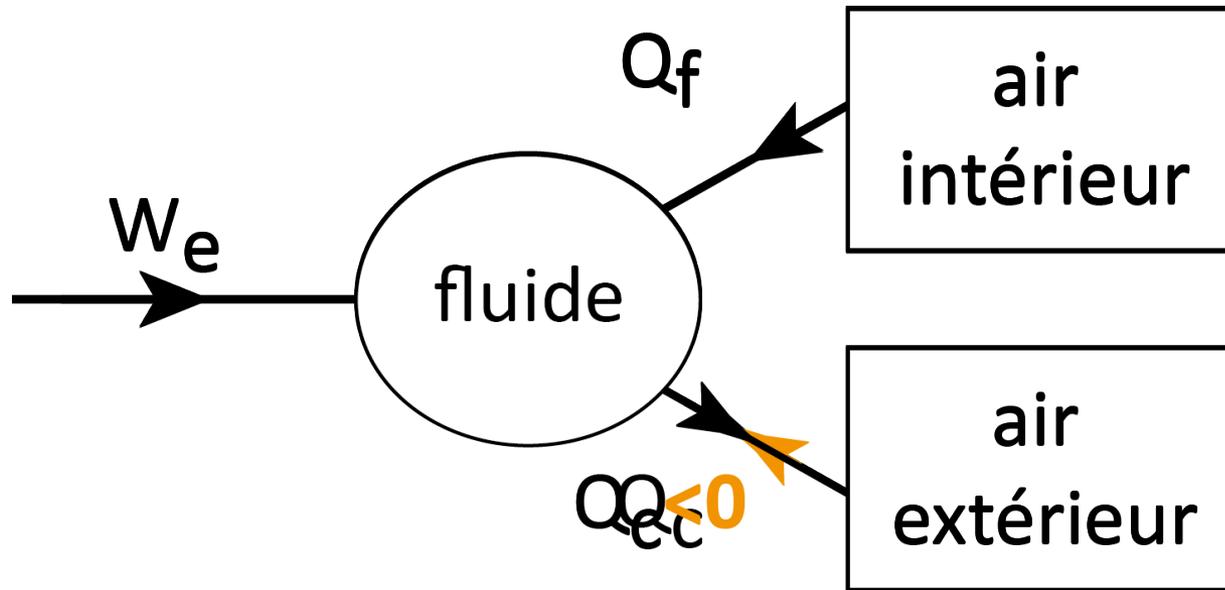
- La température du guidon est-elle la même partout (le Vélo'V étant en station depuis quelques heures...) ?
- Quel phénomène est responsable de la sensation « de froid » lorsque l'on touche le guidon ?



# Une autre difficulté : algébriser les transferts ?

Exemple de la machine frigorifique

Enfin, algébriser par convention...



$$W_e = W_e \quad Q_f = Q_f \quad Q_c = -Q_c = 0$$