

Enseigner l'énergie en cycles 3 et 4

*Quels fils tisser ?
Quelles cohérences ?*

*Cécile Dussine
Laure Lucas-Fradin
Jacques Vince*



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

©Fabrice Erre

<http://pegase.ens-lyon.fr/>





Je me sens à l'aise
pour enseigner le sujet



Pour les élèves,
c'est **plus difficile**
qu'un autre sujet



Pour les élèves,
c'est **plus facile**
qu'un autre sujet

Je ne me sens pas à l'aise
pour enseigner le sujet



Pourquoi vous-êtes vous inscrite ou inscrit à cette formation ?



■ Les présentations, pour ne pas avancer masqués



Quelque chose
que j'aimerais
que les élèves
sachent à la fin

Une difficulté
d'élève
que j'ai
observée

Ce que nous visons aujourd'hui

- Prendre le temps de réfléchir aux spécificités du sujet
- Expliciter des idées initiales, les difficultés d'apprentissage, les comprendre et les prendre en charge
- Interroger et croiser nos pratiques, les maintenir éventuellement en pouvant les justifier
- Fournir un ensemble de situations d'apprentissage et d'outils
- Faire de la physique pour comprendre plus finement ce que nous enseignons...
- Partager certaines de nos productions encore en chantier...

Ce que vous n'aurez pas aujourd'hui...

- Des positions dogmatiques
- Des solutions à tous les problèmes d'apprentissage que vous avez rencontrés sur le sujet
- Des astuces pour gagner du temps !
- Le temps de tout digérer...

Sommaire

- 1 - L'énergie, un concept de physique
 - Découvrir les propriétés de l'énergie
 - Définition / Éclairages théoriques
- 2 - Convenir d'un vocabulaire (suite)
 - Un quizz pour se mettre d'accord
 - Un concept de physique ? Pas seulement...
- 3 - Utilisation d'un modèle de l'énergie
- 4 - Les programmes et la progression
- 5- Exemples d'activités par niveau

Sommaire

- **1 - L'énergie, un concept de physique**
 - Découvrir les propriétés de l'énergie
 - Définition / Éclairages théoriques
- 2 - Convenir d'un vocabulaire (suite)
 - Un quizz pour se mettre d'accord
 - Un concept de physique ? Pas seulement...
- 3 - Utilisation d'un modèle de l'énergie
- 4 - Les programmes et la progression
- 5- Exemples d'activités par niveau

1- L'énergie un concept de physique

a- À la découverte des propriétés de l'énergie

« activité étiquettes » (Pégase)

►► Vous avez 4 objets présentés sur des étiquettes.
Cocher les actions possibles de l'objet par rapport à l'énergie.



Un chargeur



Une lampe à manivelle



Un pile



Un téléphone portable

►► Puis définir de manière simple les verbes :
- stocker - transférer - convertir - conserver

1- L'énergie un concept de physique

a- À la découverte des propriétés de l'énergie

« activité étiquettes » (Pégase)



Un chargeur

- reçoit de ...
- fournit de ...
- transfère de
- stocke de
- convertit de en
- conserve de



Cette lampe-manivelle

- reçoit de ...
- fournit de ...
- transfère de
- stocke de
- convertit de en
- conserve de



La pile

- reçoit de ...
- fournit de ...
- transfère de
- stocke de
- convertit de en
- conserve de



Le téléphone

- reçoit de ...
- fournit de ...
- transfère de
- stocke de
- convertit de en
- conserve de

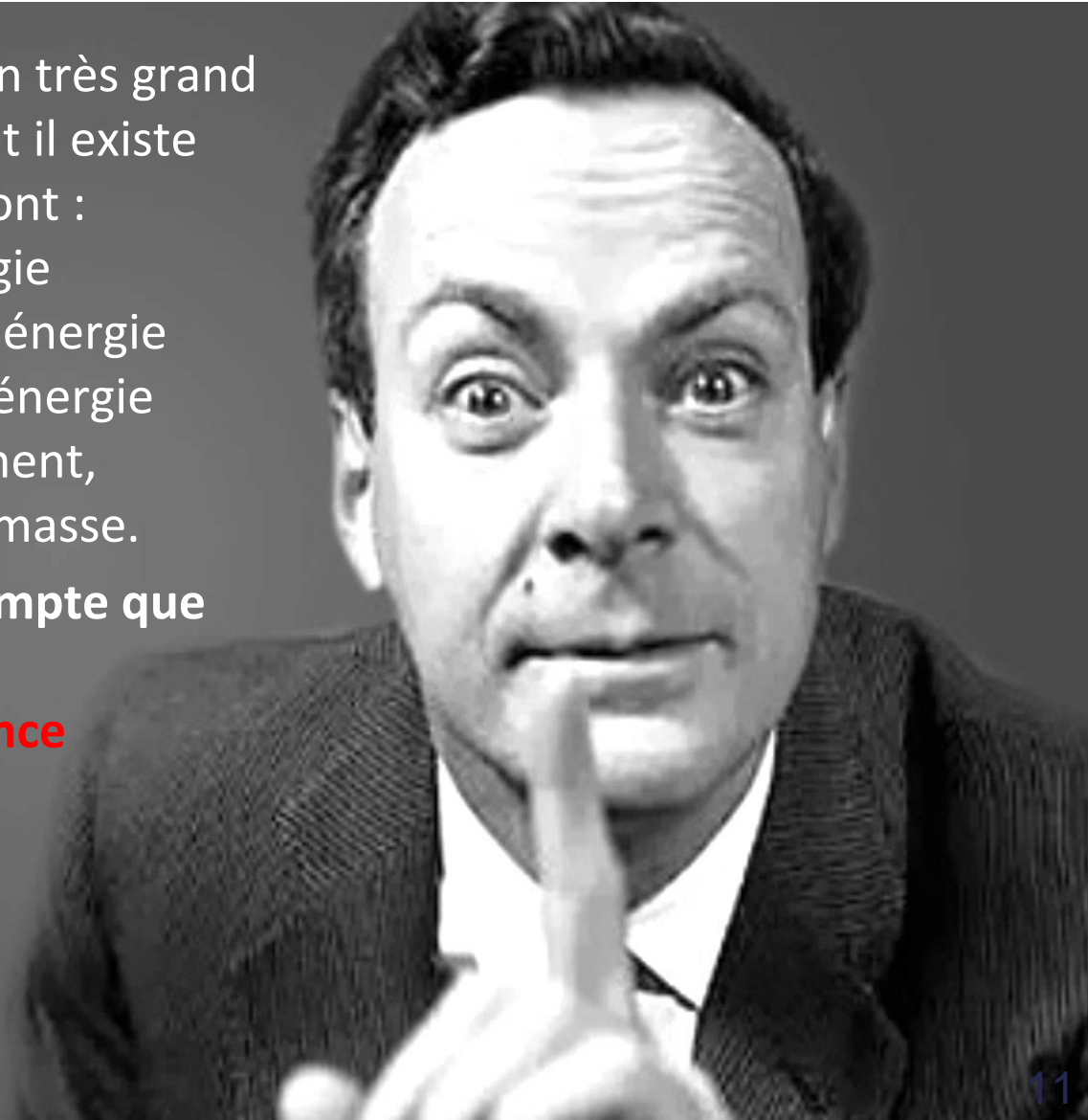
1- L'énergie un concept de physique

b- À la recherche d'une définition

Enseigner quelque chose qu'on a du mal à définir ?

« L'énergie **nous apparaît** sous un très grand nombre de formes différentes, et il existe une formule pour chacune. Ce sont : l'énergie gravitationnelle, l'énergie cinétique, l'énergie thermique, l'énergie élastique, l'énergie électrique, l'énergie chimique, l'énergie de rayonnement, l'énergie nucléaire, l'énergie de masse.

Il est important de se rendre compte que dans la physique d'aujourd'hui, **nous n'avons aucune connaissance de ce qu'est l'énergie** »



1- L'énergie un concept de physique

b- À la recherche d'une définition

Classe-fiction

En fin de 3^e,

un élève vous demande une définition de l'énergie.

Vous lui répondez quoi ?



1- L'énergie un concept de physique

b- À la recherche d'une définition

Définir l'énergie : mission impossible ?

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 [...] »*



Une définition qui
escamote la
compréhension.

Mais qui peut être
assumée
quant à sa propriété de
conservation...

...si on la fait vivre

1- L'énergie un concept de physique

b- À la recherche d'une définition

Définir l'énergie : mission impossible



1- L'énergie un concept de physique

b- À la recherche d'une définition

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 ou pour mieux dire de la grandeur physique nouvelle que par définition la fonction en question mesure. C'est l'une de ces grandeurs qui a pour nom **énergie**.

Bernard d'Espagnat, "Concepts et théories de la physique moderne"

1- L'énergie un concept de physique

b- À la recherche d'une définition

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).

Bernard d'Espagnat

1- L'énergie un concept de physique

c- Que faire de la conservation ?

La conservation d'une grandeur amène à faire des **bilans**

- Le seul **système** qui a son énergie qui se conserve est l'univers...
- En pratique, pour les systèmes courants l'énergie ne se conserve pas, sauf à considérer des systèmes *isolés*...

D'ailleurs, *isolé* du point de vue de l'énergie ou *isolé* du point de vue de la mécanique ?
Comment sait-on qu'un système est isolé, puisqu'il n'est impliqué dans aucun transfert ?



2 difficultés à expliciter

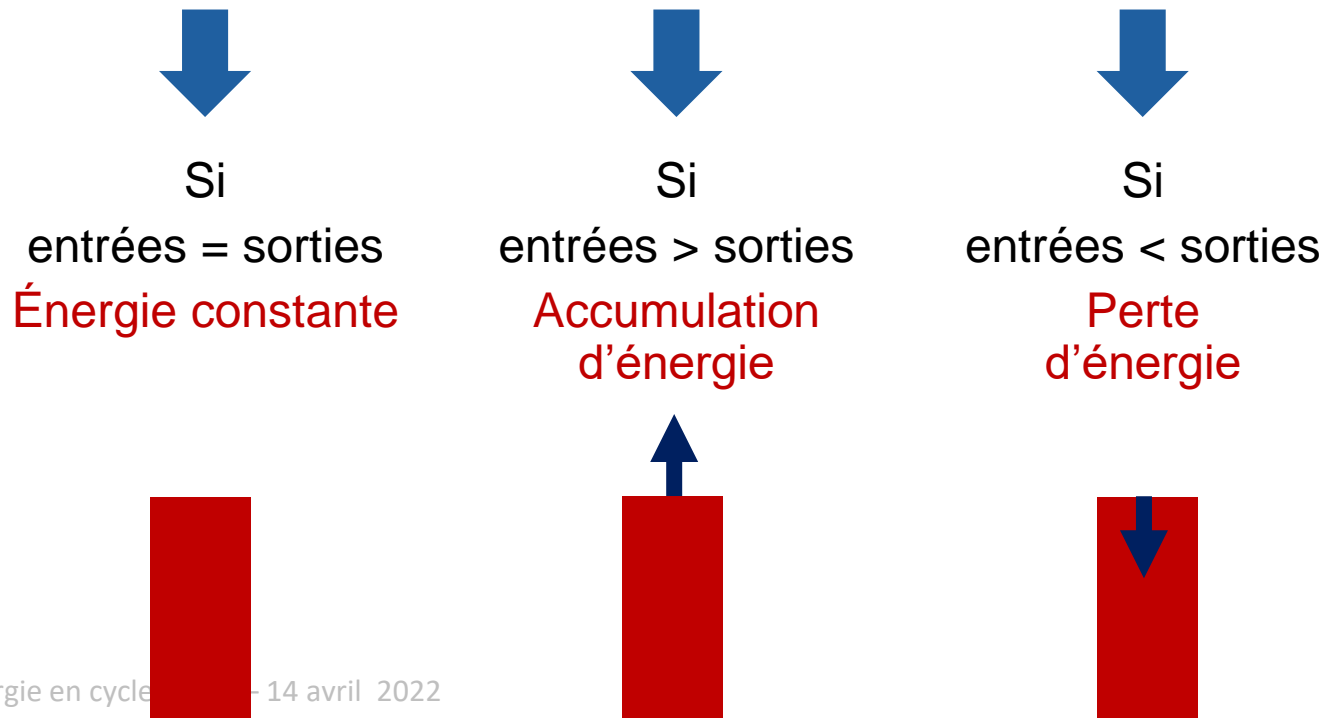
- Comme pour tout bilan, il va falloir :
 - fixer deux états (initial et final)
 - quantifier des quantités entrantes et des quantités sortantes

1- L'énergie un concept de physique

c- Que faire de la conservation ?

La conservation d'une grandeur amène à faire des **bilans**

- Un **système** qui a son énergie qui se conserve a peu d'intérêt
- Dans les situations d'étude, il se passe quelque chose : dire que l'énergie se conserve c'est dire que tout ce qui arrive vient d'ailleurs et que tout ce qui part va ailleurs...



1- L'énergie un concept de physique

c- Que faire de la conservation ?

La conservation d'une grandeur amène à faire des **bilans**

Une autre façon d'exprimer la conservation est donc de dire

$$\Delta E = \sum \text{ce qui est reçu et donné}$$

*variation de l'énergie **stockée***

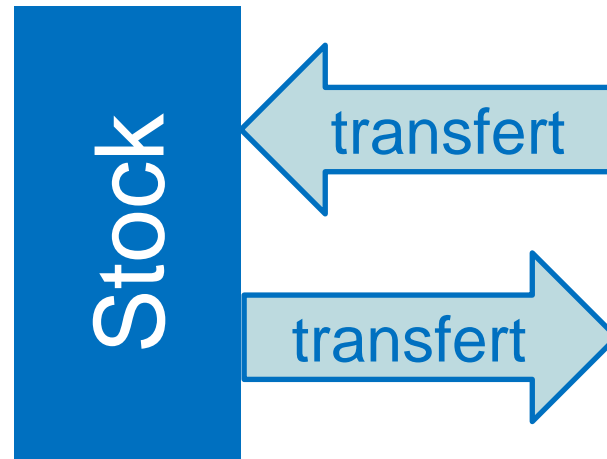
*somme de tous les **transferts (reçus ou donnés)***

1- L'énergie un concept de physique

c- Que faire de la conservation ?

Conservation, stockage, transfert

De la définition de l'énergie (la **conservation**)
découlent donc les notions de **stockage** et de
transferts



1- L'énergie un concept de physique

c- Que faire de la conservation ?

Conversion ou transfert ?

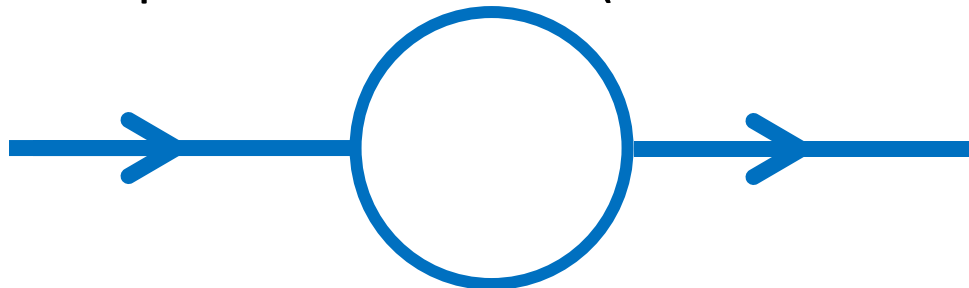
Le transfert désigne une entrée ou une sortie d'un système :
il modélise le passage d'énergie, sans stockage.



Certains dispositifs ont pour fonction de changer le mode de transfert :

on les nomme *convertisseurs*

ils n'ont pas la capacité de stocker (ou alors on distingue les 2 fonctions)



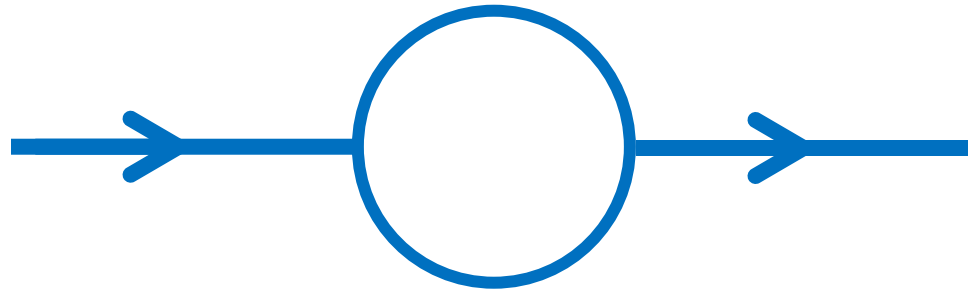
1- L'énergie un concept de physique

c- Que faire de la conservation ?

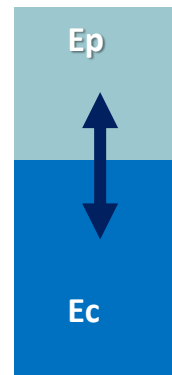
Conversion ou transformation ?

La conversion concerne les transferts :

un transfert amont et un transfert aval



Littéralement la transformation est le changement de *forme* au sein d'un réservoir.



1- L'énergie un concept de physique

c- Que faire de la conservation ?

« activité étiquettes » : **DÉFINITIONS**

Modifier le type de transfert d'énergie

↳ convertir

Déplacer l'énergie d'un système à un autre

↳ transférer

Garder une énergie sans modifier sa forme

↳ stocker

Tout ceci se fait avec CONSERVATION

1- L'énergie un concept de physique

d- La conservation de l'énergie mécanique

Le théorème de l'énergie cinétique et son lien avec la 2^{ème} loi de Newton

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\sum \vec{F} \cdot \vec{v} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \vec{v} = m \frac{d}{dt} \left(\frac{v^2}{2} \right)$$

$$\int_{t_A}^{t_B} \sum \vec{F} \cdot \vec{v} dt = m \int_{t_A}^{t_B} \frac{d}{dt} \left(\frac{v^2}{2} \right) dt$$

$$\sum W_{AB}(\vec{F})$$

$$\sum \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} = \left[\frac{1}{2} m v^2 \right]_{v_A}^{v_B}$$

$$\Delta E_C$$

$$\sum W_{AB}(\vec{F}) = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2$$

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

1- L'énergie un concept de physique

d- La conservation de l'énergie mécanique

Le théorème de l'énergie cinétique et son lien avec la 2^{ème} loi de Newton

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

grandeurs liées
aux actions
extérieures

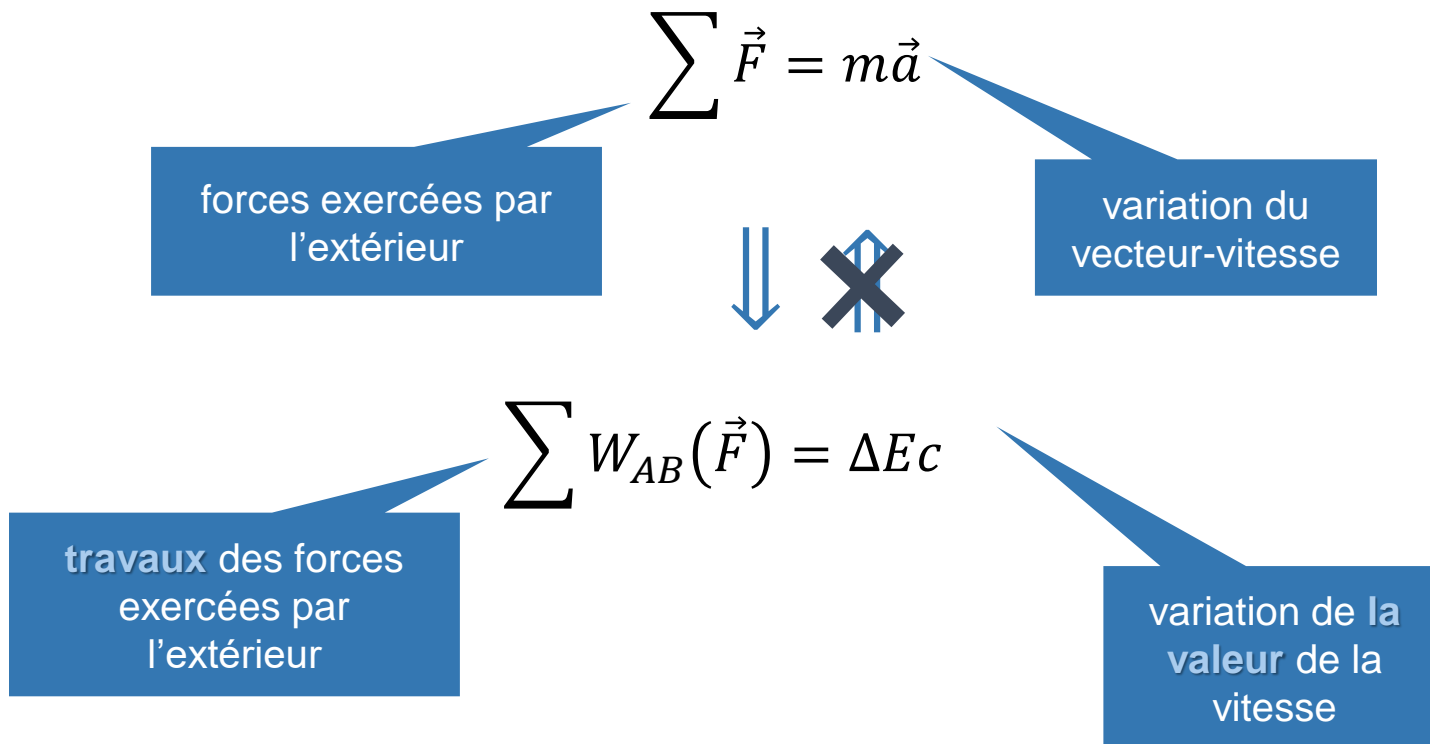
grandeurs qui traduisent
un « changement dans le
mouvement »

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

1- L'énergie un concept de physique

d- La conservation de l'énergie mécanique

Le théorème de l'énergie cinétique et son lien avec la 2^{ème} loi de Newton



1- L'énergie un concept de physique

d- La conservation de l'énergie mécanique

Le théorème de l'énergie cinétique : **une loi de conservation**

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

variation d'énergie
stockée

somme des énergies
transférées

Le théorème de l'Ec est un cas particulier de conservation de l'énergie, pour un système qui n'échange pas de chaleur

1- L'énergie un concept de physique

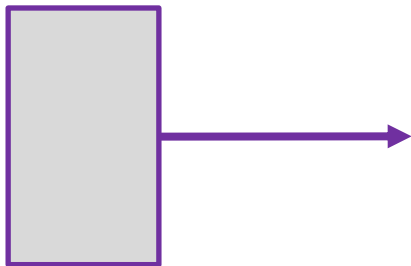
d- La conservation de l'énergie mécanique

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

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

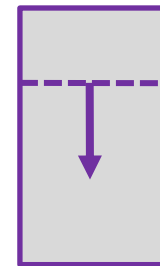
$$W_{AB}(\vec{F}_{NC}) = \Delta E_m$$

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



1- L'énergie un concept de physique

d- La conservation de l'énergie mécanique

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...

1- L'énergie un concept de physique

d- La conservation de l'énergie mécanique

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...

1- L'énergie un concept de physique

b- Éclairages théoriques : du collège au lycée, quels liens ?

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

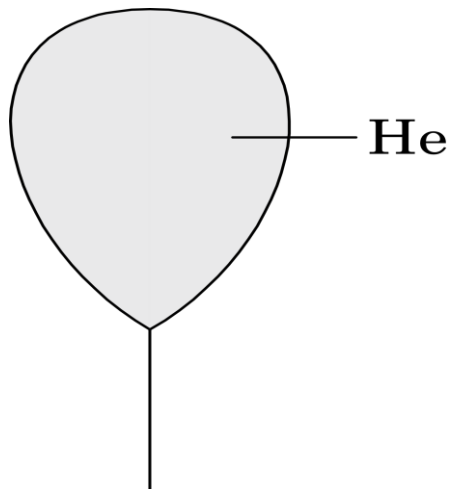
- *William : Ce qui est bien avec le four c'est que même lorsque tu l'éteins il continue à te fournir l'énergie qu'il a emmagasinée ;*
- *James : Non ce n'est pas possible, il ne peut pas te fournir de l'énergie juste parce qu'il est chaud puisqu'en physique on a vu que l'énergie stockée était soit cinétique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

1- L'énergie un concept de physique

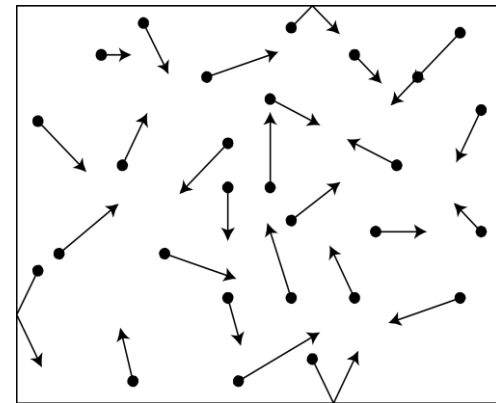
b- Éclairages théoriques : du collège au lycée, quels liens ?

L'énergie interne

ce que l'on voit à l'échelle macro :



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

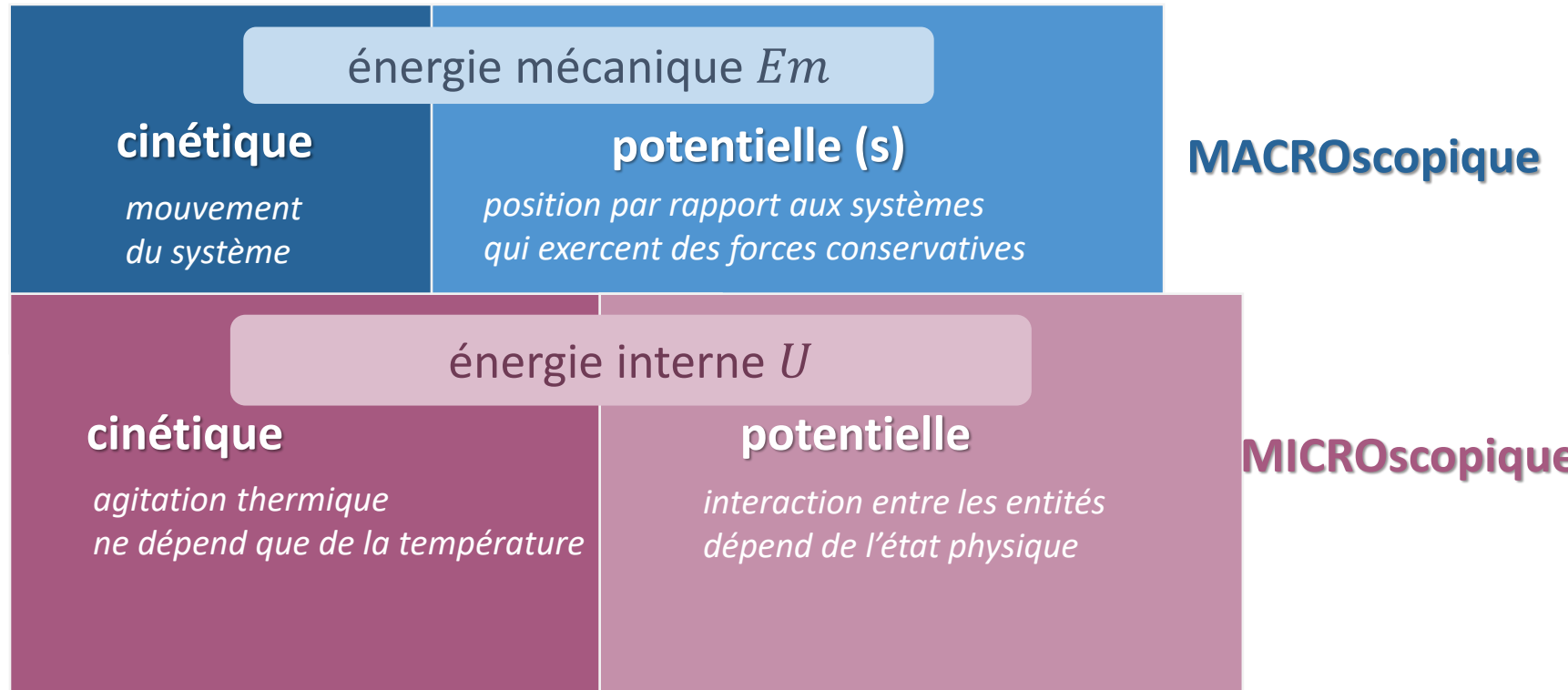


Au repos, le ballon d'hélium a-t-il de l'énergie ?

1- L'énergie un concept de physique

b- Éclairages théoriques : du collège au lycée, quels liens ?

Enseigner l'énergie interne



1- L'énergie un concept de physique

b- Éclairages théoriques : du collège au lycée, quels liens ?

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

Mise en équation de la conservation de l'énergie

Le premier principe d'écrit souvent :

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

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

Non
du

?

Travail des forces **non conservatives**.

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

es du
tion

Sommaire

- 1 - L'énergie, un concept de physique
 - Découvrir les propriétés de l'énergie
 - Définition / Éclairages théoriques
- **2 - Convenir d'un vocabulaire (suite)**
 - Un quizz pour se mettre d'accord
 - Un concept de physique ? Pas seulement...
- 3 - Utilisation d'un modèle de l'énergie
- 4 - Les programmes et la progression
- 5- Exemples d'activités par niveau

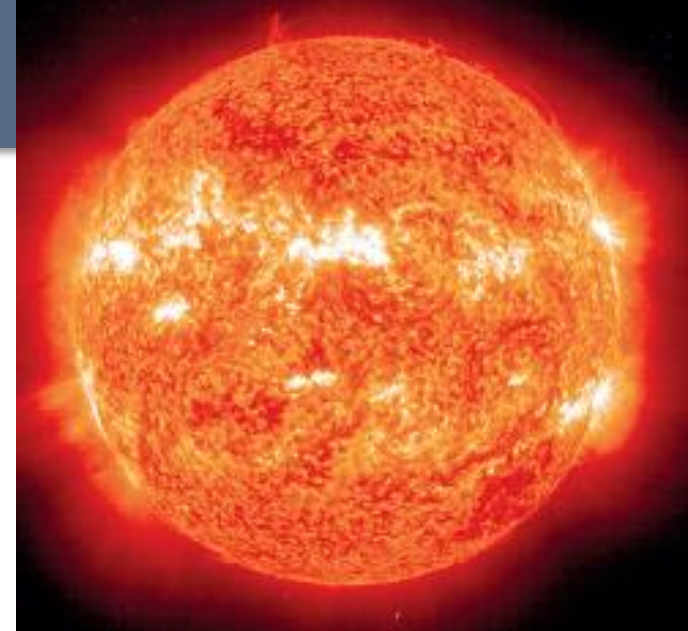
2- Convenir d'un vocabulaire

a- Un quizz pour se mettre d'accord

Question 1

Du point de vue de l'énergie,
le soleil

1. est une ressource renouvelable
2. ne transfère de l'énergie que par rayonnement
3. permet également de disposer d'énergie hydraulique grâce aux barrages
4. n'a rien à voir avec les ressources fossiles que nous utilisons abondamment



1

2

3

4

2- Convenir d'un vocabulaire

a- Un quizz pour se mettre d'accord

Question 2

Une pile à combustible fonctionne avec un réservoir de dihydrogène.

Le dihydrogène

1. est un réservoir d'énergie chimique
2. est une ressource d'énergie renouvelable
3. est une ressource d'énergie naturelle
4. est disponible en tellement grande quantité qu'il permettra de résoudre le problème de l'épuisement des ressources



1

2

3

4

2- Convenir d'un vocabulaire

a- Un quizz pour se mettre d'accord



Question 3

Les ressources fossiles

1. sont des réservoirs d'énergie chimique
2. ne transfèrent de l'énergie que par rayonnement lors de leur combustion
3. existent grâce à l'énergie transférée par le Soleil il y a longtemps
4. sont renouvelables

1

2

3

4

2- Convenir d'un vocabulaire

a- Un quizz pour se mettre d'accord



Question 4

L'électricité

1. est une forme d'énergie
2. est un mode de transfert de l'énergie
3. peut être produite à partir de différentes sources d'énergie, renouvelables ou non
4. est un phénomène pouvant être caractérisé par la grandeur puissance

1

2

3

4

2- Convenir d'un vocabulaire

a- Un quizz pour se mettre d'accord

Question 5

La lumière

1. est un mode de transfert d'énergie parmi d'autres
2. est une forme d'énergie
3. est forcément produite grâce à l'électricité
4. s'accompagne généralement de transfert thermique



1

2

3

4

Quelques questions...

- 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 ?

2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

Un mot de la vie courante...

qui véhicule des significations

Les 1000 sens du mot *énergie*

- Une marchandise
- Un enjeu géopolitique
- Quelque chose que personne n'a vue mais qui semble essentiel
- Un mot ouvert à toutes les métaphores
- Un concept partagé entre disciplines scientifiques
- Un concept de physique !



2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

L'énergie est un concept... qui vit dans le langage

- Des usages métaphoriques :

j'ai pas l'énergie de

quelle énergie !

l'énergie du désespoir...



- On produit, on consomme (pas de distinction avec l'entropie)
- On paye l'énergie
- Des hybridations avec d'autres concepts



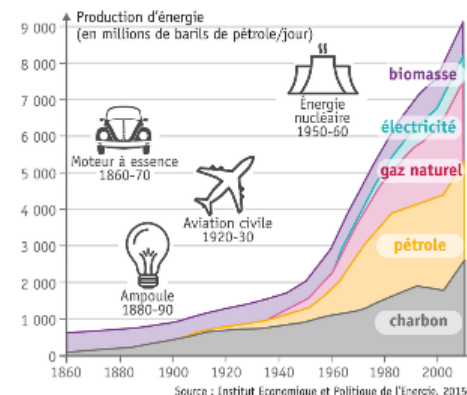
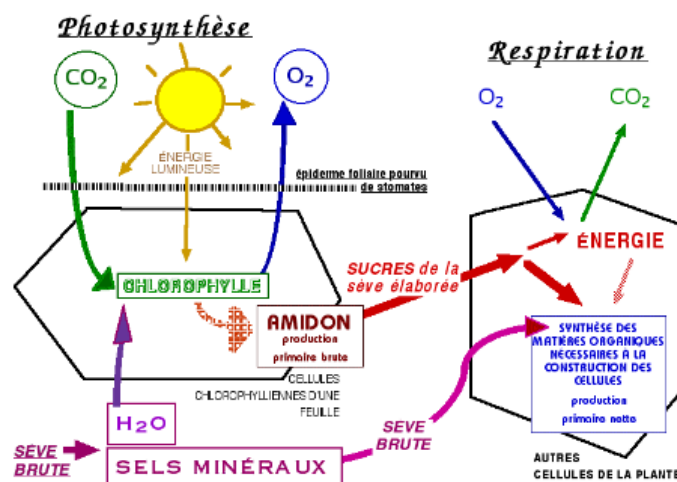
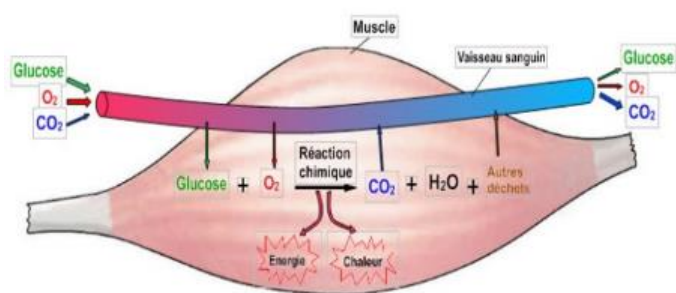
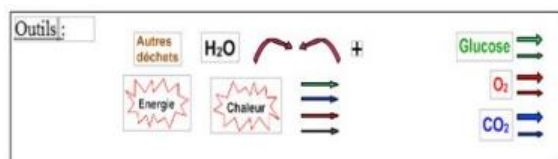
On ne peut pas enseigner
en ignorant ces usages



2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

L'énergie est un concept... qui vit ailleurs à l'école...



2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

Finalemment

- Un sens scientifique
- Un sens technologique et économique (sources, usage, souvent en *tep* ou *calorie*)

La facture d'énergie, l'énergie qu'on n'utilise pas est de l'énergie qui ne pollue pas

- Un sens commun (état de forme ou état psy)

Force courage et énergie ! De l'énergie pour penser et se dépenser.

- Un sens pseudo-scientifique (bonne ou mauvaise énergie...)


énergie « psychokinétique » ou « cosmique »

Le kiaï, c'est le cri qui concentre toute ton énergie en un seul mouvement, rééquilibre les énergies, l'énergie tellurique de la maison

2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

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... 
- ...

2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

Des ordres de grandeurs difficiles à manipuler...

Des comparaisons difficiles des quantités d'énergie :

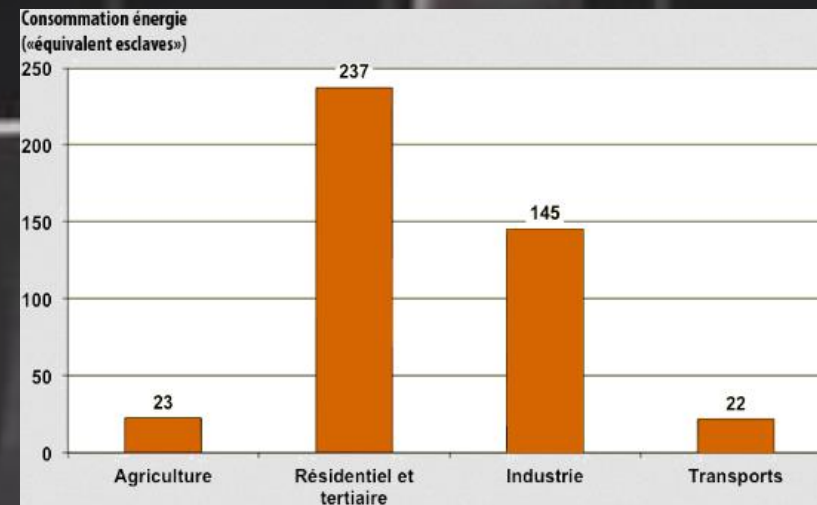
- pas seulement à cause de la diversité d'unités
- mais aussi du fait de la variétés des phénomènes



Combien consomme un travail humain très physique par jour ?

(5 kWh)

Combien produit-il ?



2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

Omniprésence et variétés d'usage : une chance ?

- S'appuie-t-on sur ces différentes significations ?
- De quels savoirs communs avons-nous besoin ?
- Quels savoirs communs visons-nous ?

2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

Quels sont les concepts premiers et les événements sur lesquels bâtir notre enseignement ?

- Des objets associés à l'énergie
 - Mais lesquels le sont pour nos élèves ?
- Des événements associés à l'énergie
 - Une association privilégiée à l'électricité
- Des termes courants dont le sens doit parfois être précisé
 - température, lumière, électricité, briller, chauffer, se déplacer, brûler, recharger, consommer, stocker...

2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

Des contextes d'usage variés

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



| LES DIVERSES FORMES D'ÉNERGIE | |
|-------------------------------|----|
| Énergie cinétique | 9 |
| Énergie de gravitation | 9 |
| Énergie élastique | 9 |
| Travail | 9 |
| Énergie calorifique | 10 |
| Énergie électrique | 10 |
| Énergie radiative | 10 |
| Énergie chimique | 10 |
| Énergie nucléaire | 11 |

2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

Qu'est-ce qu'une forme d'énergie ?

- Première classification (celle des programmes) : toute énergie pouvant être transférée ou stockée
 - dont én. électriques, lumineuses...
 - mais confond énergie et transfert d'énergie
- Deuxième(s) classification(s) : ce qui est stocké

Classification par sources

Référent matériel ou événement ou mode de production :

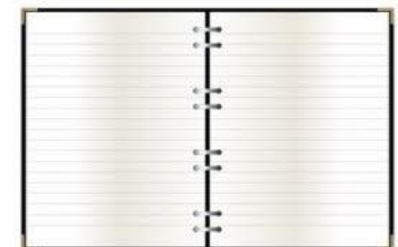
- fossiles
- nucléaire
- éolienne
- biomasse
- géothermique
- solaire
- Hydraulique, marémotrice

Classification par des domaines de physique :

- mécanique
- thermique
- électrostatique
- chimique
- nucléaire

Classification théorique :

- cinétique vs
- potentielle
- micro vs
- macro



2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

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

Idéalement, les élèves devraient apprendre à maîtriser le passage d'une classification à l'autre...

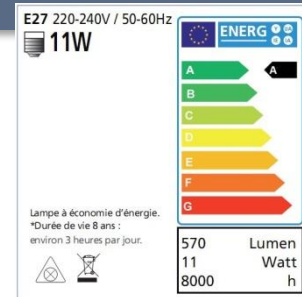
| | | Formes d'énergie | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------|---|---|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|----------|-----------|--|--|
| | | 1 ^{ère} classification | | | | 2 ^e classification | | | | | | |
| | | cinétique | | potentielle | | Mécanique | Thermique | Électrostatique | Chimique | Nucléaire | | |
| | | micro | macro | micro | macro | | | | | | | |
| Ressources... | ...non renouvelables | Pétrole, charbon, gaz naturel (ressource fossile) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | | Uranium (ressource nucléaire) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| | ...renouvelables | | Air en mouvement, vent (ressource éolienne) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| | | | Biomasse (ressource de la biomasse) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| | | | Terre (ressource géothermique) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| | | | Soleil (ressource solaire) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| | | | Eau retenue (ressource hydraulique) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| | | | Eau en déplacement (ressource hydraulique) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |
| | | | Marées (ressource marémotrice) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | |

2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

$$\Delta E = W + Q$$

énergie



Communauté scientifique

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

Communauté des citoyens et de la vie quotidienne

Des « enjeux de société »

- Une variété de disciplines convoqués, 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 ?

2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

Une vigilance accrue pour la modélisation



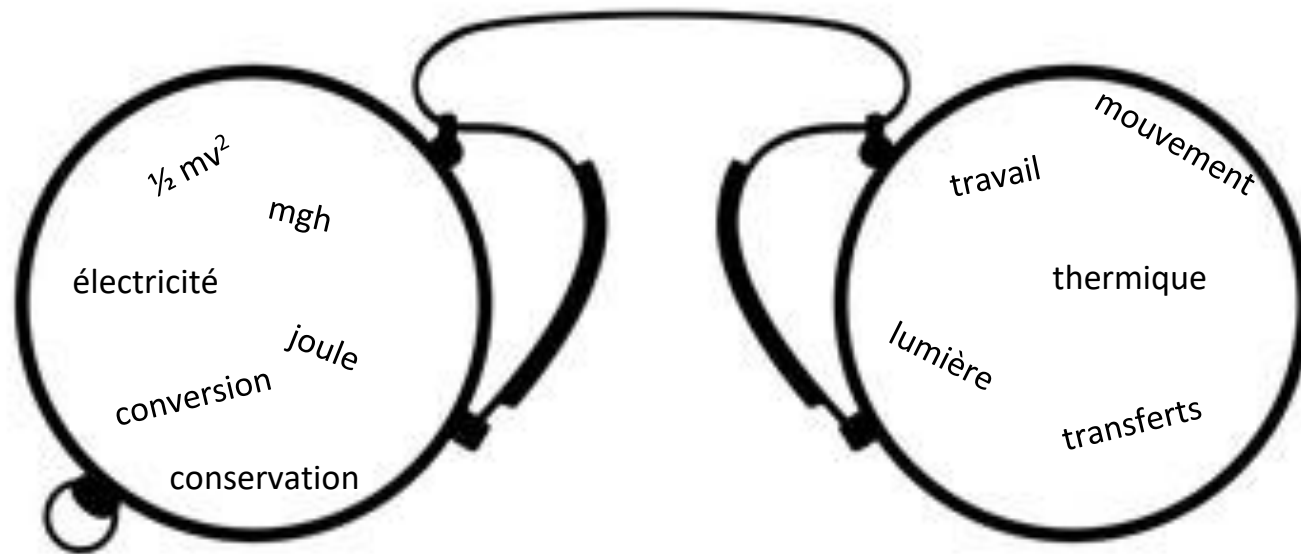
De l'énergie partout ?

2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

Une vigilance accrue pour la modélisation

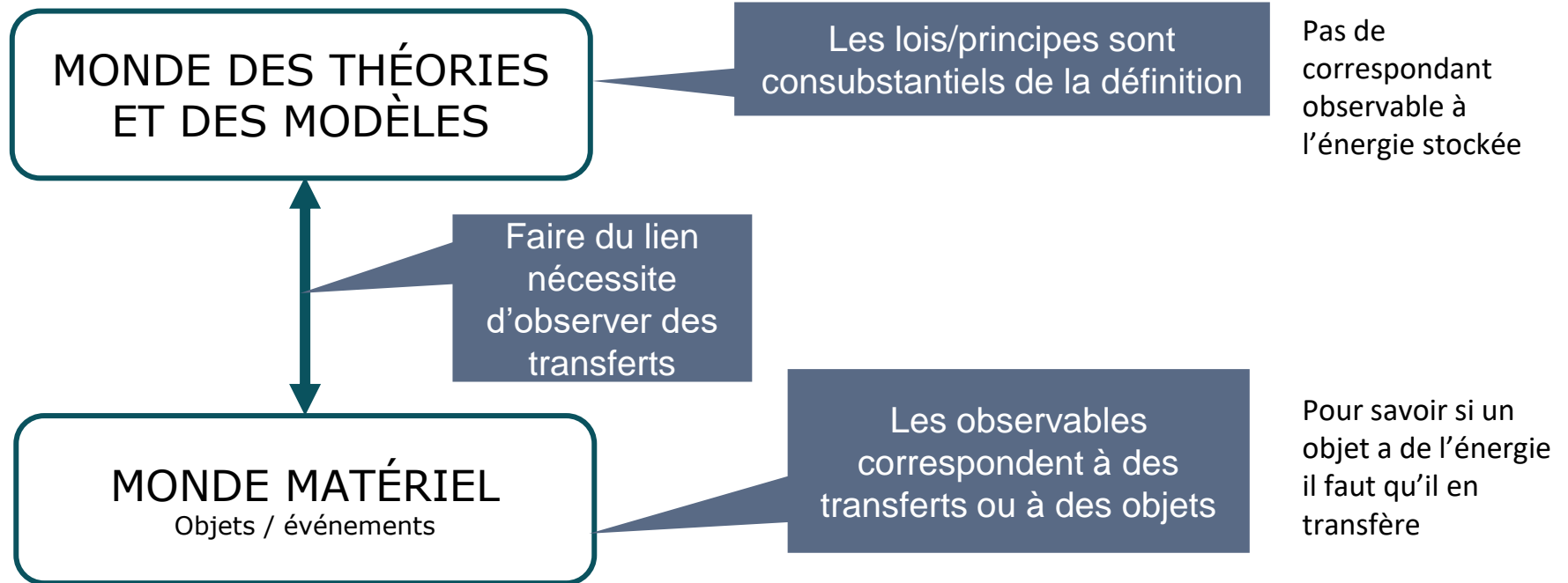
Apprendre à regarder le monde avec des lunettes énergétiques



2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

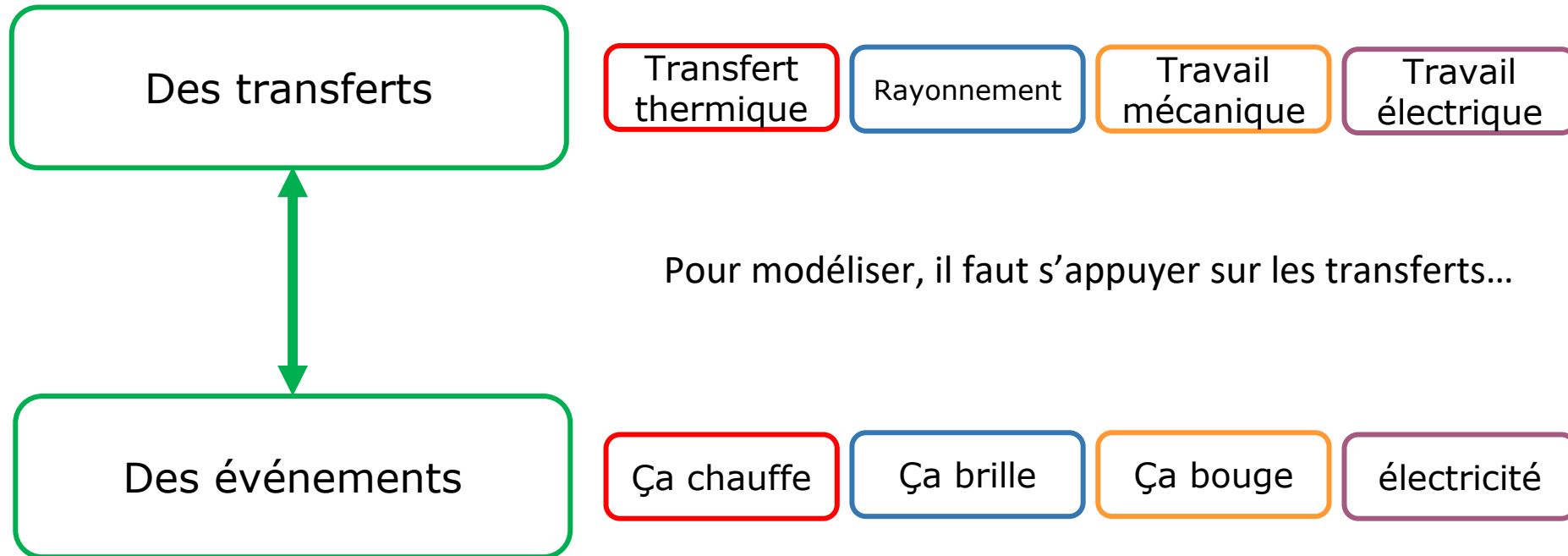
Une vigilance accrue pour la modélisation



2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

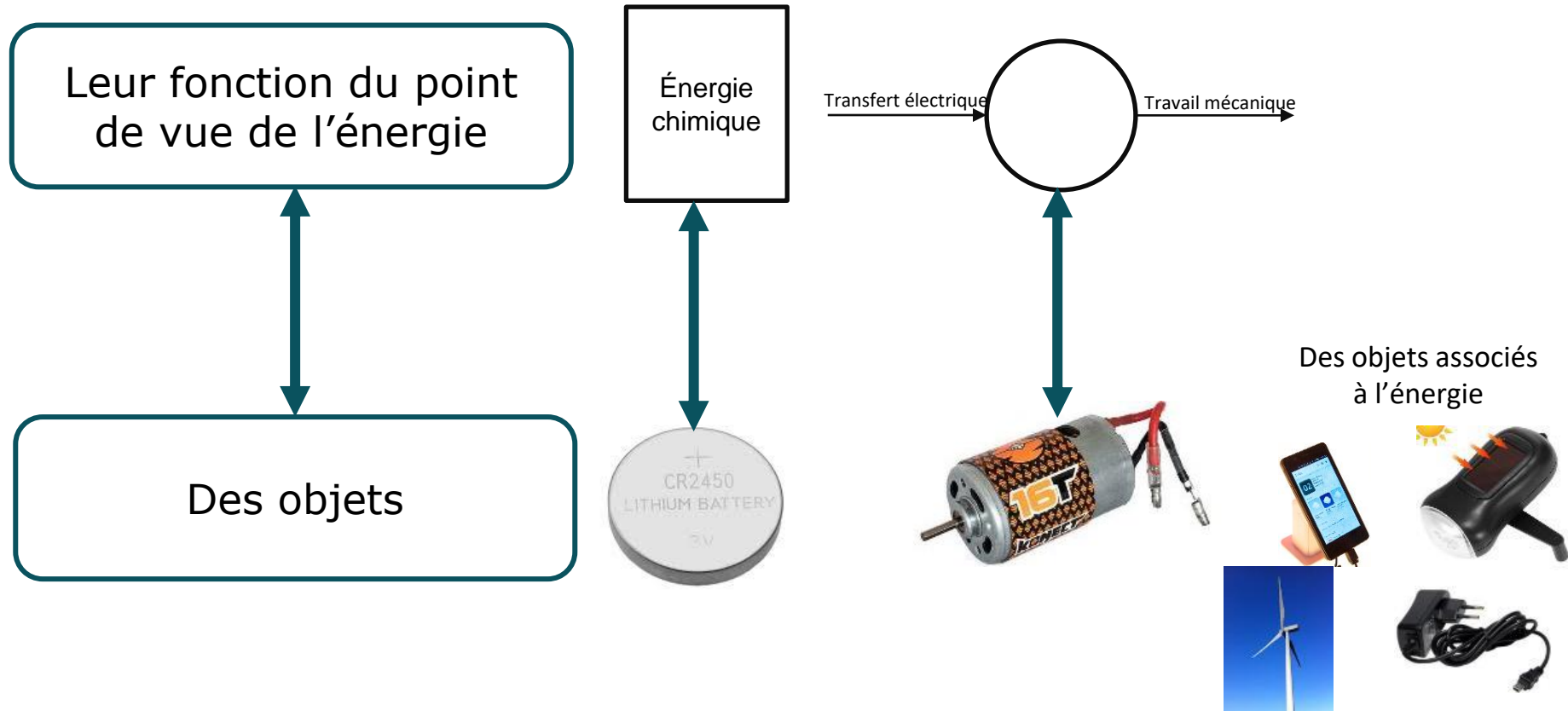
Une vigilance accrue pour la modélisation



2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

Une vigilance accrue pour la modélisation



2- Convenir d'un vocabulaire

b- Un concept de physique... pas seulement !

Conclusion

Au sujet du défi énergétique et de la culture scientifique sur l'énergie

- La non distinction entre ressources (stocks) et transferts (flux) : un obstacle à l'analyse

Exemple :

« brouillage » fort énergie/électricité dans la vie courante :
la voiture électrique comme solution ?

- Le rôle essentiel de la culture sociétale : une culture enjeu d'apprentissage alors qu'on la suppose disponible chez tous les élèves

Sommaire

- 1 - L'énergie, un concept de physique
 - Découvrir les propriétés de l'énergie
 - Définition / Éclairages théoriques
- 2 - Convenir d'un vocabulaire (suite)
 - Un quizz pour se mettre d'accord
 - Un concept de physique ? Pas seulement...
- **3 - Utilisation d'un modèle de l'énergie**
- 4 - Les programmes et la progression
- 5- Exemples d'activités par niveau

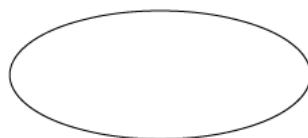
Exemple d'une fiche méthode élève

RÉALISER UNE CHAÎNE ÉNERGÉTIQUE

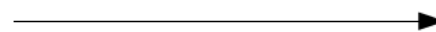
Pour décrire le fonctionnement d'un objet technique **du point de vue énergétique**, on fait une **chaîne énergétique** avec les symboles suivants :



Pour un réservoir



Pour un convertisseur



Pour un transfert

- ☛ Pour la bulle, il faut indiquer en dessous **le nom de l'objet**.
- ☛ Pour le rectangle, il faut indiquer à l'intérieur **la forme d'énergie** et en dessous **le nom du réservoir**.
- ☛ Pour la flèche, il faut indiquer au-dessus ou en dessous **le type de transfert**. Il existe 4 types de transferts :
 - transfert électrique,
 - transfert mécanique,
 - transfert par rayonnement,
 - transfert thermique.

3- Utilisation d'un modèle de l'énergie

Modèle de l'énergie

Voici le modèle proposé les années précédentes et complété par de nouveaux éléments en gras.

A- L'énergie

L'énergie est stockée dans des réservoirs.

Définition : Un réservoir d'énergie renouvelable est un réservoir qui a la capacité à se renouveler par rapport au rythme auquel les humains l'utilisent.

L'énergie est stockée sous une certaine forme de l'énergie.

On distingue **quatre formes d'énergie** :

- énergie chimique (énergie dans la matière qui peut être transformée)
- énergie mécanique (énergie d'un objet en mouvement ou qui peut tomber)
- énergie thermique (énergie que possède un objet du fait de sa température)
- **énergie nucléaire (énergie dans le noyau d'un atome qui peut se désintégrer)**

On distingue quatre types de transferts :

- transfert électrique
- transfert mécanique
- transfert thermique
- transfert par rayonnement

Un convertisseur permet le changement de transfert : le transfert reçu par le convertisseur est alors différent du transfert donné.

B- La chaîne énergétique

Comme l'énergie ne se voit pas, en physique on adopte un langage particulier, avec des schémas, qui permet de décrire et d'expliquer les observations du point de vue de l'énergie.

♦ Modélisation des phénomènes par une chaîne énergétique :

→ Une flèche représente un transfert d'énergie. On écrit le nom du transfert au-dessus ou en-dessous de la flèche. (6^{ème})

□ Un rectangle représente un réservoir d'énergie. On écrit le nom du réservoir en dessous et la forme d'énergie qu'il contient à l'intérieur. (6^{ème})

○ Un cercle représente un convertisseur d'énergie. On écrit le nom du convertisseur en dessous du cercle.

Une chaîne énergétique peut comporter plusieurs convertisseurs. Au niveau d'un convertisseur, il peut y avoir plusieurs transferts.

L'environnement est souvent le réservoir final dans une chaîne énergétique. La forme d'énergie stockée étant complexe, il ne sera rien écrit dans le rectangle.

C- Le principe de conservation de l'énergie

L'énergie suit une loi fondamentale de la physique :

LE PRINCIPE DE CONSERVATION DE L'ÉNERGIE : « L'énergie se conserve quels que soient les conversions qu'elle subit, ses transferts et ses formes de stockage. »

Dans la majorité des situations étudiées les années précédentes, le convertisseur est supposé avoir un **fonctionnement idéal** : le transfert reçu est totalement converti en un ou plusieurs transferts utiles.

Dans la réalité, les convertisseurs ont un rendement qui indique la part de transfert utile par rapport au transfert reçu. Comme l'énergie se conserve, il y a donc d'autres transferts qui correspondent à la part qui reste. Ce reste qui n'est pas utilisé par les humains est souvent appelé « transfert perdu » ou « perte ». La totalité des « transferts reçus » sont convertis en « transferts donnés » qu'ils soient « utiles » ou « perdus ».

A- L'énergie

Réservoirs (stocks), formes d'énergie, transferts, convertisseurs.

B- La chaîne énergétique

Les symboles

C- Le principe de conservation de l'énergie

Le principe, le rendement

Exercice 1 :

Un panneau solaire alimente un moteur à vide dont la puissance est de 0,5 W.

1°) Modélise cette situation par une chaîne énergétique.

2°) Indique sur cette chaîne la puissance du moteur.

3- Utilisation d'un modèle de l'énergie

pour (une feuille A3 par chaîne) :

- Un smartphone
- Une centrale hydraulique
- Une centrale thermique
- Une éolienne
- Une voiture électrique qui roule
- Une voiture thermique qui roule
- Une lampe à manivelle,
qu'on charge, puis qu'on utilise



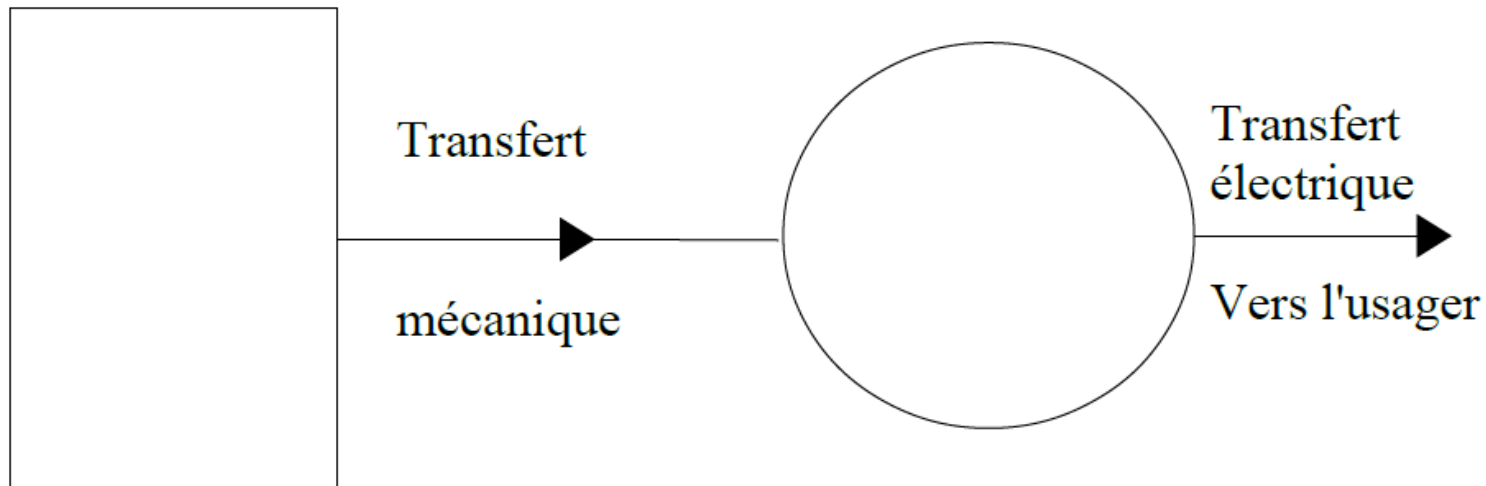
Pour 1 minute,
de manivelle
30 minutes
d'éclairage !

Correction des chaînes énergétiques :

Le smartphone en charge et en utilisation

Correction des chaînes énergétiques :

- centrale hydraulique

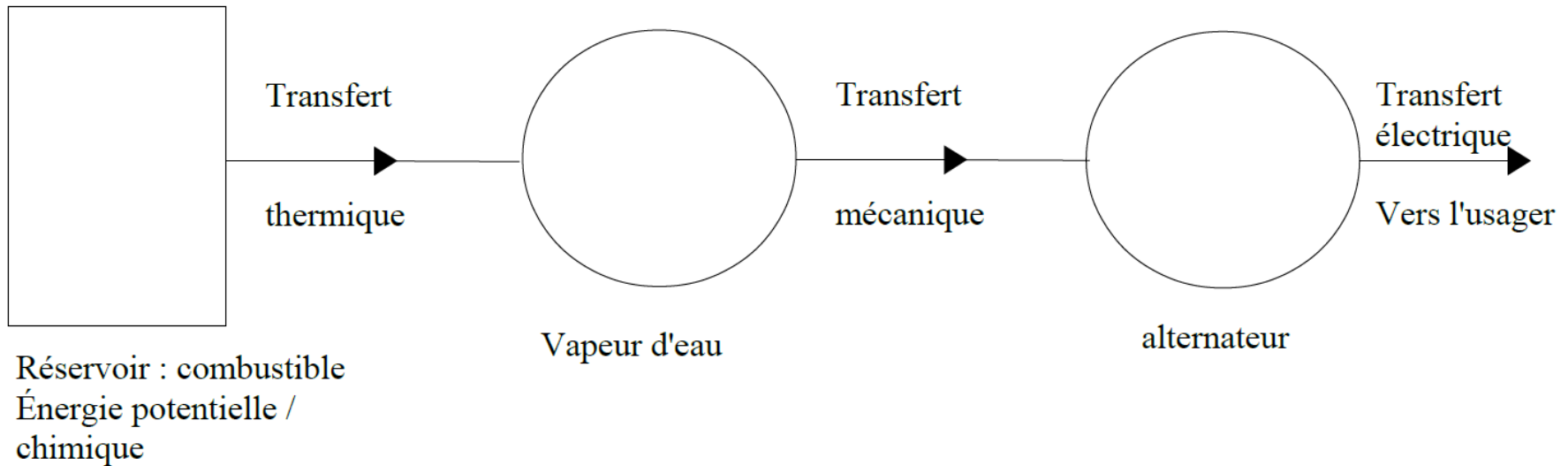


Réservoir : eau retenue
en altitude + Terre
Énergie potentielle /
mécanique

alternateur

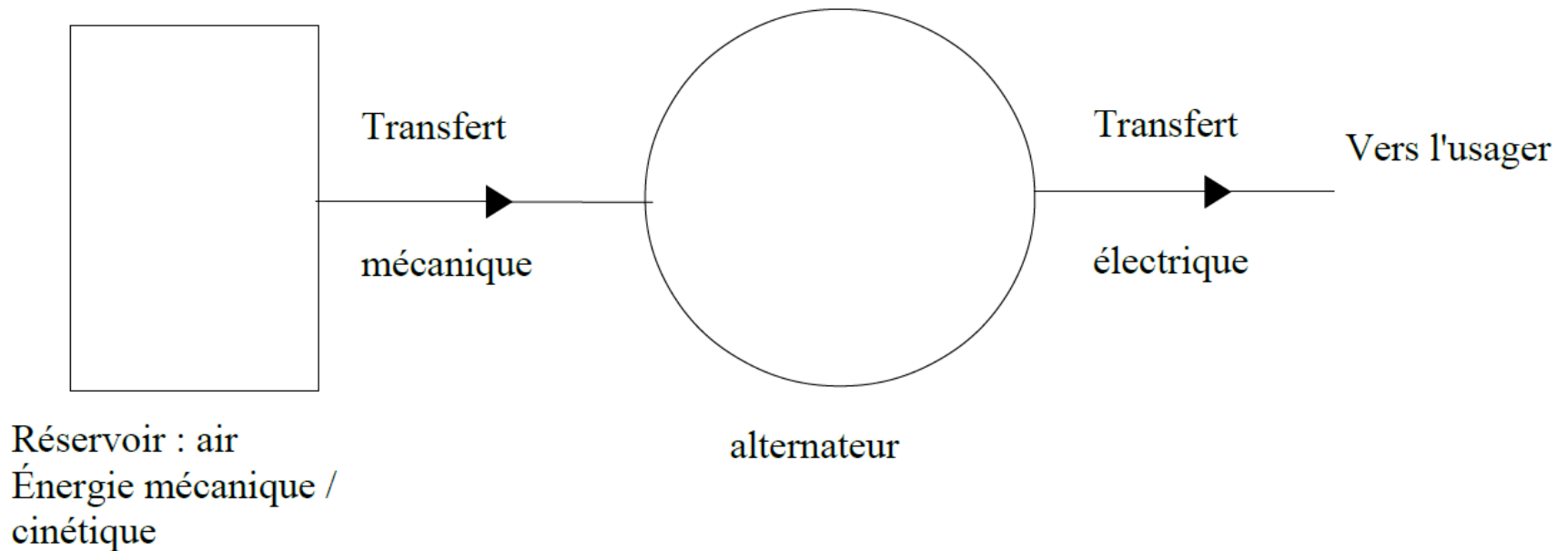
Correction des chaînes énergétiques :

- centrale thermique fossile



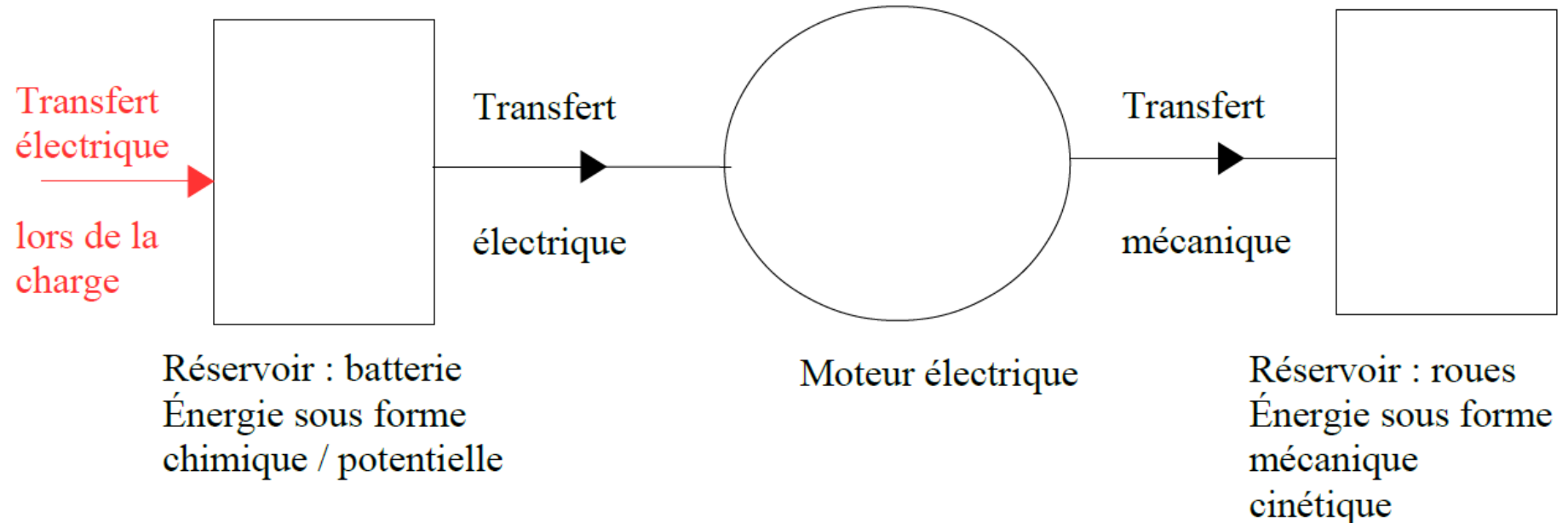
Correction des chaînes énergétiques :

- centrale éolienne



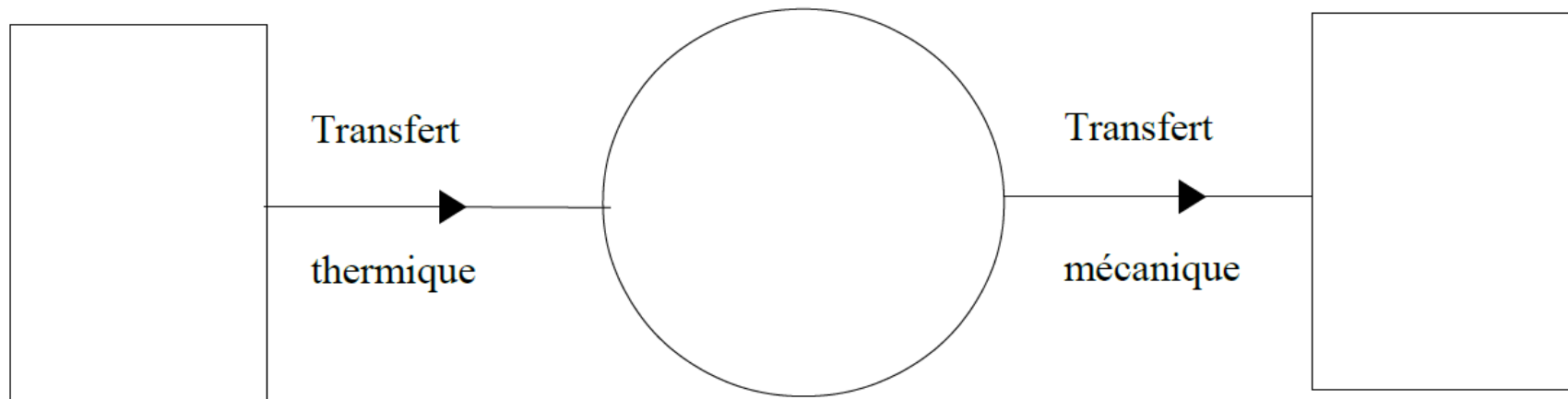
Correction des chaînes énergétiques :

- voiture électrique



Correction des chaînes énergétiques :

- voiture thermique « classique »



Réservoir : carburant
Énergie sous forme
chimique / potentielle

Moteur thermique

Réservoir : roues
Énergie sous forme
mécanique cinétique

Limites et difficultés de la chaîne

- Une pertinence surtout lorsque plusieurs phénoménologies sont présentes

- Faire une chaîne est une activité de modélisation difficile :

on représente non les objets mais leur fonction du point de vue de l'énergie (→ on représente parfois des objets un peu particulier comme l'environnement)

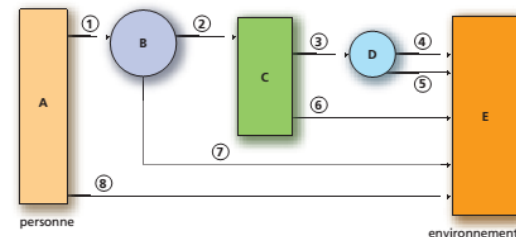
- Plusieurs chaînes possibles pour une même situation selon le degré de modélisation ou selon la question posée

- Un outil évolutif

- Un outil statique pour décrire des phénomènes temporels

- Des chaînes dynamiques ?

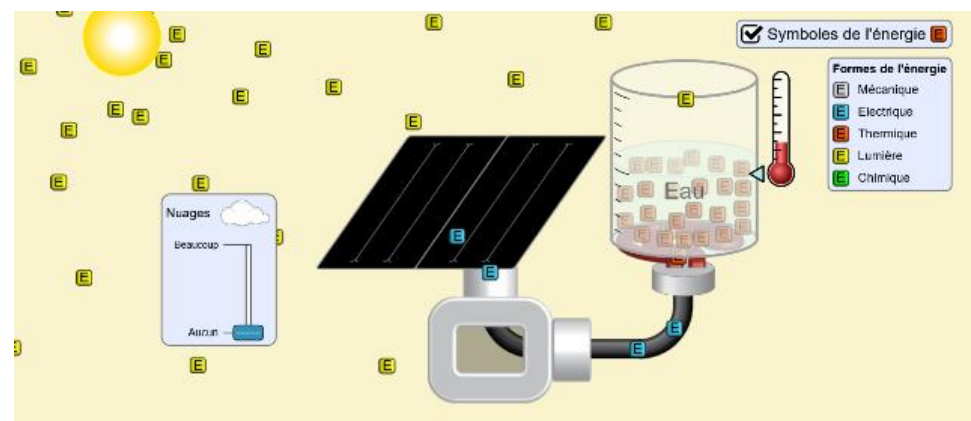
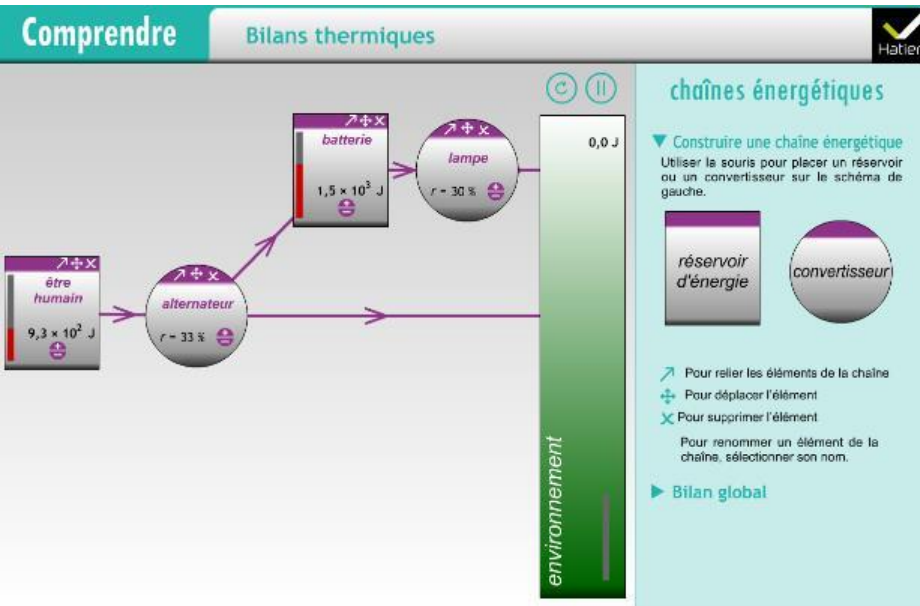
- L'écueil du retour de la théorie calorique !



Stabiliser le formalisme entre collègues au moins

Limites et difficultés de la chaîne

Atouts et risque des simulateurs...

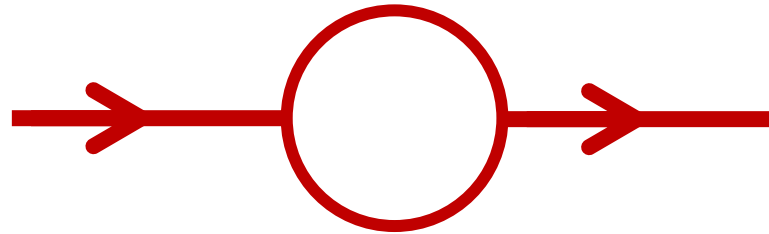


Quelles grandeurs pour caractériser quoi ?

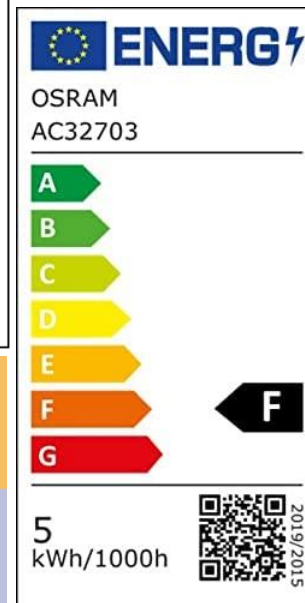
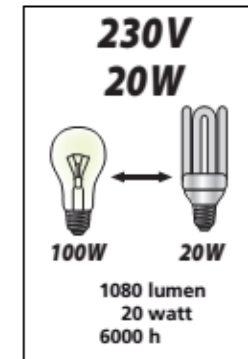
| Grandeur | Pour quoi ? |
|---------------------|--------------------------------------|
| Énergie cinétique | Système potentiellement en mouvement |
| Énergie potentielle | (2 systèmes) mais... |
| Puissance | Transfert (et non convertisseur !) |
| Rendement | Convertisseur + utilisation ! |
| Travail | Transfert |
| Chaleur | Transfert |
| Énergie interne | ... <i>c'est maintenant</i> |

Quelles grandeurs pour caractériser quoi ?

De quelle puissance parle-t-on ?



Et ici ?



Sommaire

- 1 - L'énergie, un concept de physique
 - Découvrir les propriétés de l'énergie
 - Définition / Éclairages théoriques
- 2 - Convenir d'un vocabulaire (suite)
 - Un quizz pour se mettre d'accord
 - Un concept de physique ? Pas seulement...
- 3 - Utilisation d'un modèle de l'énergie
- **4 - Les programmes et la progression**
- 5- Exemples d'activités par niveau

3- Les programmes et la progression

Au collège : cycle 3

Identifier différentes ressources en énergie et connaître quelques conversions d'énergie

Identifier des formes d'énergie et des ressources en énergie.

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

- Exemples de ressources en énergie utilisées par les êtres humains : charbon, pétrole, bois, uranium, aliments, vent, Soleil, mers et rivières...

- Ressources renouvelables et non renouvelables.

Reconnaître les situations où l'énergie est stockée, transformée, utilisée. La fabrication et le fonctionnement d'un objet technique nécessitent de l'énergie.

- Exemples de dispositifs de stockage : pile, barrage ;

- Exemples de convertisseurs : lampe, éolienne, panneau solaire.

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

Identifier quelques-uns des besoins en énergie de l'être humain pour le fonctionnement du corps et pour la vie quotidienne (se chauffer, se déplacer, s'éclairer...)

- Quelques dispositifs visant à optimiser 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).

3- Les programmes et la progression

Au collège : cycle 4

L'énergie, ses transferts et ses conversions

Attendus de fin de cycle

- Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie.
- Utiliser la conservation de l'énergie.
- Réaliser des circuits électriques simples et exploiter les lois de l'électricité.

3- Les programmes et la progression

Au collège : cycle 4

| Connaissances et compétences associées | Exemples de situations, d'activités et d'outils pour l'élève |
|---|--|
| Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie Utiliser la conservation de l'énergie | |
| <p>Identifier les différentes formes d'énergie.</p> <p>Identifier un dispositif de conversion d'énergie dont le fonctionnement s'accompagne d'une émission de dioxyde de carbone.</p> <ul style="list-style-type: none">- Énergies cinétique (relation $E_c = \frac{1}{2} mv^2$), potentielle (dépendant de la position), thermique, électrique, chimique, nucléaire, lumineuse. <p>Établir un bilan énergétique pour un système simple.</p> <ul style="list-style-type: none">- Sources.- Transferts.- Conversion d'une forme d'énergie en une autre.- Conservation de l'énergie.- Unités d'énergie. <p>Analyser une situation où, pour un système donné, les valeurs des transferts d'énergie entrant et sortant sont différentes.</p> <p>Utiliser la relation liant puissance, énergie et durée.</p> <ul style="list-style-type: none">- Notion de puissance. | <p>Les supports d'enseignement gagnent à relever de systèmes ou de situations de la vie courante.</p> <p>Les activités proposées permettent de différencier transferts et conversions d'énergie et 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, stockage d'énergie, énergies dites renouvelables.</p> <p>Ce thème fournit l'occasion d'analyser un bilan qualitatif d'énergie pour le système Terre-atmosphère.</p> |

3- Les programmes et la progression

Au collège : cycle 4

Associer l'émission et l'absorption d'un rayonnement à un transfert d'énergie.

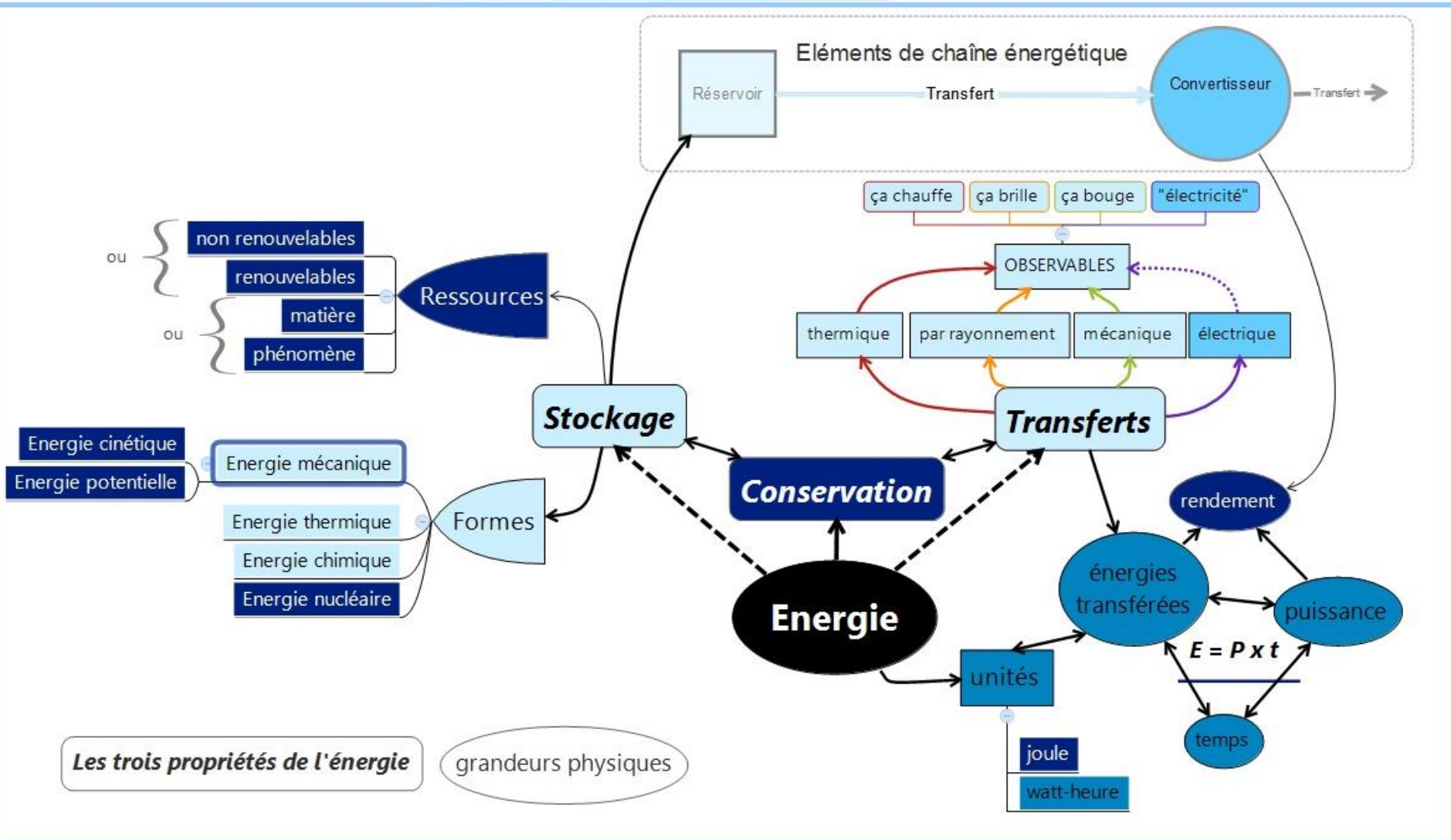
- Rayonnement émis par un objet.
- Absorption d'un rayonnement par un objet.
- Transfert d'énergie par rayonnement.
- Absorption du rayonnement terrestre par les gaz à effet de serre.

L'étude privilégie des situations concrètes : chauffage par absorption d'un rayonnement, images thermographiques (images satellitaires, d'habitations, d'objets de la vie quotidienne, d'êtres vivants...).

3- Les programmes et la progression

Les choix de progression

6 5 4 3



4- Les programmes et la progression

Les choix de progression

- En 6^{ème} : aborder l'énergie sans convertisseur et sans transfert électrique;
- En 5^{ème} : introduire le transfert électrique et la notion de convertisseur; étudier le réservoir « pile ». comparer deux modèles d'analyse (Modèle électrocinétique et Modèle énergétique);
- En 4^{ème} : introduire le concept de puissance ;
- En 3^{ème} : comprendre une problématique sociétale « Le défis énergétique du XXI^{ème} siècle » : introduction de la notion de « pertes », calculs de quantités d'énergie produites/ utilisées avec $E = P \times t$

4- Les programmes et la progression

Quelques pistes issues de la didactique

- Commencer par développer le réseau conceptuel de manière qualitative, autour de transfert, forme, source, transformation ;
- Importance de distinguer source et forme ; transfert et forme.
- Insister sur la transphénoménologie de l'énergie
- Introduire ensuite des éléments quantitatifs : formule, unité etc pour distinguer énergie / puissance / force
- Le principe de conservation comme aboutissement.
- Donner une définition ? Et laquelle ...? Pas de consensus
- Principe de conservation : attention avec la conservation de l'énergie mécanique, varier les domaines, associer à la notion de dissipation, importance du système.
- Entrée par transfert ou transformation ? Pas de consensus

3- Les programmes et la progression

Quelle continuité avec le lycée ?

Organisés selon les 4 thèmes du collège.

En seconde :

le thème « L'énergie : conversions et transferts » est abordé dans le cadre de l'étude des transformations de la matière.

| Notions et contenus | Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i> |
|---|--|
| A) Transformation physique | |
| Transformations physiques endothermiques et exothermiques. Énergie de changement d'état et applications. | Identifier le sens du transfert thermique lors d'un changement d'état et le relier au terme exothermique ou endothermique. Exploiter la relation entre l'énergie transférée lors d'un changement d'état et l'énergie massique de changement d'état de l'espèce. <i>Relier l'énergie échangée à la masse de l'espèce qui change d'état.</i> |
| B) Transformation chimique | |
| Transformations chimiques endothermiques et exothermiques. | <i>Suivre l'évolution d'une température pour déterminer le caractère endothermique ou exothermique d'une transformation chimique et étudier l'influence de la masse du réactif limitant.</i> |
| C) Transformation nucléaire | |
| Isotopes. Écriture symbolique d'une réaction nucléaire. Aspects énergétiques des transformations nucléaires : Soleil, centrales nucléaires. | Identifier des isotopes. Relier l'énergie convertie dans le Soleil et dans une centrale nucléaire à des réactions nucléaires. Identifier la nature physique, chimique ou nucléaire d'une transformation à partir de sa description ou d'une écriture symbolique modélisant la transformation. |

3- Les programmes et la progression

Quelle continuité avec le lycée ?

Organisés selon les 4 thèmes du collège.

En première (enseignement de spécialité) :

le thème « L'énergie : conversions et transferts » est abordé dans :

- La partie « propriétés physico-chimiques, synthèses et combustions »

C) Conversion de l'énergie stockée dans la matière organique

Combustibles organiques usuels.

Citer des exemples de combustibles usuels.

Modélisation d'une combustion par une réaction d'oxydo-réduction.

Écrire l'équation de réaction de combustion complète d'un alcane et d'un alcool.

Énergie molaire de réaction, pouvoir calorifique massique, énergie libérée lors d'une combustion.

Estimer l'énergie molaire de réaction pour une transformation en phase gazeuse à partir de la donnée des énergies des liaisons.

Interprétation microscopique en phase gazeuse : modification des structures moléculaires, énergie de liaison.

Mettre en œuvre une expérience pour estimer le pouvoir calorifique d'un combustible.

Combustions et enjeux de société.

Citer des applications usuelles qui mettent en œuvre des combustions et les risques associés.

Citer des axes d'étude actuels d'applications s'inscrivant dans une perspective de développement durable.

3- Les programmes et la progression

Quelle continuité avec le lycée ?

Organisés selon les 4 thèmes du collège.

En première (enseignement de spécialité) :

C'est un des 3 thèmes (« L'énergie : conversions et transferts » !)

1. Aspects énergétiques des phénomènes électriques

Puissance et énergie.
Bilan de puissance dans un circuit.
Effet Joule. Cas des dipôles ohmiques.
Rendement d'un convertisseur.

Citer quelques ordres de grandeur de puissances fournies ou consommées par des dispositifs courants.
Définir le rendement d'un convertisseur.
Évaluer le rendement d'un dispositif.

2. Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques

Énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel.
Travail d'une force.
Expression du travail dans le cas d'une force constante.
Théorème de l'énergie cinétique.
Forces conservatives. Énergie potentielle. Cas du champ de pesanteur terrestre.

Forces non-conservatives : exemple des frottements.
Énergie mécanique.
Conservation et non conservation de l'énergie mécanique.
Gain ou dissipation d'énergie.

Sommaire

- 1 - L'énergie, un concept de physique
 - Découvrir les propriétés de l'énergie
 - Définition / Éclairages théoriques
- 2 - Convenir d'un vocabulaire (suite)
 - Un quizz pour se mettre d'accord
 - Un concept de physique ? Pas seulement...
- 3 - Utilisation d'un modèle de l'énergie
- 4 - Les programmes et la progression
- **5- Exemples d'activités par niveau**

Modèle pour l'énergie à la fin de la 6^{ème}

Vocabulaire :

- Réservoir,
- Transferts : thermique, mécanique, par rayonnement
- Formes d'énergie : énergie thermique, chimique, mécanique

Propriétés :

- l'énergie peut être stockée
- l'énergie peut être transférée
- l'énergie ne se crée pas et ne disparaît pas

La chaîne énergétique :



réservoir d'énergie



transfert d'énergie

Défi pour terminer la séquence :

Propose 3 expériences pour augmenter la température de l'eau en bouteille sans utiliser d'appareil électrique ou eau chaude.

Pour chaque expérience décris ce qui se passe d'un point de vue énergétique à l'aide d'une chaîne énergétique.

5- Exemples d'activités en 5^{ème} : « La pile s'use »

Activité 1 : La panne : Qu'est-ce qui s'use dans la pile ? Les idées des élèves

Activité 2 : La première pile

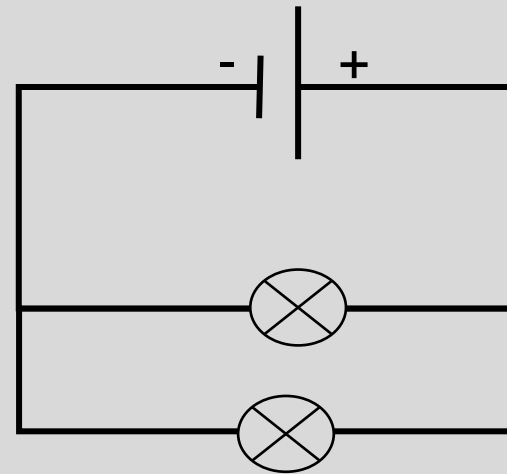
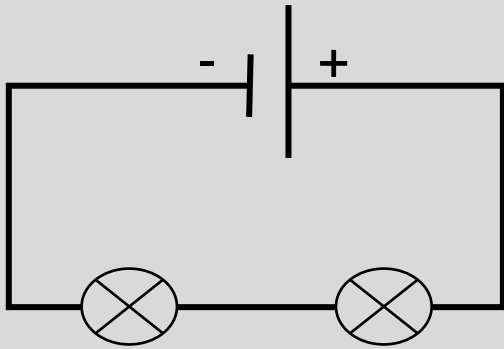
Activité 3 : Une pile, c'est électrique ou chimique ?

- Réalise une pile aluminium-air et connecte une del.
- Faire la chaîne énergétique qui décrit ce qui se passe.
- Expliquer avec le modèle énergétique « la pile s'use ».

5- L'année de 4^{ème} : plusieurs modèles pour une situation

Activité 1: comprendre les limites des deux modèles

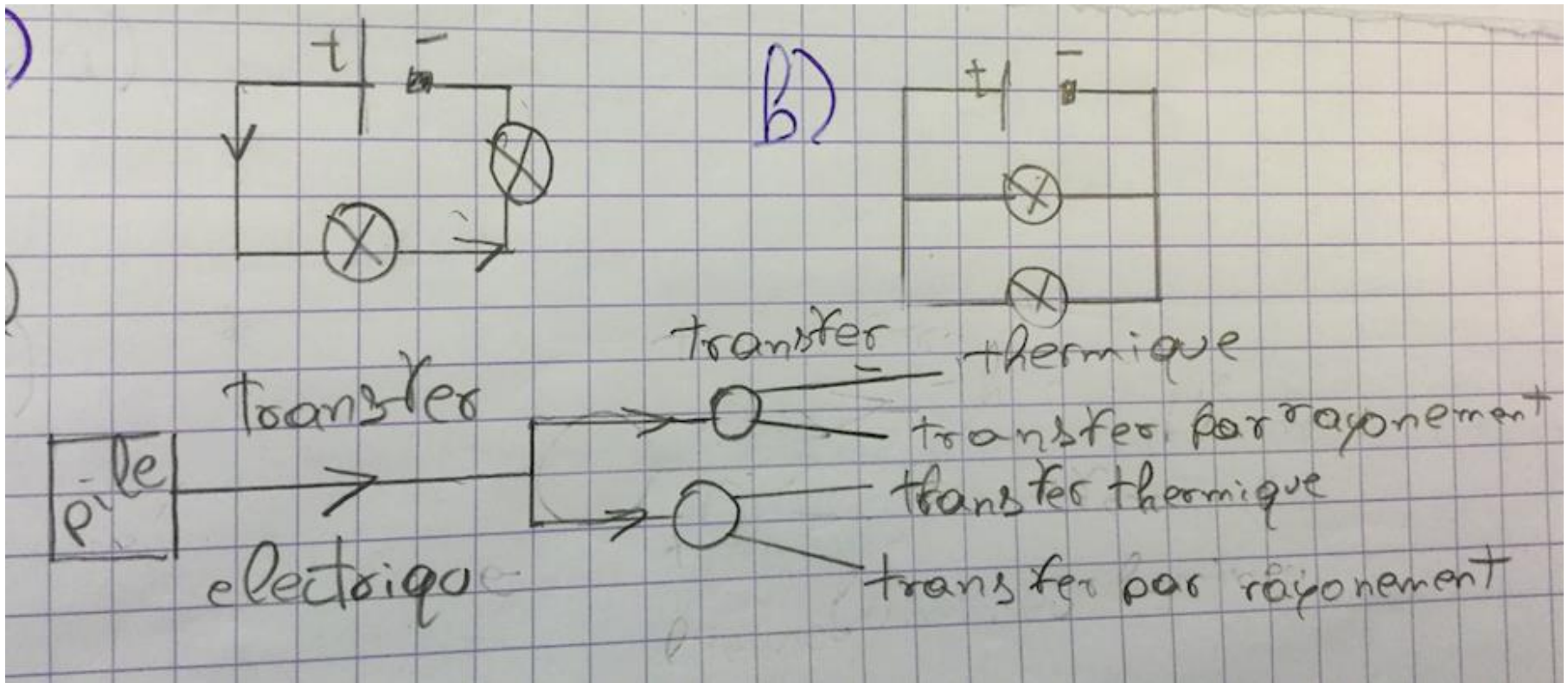
Activité 2 : Battle : schéma électrique / chaîne énergétique.
- Faire les chaînes énergétiques correspondantes.



5- L'année de 4^{ème} : plusieurs modèles pour une situation

Activité :

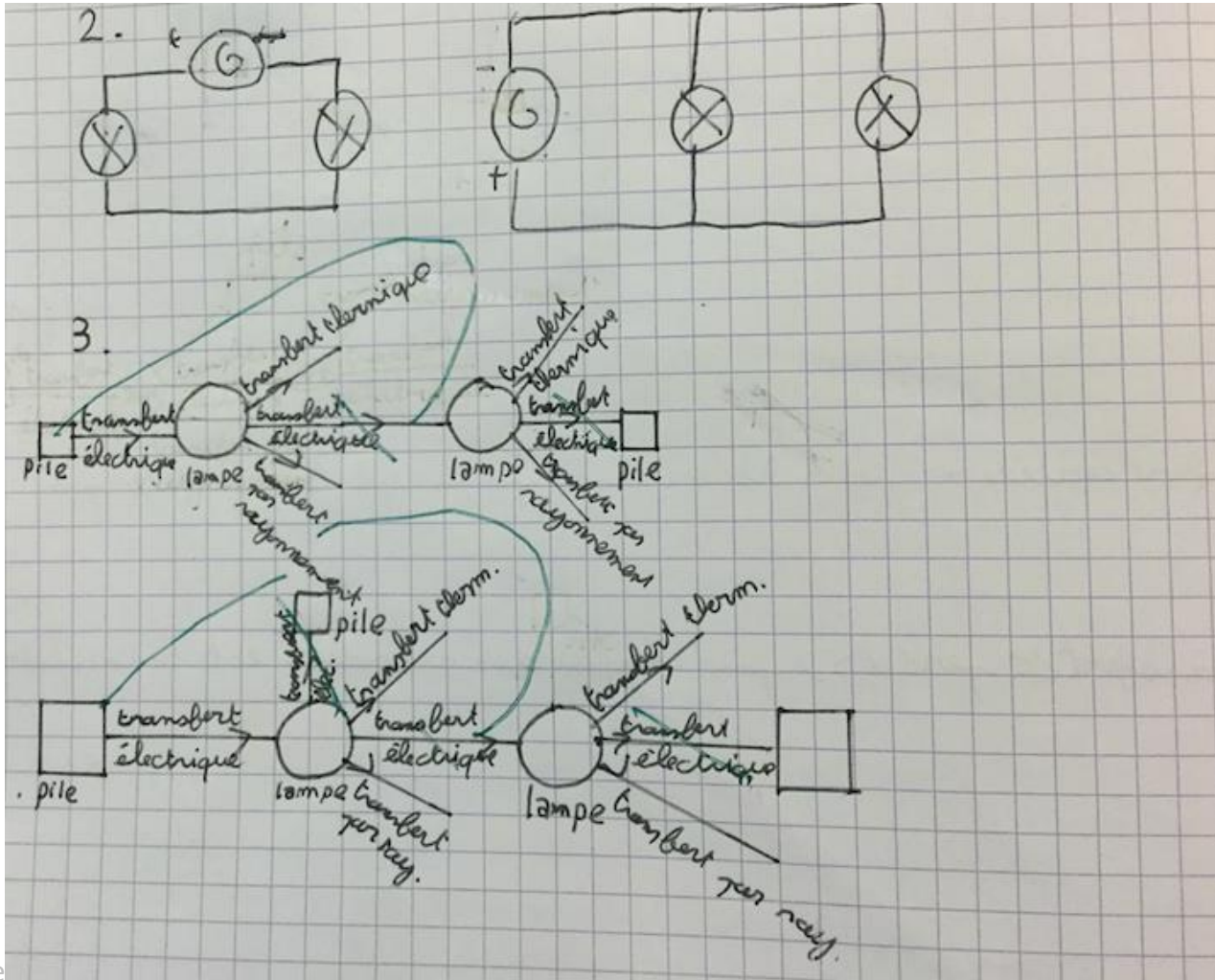
BATTLE : schéma électrique / chaîne énergétique.



5- L'année de 4^{ème} : plusieurs modèles pour une situation

Activité :

BATTLE : schéma électrique / chaîne énergétique



5- L'année de 3^{ème} : Le défi énergétique du XXI^{ème} siècle

Activité 1 :
Propose les grandes lignes
de cette conférence.
Idées initiales des élèves.

Document 1 : Titre d'une conférence

LE DEFI DE L'ENERGIE AU 21^{ème} SIECLE

Robert Klapisch

Conférence donnée au CERN
(9 février 1999)

R. Klapisch : physicien français au CNRS
puis au CERN

CERN : Organisation Européenne pour la
Recherche Nucléaire

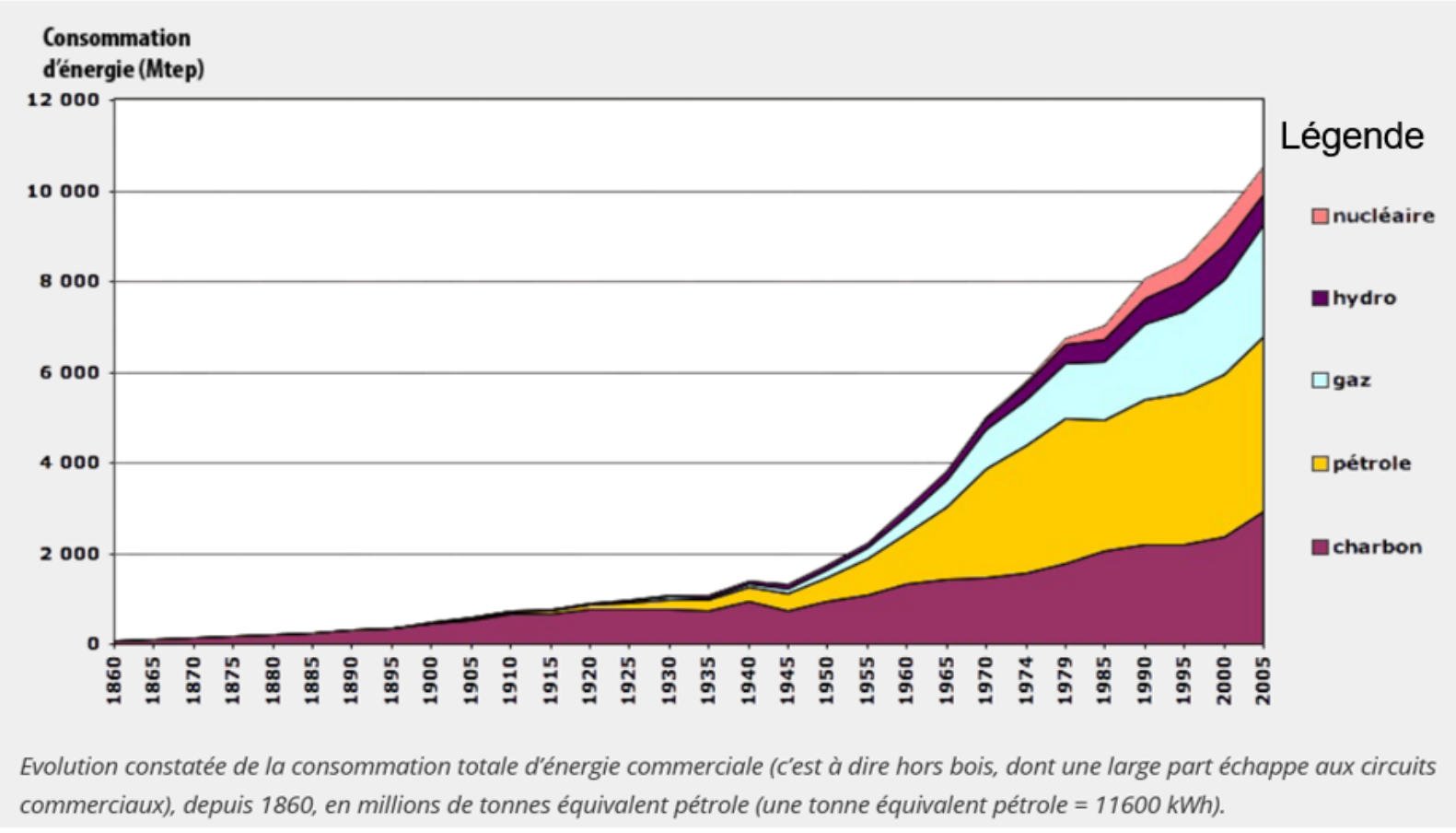
<https://www.cern.ch/solar-club/conferences/RK/DEFI21IM.DOC>

Activité finale : Rédige un texte en utilisant le modèle énergétique enseigné pour expliquer « le défi énergétique du 21^{ème} siècle ».

5- L'année de 3^{ème} : Le défi énergétique du XXI^{ème} siècle

Document 2 : extrait du site de J.-M. Jancovici (professeur à l'Ecole des Mines Paris Tech, ingénieur consultant en énergie).

<https://jancovici.com/transition-energetique/l-energie-et-nous/a-quoi-ressemble-notre-consommation-energetique-actuellement/>



5- Remarques sur les difficultés constatées

- Difficulté sur « **forme vs transfert électrique** »
à pas d'objet technique utilisant le transfert électrique *en 6^{ème}*.
- Difficulté sur « **les pertes d'énergie (rendement)** »
à objet technique idéal (parfait) pour les objets où « les pertes » ne sont pas observables simplement. (*Tous niveaux*)
- Difficulté sur « **le réservoir (source) d'énergie** »
à la chaîne énergétique est enseignée en commençant par les transferts, les convertisseurs puis les réservoirs (*Tous niveaux*)
à identifier le réservoir sans forcément au départ identifier la forme d'énergie stockée. (*en 6^{ème} et 5^{ème}*)
- Difficulté sur « **puissance vs énergie** »
→ commencer par la chaîne énergétique et introduire ensuite la puissance pour caractériser la « flèche » (*en 1^{ère} 3^{ème}*)

- Vince J. & Tiberghien A. (2015) Pourquoi n'est-il pas pertinent de faire de l'énergie électrique un concept de physique dans un programme d'enseignement ? BUP, vol. 109, n° 988, 1103-1109
- Vince J. & Tiberghien A. (2012) Enseigner l'énergie en physique à partir de la question sociale du défi énergétique. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(1), 89-124.
- Vince, J. & Tiberghien A. (2014) Enseignement du "défi énergétique" au lycée : comment faire des liens entre physique et connaissance commune ? *Skhôle*, 18(1) *Actes des 8e rencontres scientifiques de l'ARDIST*
- Bächtold, M & Munier, V. (2014) Enseigner le concept d'énergie en physique et éduquer à l'énergie : rupture ou continuité ? *Skhôle*, 18(1) *Actes des 8e rencontres scientifiques de l'ARDIST*
- Monneret A., Tiberghien A, Collectif (1998)
Introduction à l'énergie - Contenus de l'enseignement et compléments didactiques, Canopé CRDP Lyon
- Revue ASTER n°2 (1986) Eclairages sur l'énergie
- Revue RDST 10-2014 Dossier énergie
- Une [conférence de Cécile de Hosson](#), professeure à Paris 7

