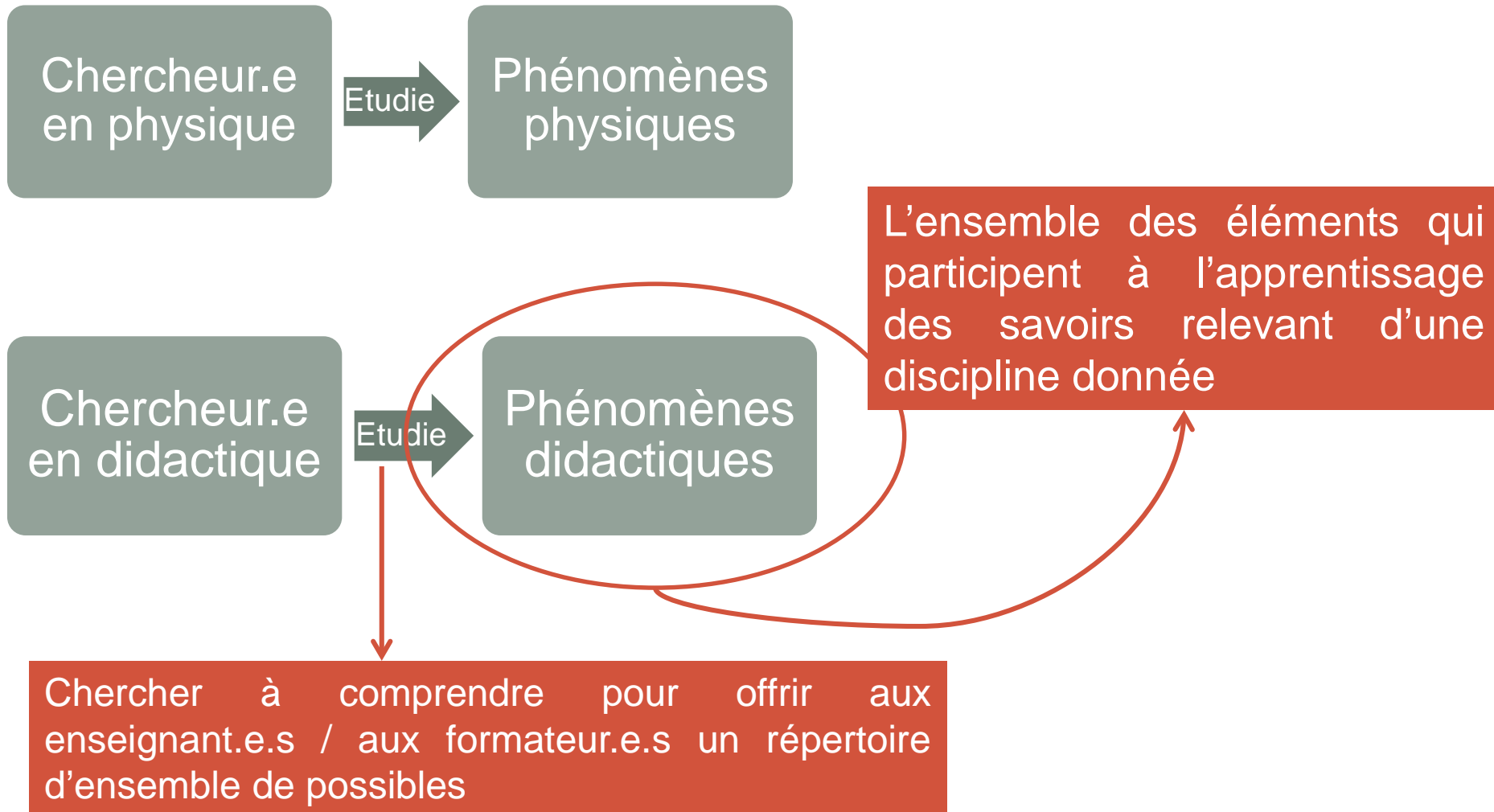


Enseigner l'énergie enjeux, difficultés, leviers

Cécile de Hosson

Laboratoire de Didactique André Revuz - LDAR
Université Paris Diderot
cecile.dehosson@univ-paris-diderot.fr

Préambule... « je suis chercheure en didactique »



L'énergie : un concept difficile à définir

« L'énergie nous apparait 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** »

R. Feynman, *Cours de mécanique*, Dunod

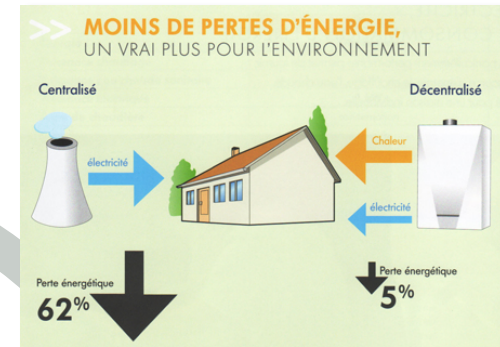


R. Feynman (1918-1988)

L'énergie : un concept en tension



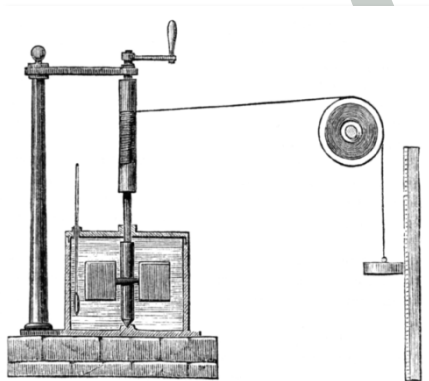
Dimension
sociétale



Dimension
cognitive



Dimension
épistémologique

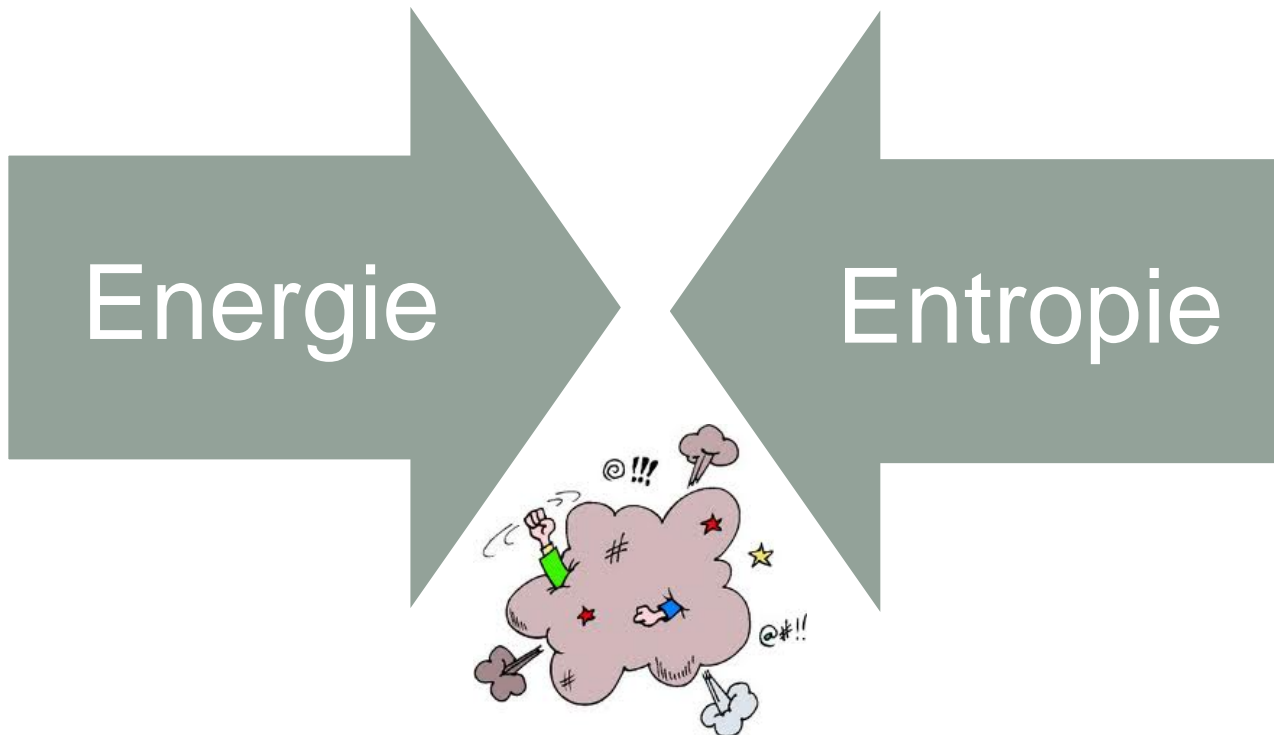


Dimension
historique

ENERGIE

L'énergie, un concept sociétal

- Confusion « énergie » <> « sources d'énergie »
- Discours favorisant une vision « consommatrice »
 - Production *versus* Transfert / Transformation
 - Énergie renouvelable *versus* Processus renouvelable



Energie ou Entropie ?

L'**entropie** est une grandeur qui caractérise la capacité d'un système physique à subir des transformations spontanées : plus grande est la valeur de l'entropie, plus faible est la capacité du système à se transformer.



Energie E_1
Entropie S_1



Energie $E_2 = E_1$
Entropie $S_2 > S_1$

Il y a toujours conservation de l'énergie mais **on ne peut utiliser l'énergie que dans un seul sens, le sens de l'augmentation de l'entropie.**

Penser l'énergie : difficultés cognitives

(prévalence des schèmes non conservatifs)

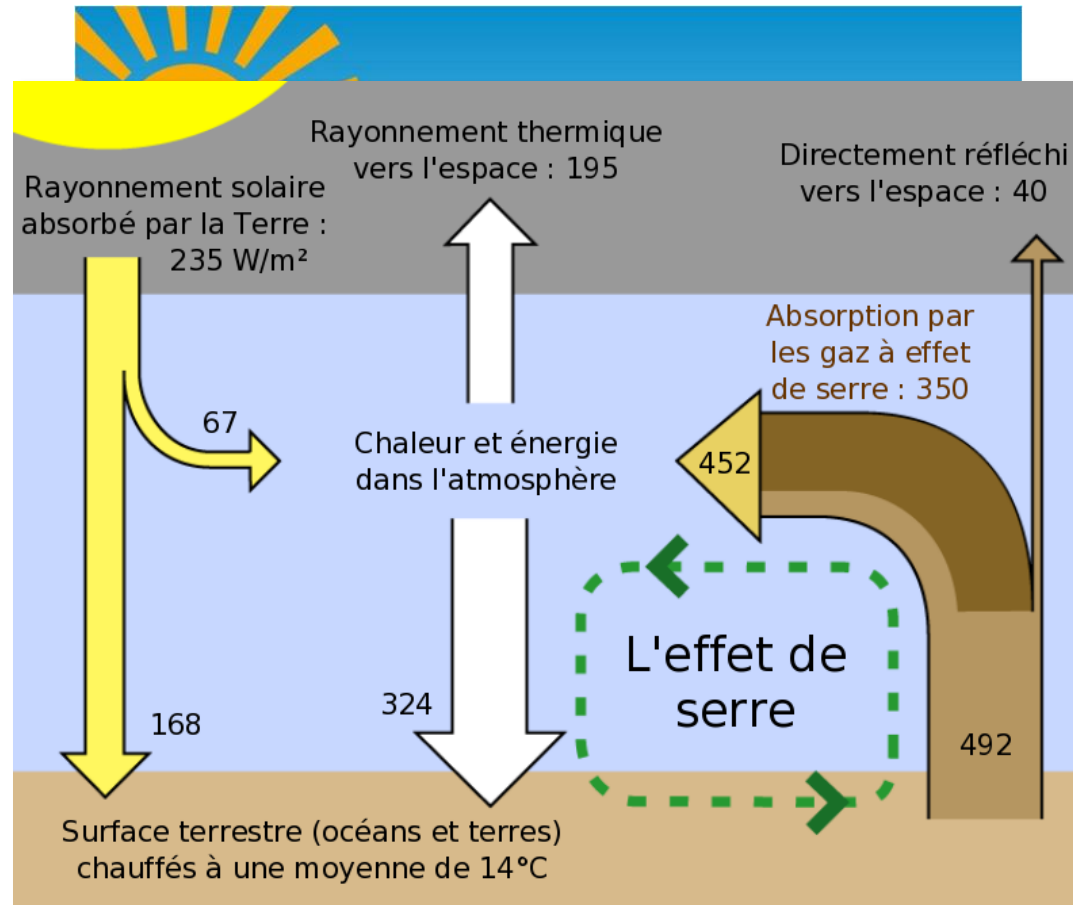


<https://www.youtube.com/watch?v=YfmyQXpfL1Q>

Penser l'énergie : difficultés cognitives

- Un concept formel...
 - Ne possédant pas de correspondant dans le monde sensible
 - Circonscrit par des attributs et des propriétés (conservation, transfert, transformation)
 - Dont la présence est attestée par des changements
 - Non mesurable directement
- ...en tension avec certaines tendances naturelles de la pensée
 - Difficulté à penser la « conservation »
 - Tendance à organiser les événements dans l'espace et dans le temps
 - Tendance à matérialiser les objets abstraits
 - Conceptualisation facilitée par la mesure et l'ordonnancement.

Penser l'énergie : difficultés cognitives



http://www.mcdonalds.fr/entreprise/developpement-durable/gaz-a-effet-de-serre/

NOTAMMENT CELLES QUI UTILISENT DES ÉNERGIES FOSSILES, DÉGAGENT DU CO₂ ET D'AUTRES GAZ À EFFET DE SERRE

Pour en savoir plus : COLIN Philippe « Enseignement et vulgarisation scientifique : une frontière en cours d'effacement ? Une étude de cas autour de l'effet de serre » (Spirale 48 - 2011)

<https://www.mcdonalds.fr/entreprise/developpement-durable/gaz-a-effet-de-serre>

L'énergie : ancrage historique (1)

- **Problème initial** : recherche d'une grandeur qui respecte le principe d'invariance.
- Pour Descartes et Leibniz, un objet de masse 1 tombant de 4 est équivalent à un objet de masse 4 tombant de 1 du point de vue de la « force vive » = « quantité d'action motrice ».

Il existe une grandeur $E = \phi m h$ invariante. Or, d'après Galilée :

$$\begin{cases} d(t) = \alpha t^2 \\ v(t) = \beta t \end{cases}$$

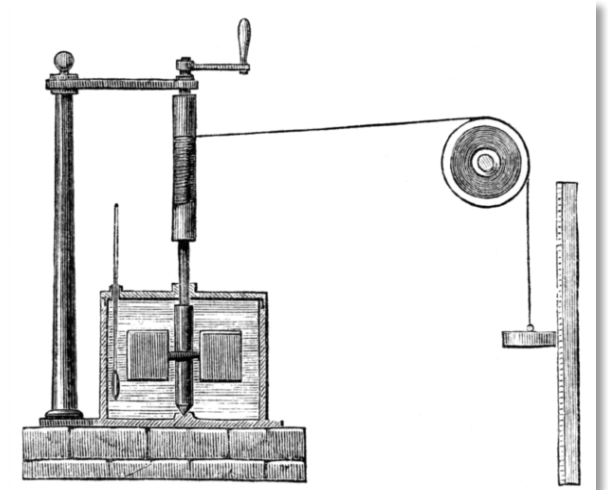
$$\text{d'où } E(t) = \phi m \alpha t^2 = \chi m t^2 = \frac{\chi}{\beta^2} m v(t)^2 = \phi m v(t)^2$$

L'énergie : ancrage historique (2)

- Aristote : ἐνέργεια / *enérgeia* = La force en action
- Jean Bernoulli :

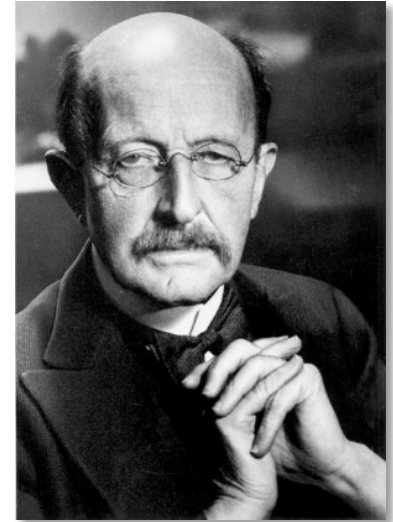
« L'énergie **est** le produit de la force appliquée à un corps par le déplacement infinitésimal subi par ce corps sous l'effet de cette force ».
Lettre à Varignon, 26 janvier 1717.
- James Prescott Joule :

« L'expérience a montré que chaque fois que de la **force vive** est apparemment détruite, un équivalent de cette force vive est produit. Cet équivalent est **la chaleur**. » J.-P. Joule, *Scientific Papers*, p. 269.



L'énergie : ancrage historique (3)

- Max Planck : L'énergie doit d'abord et surtout être **abstraitement** considérée comme une grandeur **qui se conserve au cours du temps**, et que c'est même cette caractéristique essentielle qui la dit le mieux.
- Emmy Noether : La conservation de l'énergie est une conséquence de l'invariance des lois physiques par translation du temps (théorème de Noether)



M. Planck (1858-1947)



E. Noether (1882-1935)

ENSEIGNER L'ÉNERGIE

Leviers pédagogiques

Enseigner l'énergie : donner du sens

A quels **problèmes/nécessités** la création du concept d'énergie répond-elle ?



L'élève ne peut donner sens aux connaissances scientifiques qu'en les appréhendant comme solutions possibles de problématiques élaborées en classe (Favre & Orange, 1999)

1. L'énergie : éléments pour une définition



- Lampe éteinte > lampe allumée
- Voiture à l'arrêt > voiture en mouvement
- Eau à basse température > Eau à température élevée
- Etc.

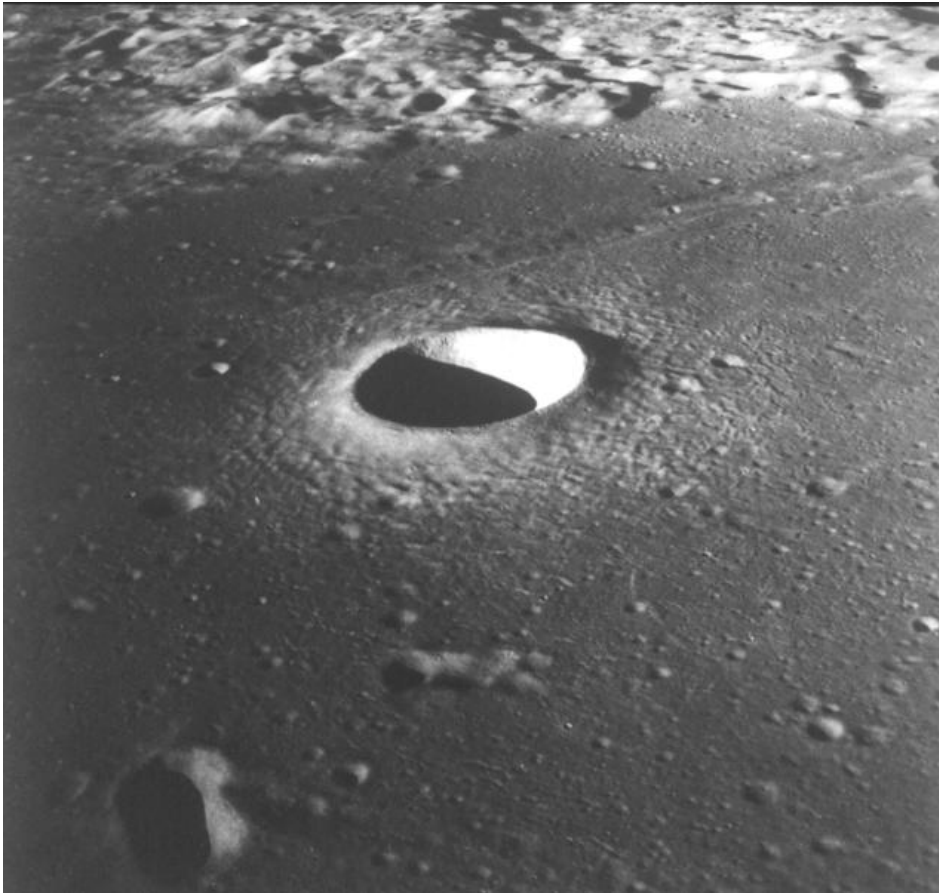
= Grandeur qui quantifie la capacité d'un **système** à effectuer un **changement**

- Grandeur que l'on associe à un objet (un système) pour qualifier l'état dans lequel il se trouve (conséquence : si l'état change, la valeur de la grandeur change)
- Grandeur qui désigne une **propriété potentielle**

2. Approcher les propriétés de l'énergie

- Poser l'énergie comme fonction d'état (grandeur intrinsèque)
 - Risque de confusion avec « source » / risque de matérialisation
- Partir des connaissances déjà construites / déjà-là
 - Aborder l'énergie *via* des situations de transfert et de conversion
 - Aborder la conservation en passant par la dissipation (toutes les formes d'énergie ne sont pas également utilisables)
- Amener les élèves à comprendre à quel « problème » répond l'émergence du concept : approcher la conservation par l'invariance :
 - Existe-t-il des situations qui provoquent des effets identiques (approche pseudo-historique) > diamètre des cratères

Energie potentielle \leftrightarrow diamètre des cratères



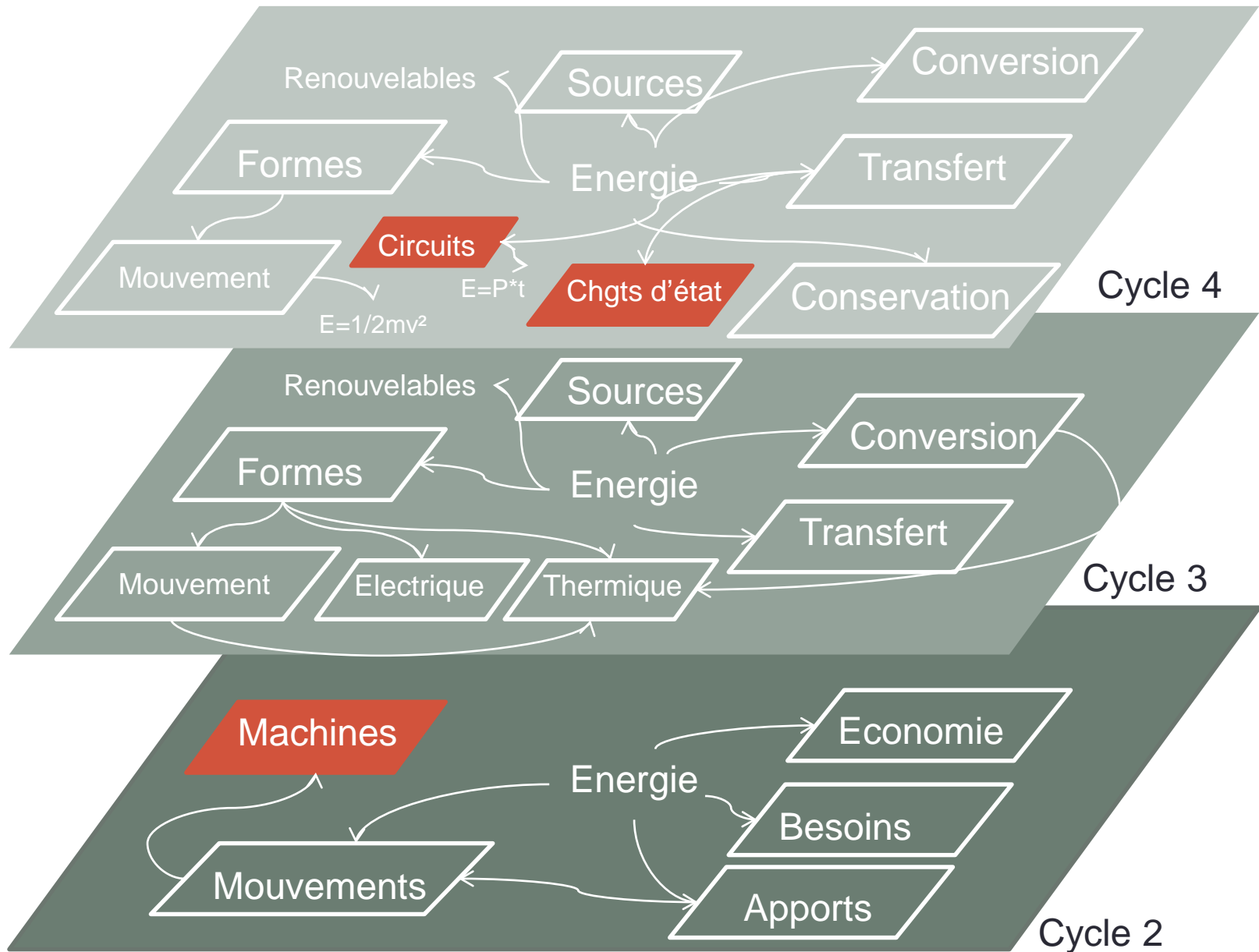
Voir MOOC « Energie » - la main à la pâte

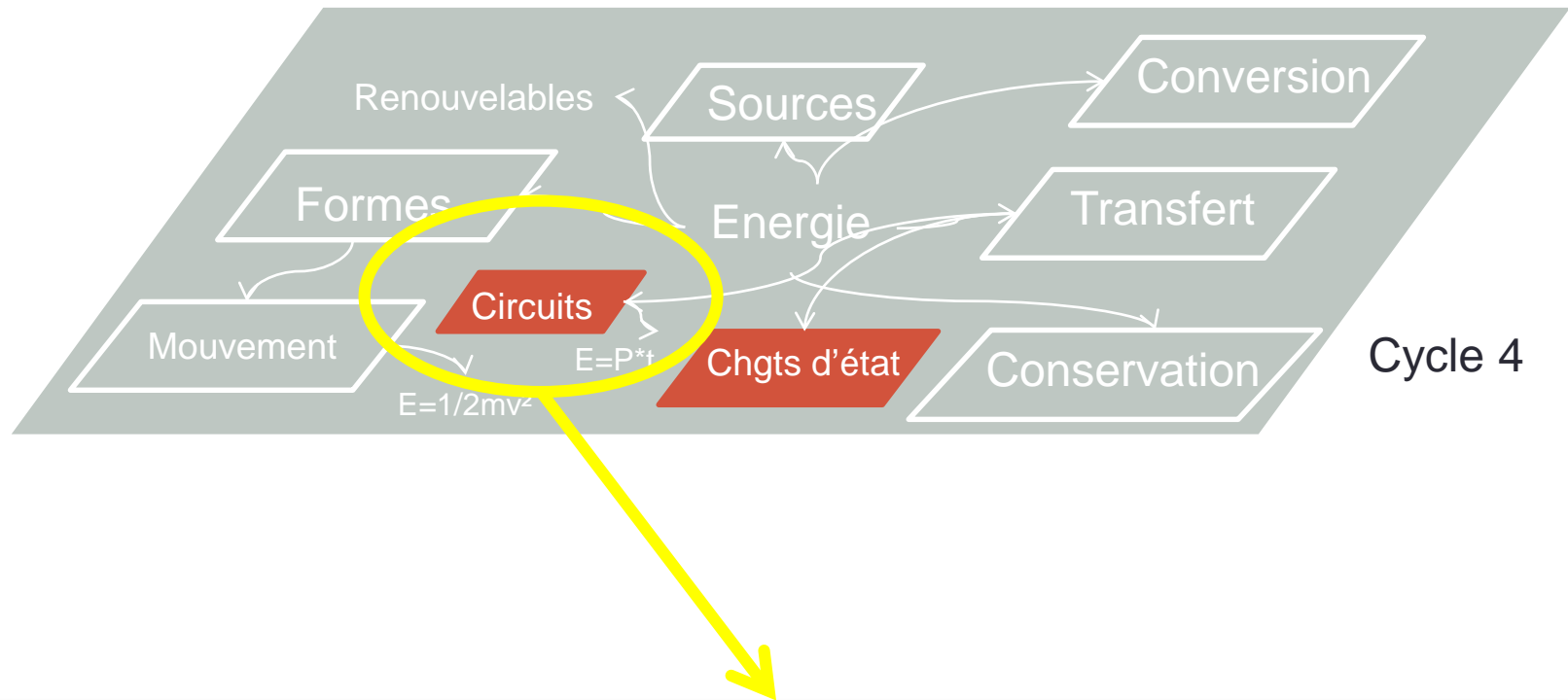
Un objet de masse 1 tombant de 4 est équivalent à un objet de masse 4 tombant de 1 du point de vue de la « force vive » = « quantité d'action motrice ».

L'ÉNERGIE

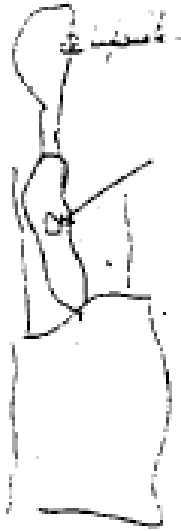
Un point sur les nouveaux programmes de cycle 2, 3 et 4

Reconstruction de l'introduction de la notion d'énergie au fil des cycles 2, 3 et 4

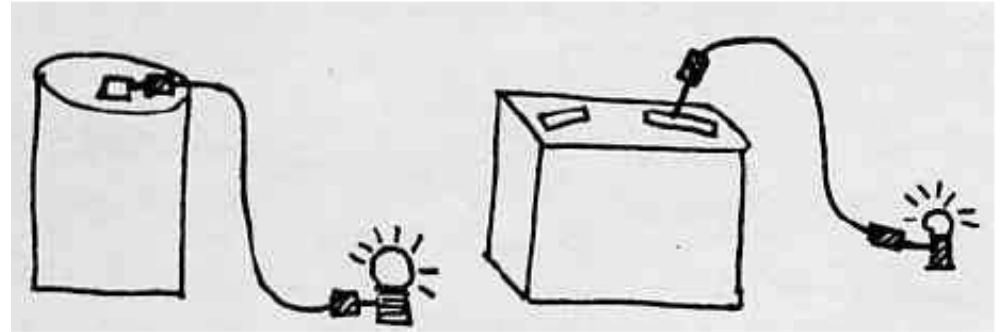




Dès la classe de 5^e, la mise en œuvre de circuits simples visant à réaliser des fonctions précises est recommandée. L'étude des propriétés du courant électrique et de la tension peut être abordée dès la classe de 5^e notamment pour prendre en compte les représentations des élèves. En classes de 4^e et de 3^e, elle sera reprise avec le formalisme requis.



“Un grain de lumière sort de la pile et va dans la lampe”



“L’électricité passe dans les fils et entre dans l’ampoule. Le fil sert à conduire l’électricité jusqu’à l’ampoule”

8. Il aurait été préférable de placer le fusible entre les points O et P car étant placé en bout de montage on peut faire griller toutes les résistances avant lui en cas de surchauffe du circuit, alors qu'entre les points O et P, seul le fusible aurait grillé dans ce cas.

L'électricité est une énergie qui voyage

Fonctionnement

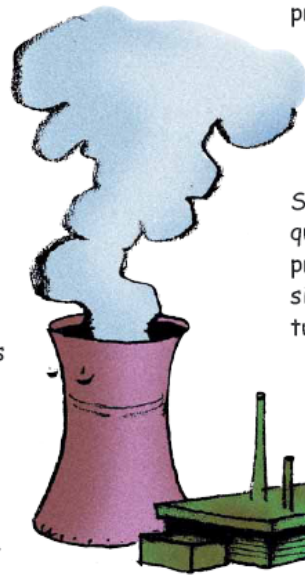
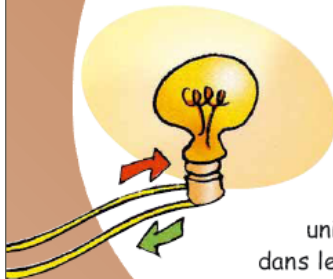
L'électricité voyage entre la centrale qui la fabrique et l'endroit où on l'utilise dans un circuit électrique.

Un circuit électrique comporte au moins deux fils conducteurs :

- un fil **ALLER** pour que les électrons aillent faire leur travail ;
- un fil **RETOUR** pour que les électrons fatigués puissent rentrer chez eux à la centrale qui va les pomper à nouveau.

Pour que l'électricité circule uniquement dans le fil **ALLER** et dans le fil **RETOUR**, il faut que les fils soient bien isolés.

En cas de défaillance de l'isolant d'un des fils du circuit, les électrons s'échappent par le chemin offrant le moins de résistance à leur passage pour rejoindre plus facilement la centrale par la terre.



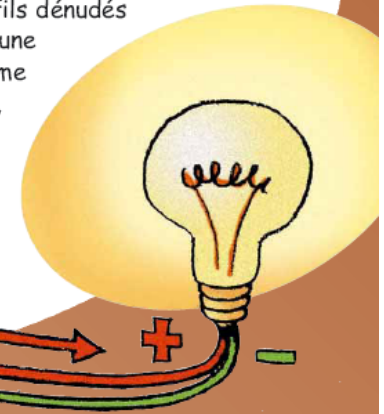
Dangers !

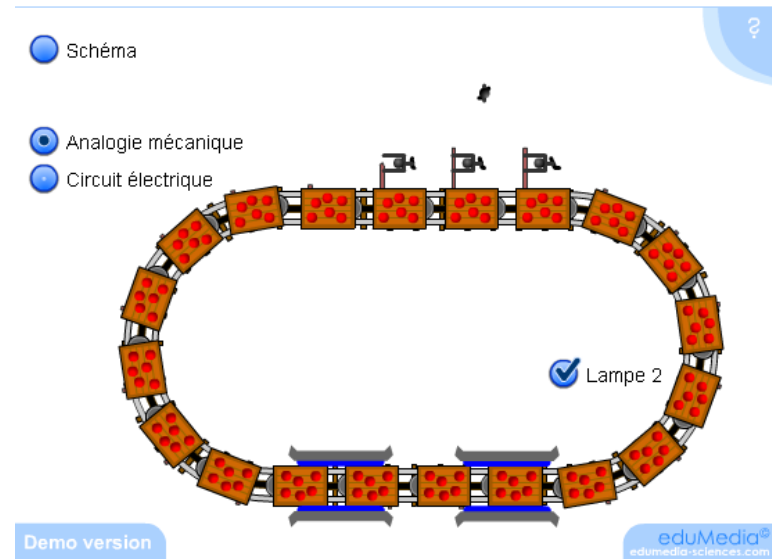
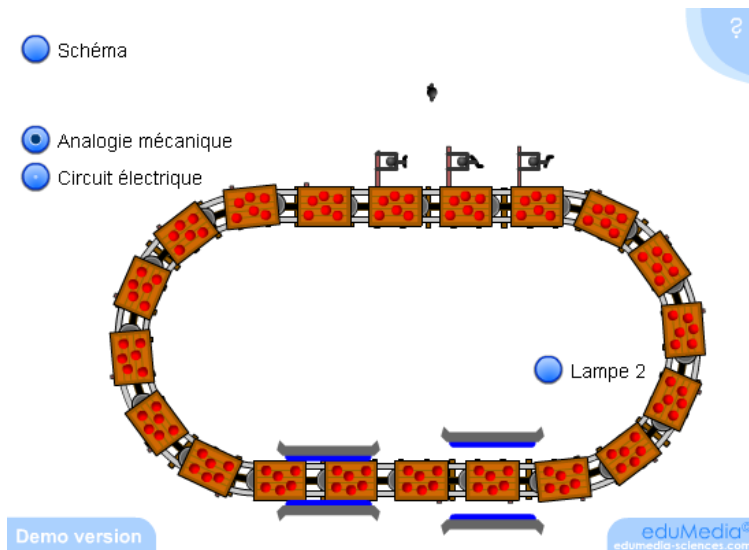
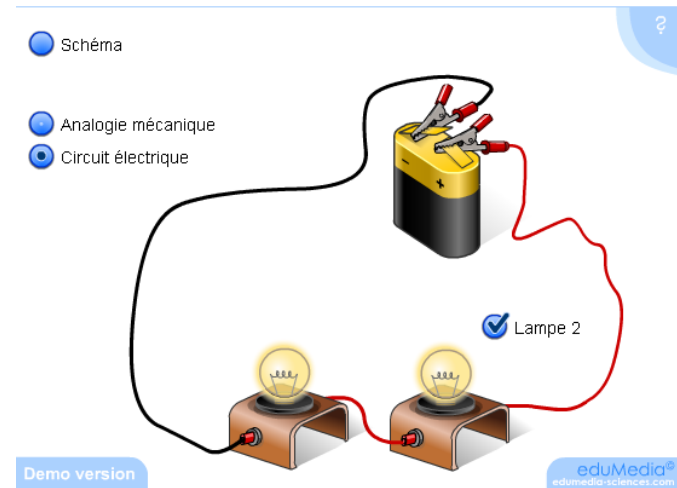
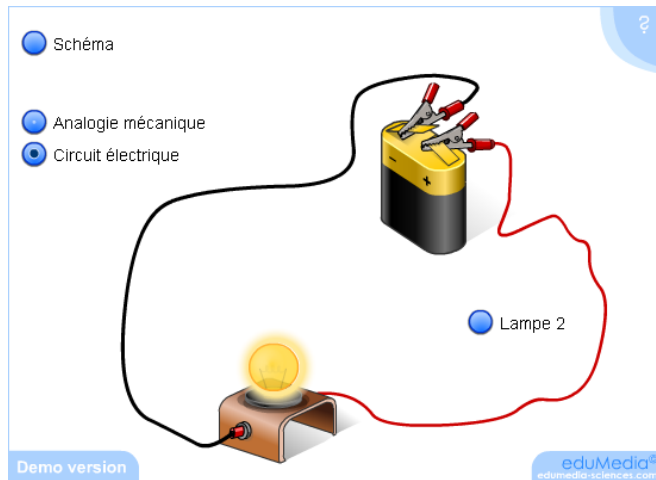
Pour que le voyage de l'électricité se passe bien, il ne faut pas se mettre en travers de son chemin et éloigner tout ce qui pourrait lui permettre un autre circuit.

Un cerf volant, une échelle ou tout autre objet utilisé trop près de la ligne électrique peut provoquer **UN ACCIDENT**.

Ne touche jamais des fils électriques mal isolés, par exemple lorsqu'il manque du plastique autour.

Si tu touches les deux fils dénudés qui vont à une lampe ou une prise de courant, ou même si tu touches un seul fil, tu peux t'électrocuter.





Références

- Bächtold, M., Munier, V., Guedj, M., Lerouge, A., & Ranquet, A. (2014). Quelle progression dans l'enseignement de l'énergie de l'école au lycée? Une analyse des programmes et des manuels. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (10), 63-91.
- Colin, P. (2011). Enseignement et vulgarisation scientifique : une frontière en cours d'effacement ? Une étude de cas autour de l'effet de serre. *Spirale* 48.
- Fabre, M., & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24.
- Feynman, R. (2014). *Cours de mécanique*. Paris : Dunod.
- Guedj, M., & Mayrargue, A. (2014). Éclairages historiques sur l'émergence du concept d'énergie. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (10), 35-61.
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique: l'enseignement de la mécanique*. Hachette.
- 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.

MERCI

cecile.dehosson@univ-paris-diderot.fr