

7 L'énergie mécanique

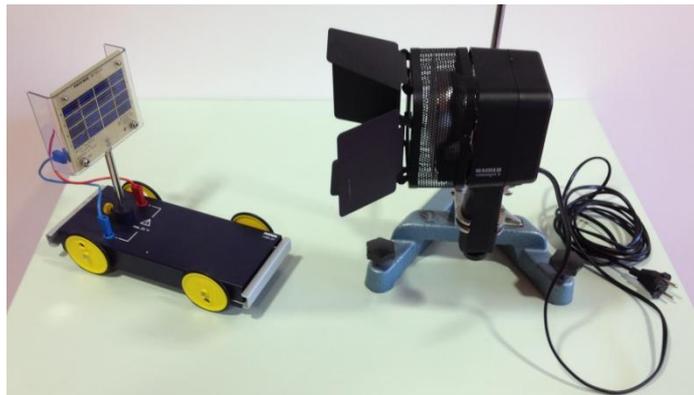
7.1) Formes d'énergie

Le terme énergie est utilisé couramment. On constate cependant qu'il est difficile de le définir correctement. En science physique, l'énergie est nécessaire pour fournir un travail, pour chauffer un corps, pour émettre un rayonnement ou pour alimenter un circuit électrique.

Du point de vue mécanique on peut dire que l'énergie est du travail en stock.

Expérience: Voiture à énergie solaire

Avec un spot électrique, on irradie un panneau solaire monté sur une voiture.



<i>→L'énergie se manifeste lorsqu'elle est libérée sous forme ...</i>	<i>ici</i>
<i>... d'électricité</i>	<i>source électrique, panneau solaire, moteur électrique</i>
<i>... de rayonnement</i>	<i>lumière émise par le spot</i>
<i>... de chaleur</i>	<i>le spot électrique s'échauffe</i>
<i>... ou de travail</i>	<i>la voiture est accélérée</i>

Conclusion : La quantité d'énergie d'un corps se manifeste lors d'une transformation qui libère cette énergie sous forme de travail mécanique, de chaleur, de rayonnement ou d'électricité. **Unité de l'énergie=unité de travail = JOULE**

Selon les modes de stockage on distingue différentes **formes d'énergie**.

Énergie mécanique = énergie qui permet d'effectuer directement un travail mécanique

- Énergie potentielle de pesanteur : Énergie stockée dans un corps se trouvant à une certaine altitude (p.ex. poids d'une horloge, masse pour enfoncer des pieux)
- Énergie potentielle élastique: Énergie stockée dans un corps élastique déformé (p.ex. ressort, arc tendu, lance pierre avec élastique)
- Énergie cinétique : Énergie stockée dans un corps en mouvement (p.ex. obus, bélier)

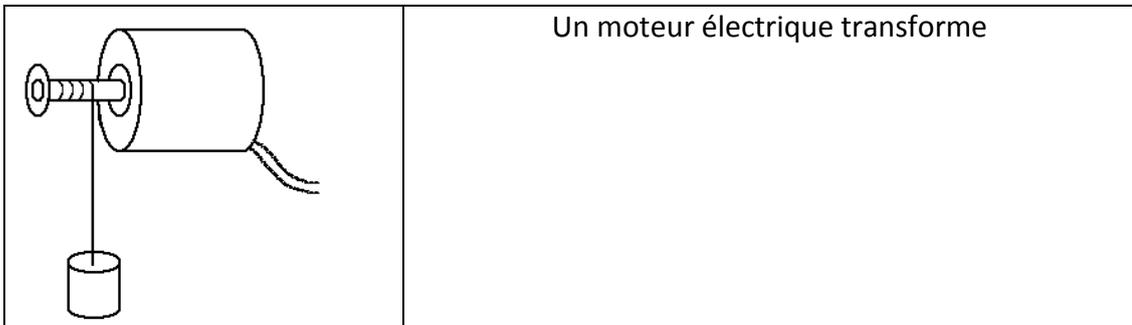
Autres formes d'énergie

- Énergie chimique : stockée dans les liaisons chimiques entre molécules et atomes
- Énergie thermique (ou calorifique) : liée à la température des corps
- Énergie électrique : stockée dans des charges électriques en interaction
- Énergie magnétique : liée à des forces d'interaction magnétiques
- Énergie nucléaire : stockée dans les noyaux atomiques
- Énergie rayonnante : énergie contenue dans les rayonnements (lumière visible, rayons X, ondes radio/TV ...)

7.2) Transformation d'énergie

Quasiment tous les dispositifs de la vie courante sont basés sur des transformations d'énergie : une forme d'énergie est transformée en une ou plusieurs autres formes.

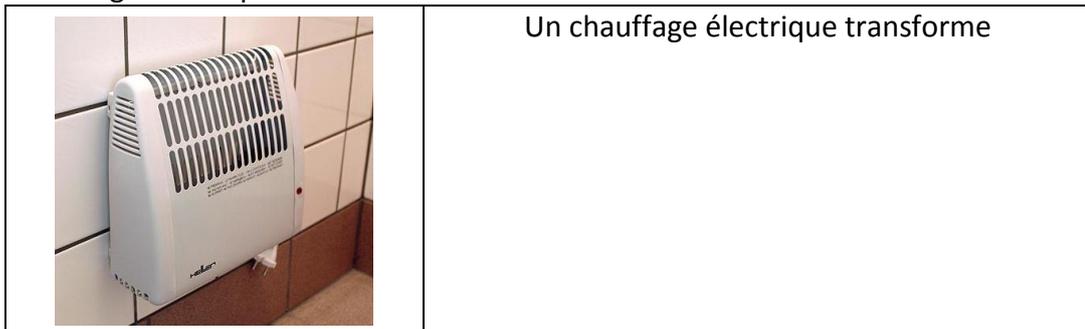
1. Un moteur électrique soulève un corps (voir chapitre sur la puissance)



2. Un ressort comprimé permet de lancer un projectile



3. Chauffage électrique



4. Une pile

	Une pile transforme
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------

5. Une lampe à incandescence est connectée à une pile.

		Une lampe à incandescence transforme
-----------------------------------------------------------------------------------	--	--------------------------------------

6. Les cyclistes doivent veiller à une alimentation « riche en énergie ».

		Pendant la course, un cycliste transforme
------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------

Surtout dans le domaine alimentaire, on utilise une autre unité d'énergie : la calorie ou la kilocalorie : 100g de chocolat :kJ = 526 kcal
100g de riz cuit : 450kJ = kcal

Une **calorie** est la chaleur qu'il faut fournir à 1 g (kg) d'eau pour augmenter sa température de 1°C.
 $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ et donc $1 \text{ kcal} = (\text{parfois } 1 \text{ Cal}) = 4186 \text{ J}$

Noter que le rendement du corps humain fait qu'il faut consommer +/- 5kcal pour fournir un travail mécanique de 1kcal=4186 J. Rendement 20%.

7. Une voiture freine et évite ainsi une collision

		Le frein d'une voiture transforme
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------

8. Centrale électrique à charbon



Une centrale électrique à charbon transforme

9. Centrale nucléaire



Une centrale nucléaire transforme

10. Éolienne



Une éolienne transforme

11. Une cellule photovoltaïque est éclairée par le Soleil



Une cellule photovoltaïque transforme

7.3) Transfert (transmission) d'énergie

Lorsqu'une boule de billard frappe une autre bille, elle transmet son énergie cinétique. L'énergie ne change pas de forme, mais est transférée partiellement à un autre corps. De même si un corps chaud touche un corps froid.

7.4) Principe de conservation de l'énergie totale

Un **système** est **isolé**, s'il est sans interaction avec l'extérieur et qu'il n'échange pas d'énergie avec l'extérieur.

Au sein d'un tel système, l'énergie peut exister sous différentes formes (énergie thermique, chimique; mécanique ...). Quelle que soit l'évolution d'un système isolé, l'énergie totale du système reste constante.

Ainsi lors des transformations d'énergie dans le système, **la somme de toutes les énergies reste toujours la même.**

7.5) Etude des énergies mécaniques

La physique mécanique, considère deux manifestations pour l'énergie mécanique:

- l'énergie cinétique d'une masse en mouvement
 - énergie cinétique de translation
 - énergie cinétique de rotation
- l'énergie potentielle des forces d'interaction s'exerçant entre deux corps
 - énergie potentielle de pesanteur
 - énergie potentielle élastique

Lorsqu'un travail est effectué, de l'énergie est transféré d'un corps à un autre. Si le travail se fait sans frottement, l'augmentation de l'énergie mécanique du corps (en J) correspond exactement au travail reçu (en J).

Pour calculer l'énergie mécanique E d'un corps dans un état donné on calcule $E = \text{travail reçu}$ par le système pour passer (sans frottement) de l'état de référence ($E=0$) à l'état étudié.

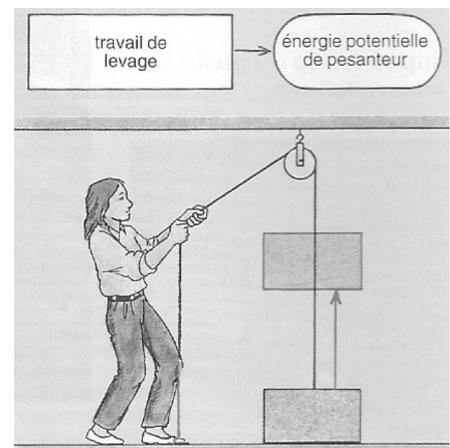
a) Energie potentielle de pesanteur

Un corps situé à une certaine altitude possède de l'énergie car en tombant, il peut effectuer un travail (p.ex. enfoncer un clou, déformer un autre corps). Cette énergie est appelée **énergie potentielle de pesanteur**.

Energie potentielle de pesanteur = travail emmagasiné dans un corps élevé d'une hauteur h

Pour soulever un corps de masse m, à partir du sol (=niveau de référence) à une hauteur h, le **travail de levage** contre la force de pesanteur $P=m \cdot g$ (constante) vaut:

$$W_p = P \cdot h = m \cdot g \cdot h$$



L'énergie potentielle de pesanteur d'une masse m à la hauteur h correspond au travail de levage reçu et vaut:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Unités: m en kg; $g = 9,8 \text{ N/kg}$; h en m et E_p en J

Remarques :

- L'énergie potentielle de pesanteur tout comme le travail de levage est indépendant du chemin suivi lors de la montée.
- L'énergie potentielle dépend du niveau de référence pour lequel on définit $h=0$ et $E_p=0$.

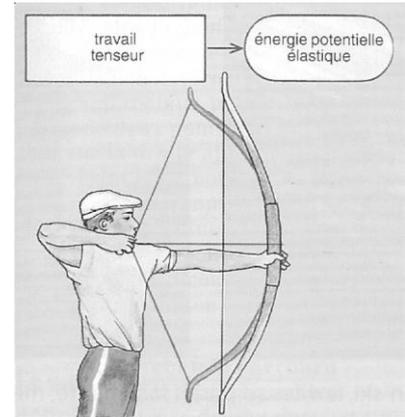
b) Energie potentielle élastique

Un corps élastique qui a été tendu ou comprimé possède de l'énergie car il peut fournir un travail (p.ex. accélérer un flèche) si on le relache. Cette énergie est appelée énergie potentielle élastique

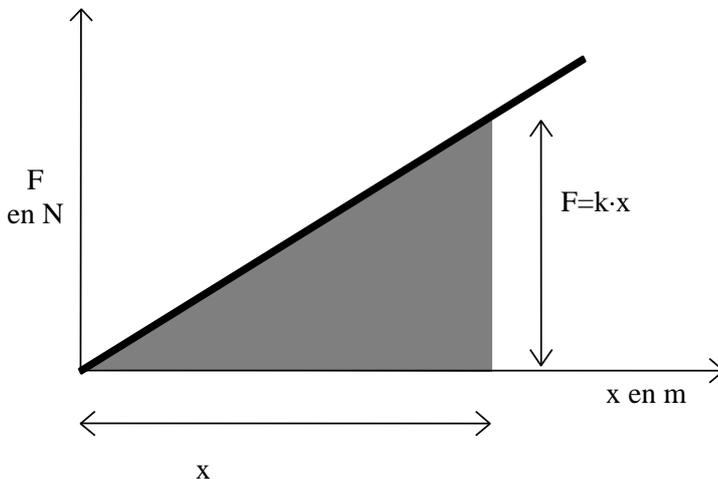
Pour calculer le travail il faut tenir compte du fait que la force augmente au cours du mouvement.

Dans le cas d'un ressort la loi de Hooke s'écrit $F=k \cdot x$ avec

- F=force d'étirement en N
- x=allongement en m
- k=raideur du ressort en N/m.



Ainsi pour étirer un ressort de raideur k initialement détendu (=état de référence) sur une longueur x, le travail tenseur contre la force élastique F variable est déterminé à l'aide d'un **diagramme du travail**.



Le **travail tenseur** effectué correspond à une surface triangulaire:

$$W_H = \frac{1}{2}(\text{base}) \cdot (\text{hauteur})$$

$$= \frac{1}{2}(x) \cdot (k \cdot x)$$

$$= \frac{1}{2} k x^2$$

L'énergie potentielle élastique d'un ressort de raideur k étiré sur une longueur x correspond au travail tenseur reçu et vaut:

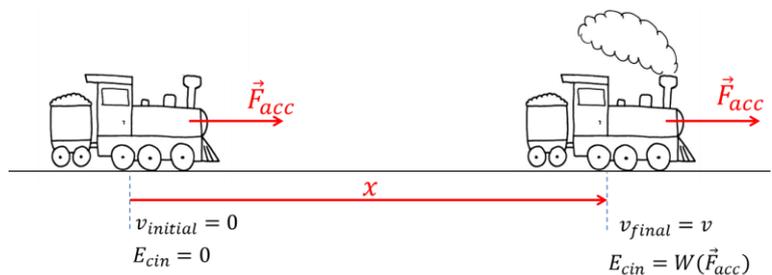
$$E_H = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

Unités: k en N/m; x en m et E_H en J.

c) Energie cinétique

Pour accélérer un corps de masse m du repos (=état de référence) à une vitesse v, le **travail accélérateur** augmente avec le carré de la vitesse. On démontre en II^e la formule.

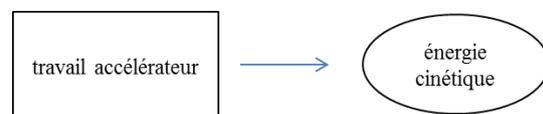
$$W_{acc} = \frac{1}{2} m v^2$$



L'énergie cinétique d'un mobile de masse m qui se déplace à la vitesse v correspond au travail d'accélération reçu et vaut:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Unités: m en kg; v en m/s et E_c en J.

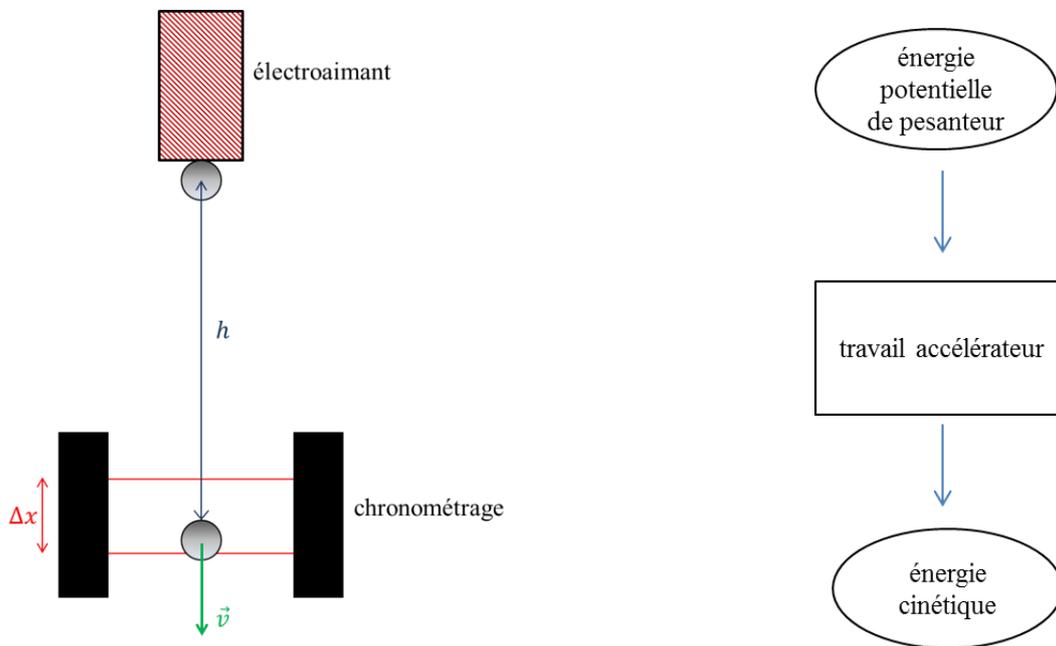


Expérience : vitesse après un travail d'accélération effectué par un poids qui tire un chariot sur coussin d'air horizontal. $m = m_1 + m_2$.

m_1 (kg)	m_2 (kg)	v (m/s)	h (m)	W_{poids} (J)	W/v^2	$E = 0,5 \cdot m \cdot v^2$ (J)

Expérience : bille métallique en chute libre

Schéma :



masse de la bille : $m = 5,6 \text{ g} = 0,0056 \text{ kg}$
 $\Delta x = 28 \text{ mm}$

h (m)	Δt (ms)	$v_{bas} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \left(\frac{m}{s} \right)$	$E_{pes}(haut)$	$E_{cin}(bas)$

7.6) Conservation de l'énergie mécanique

Si un système mécanique est soumis

- 1) au poids (énergie potentielle de pesanteur)
- 2) à une force élastique (énergie potentielle élastique de Hooke)
- 3) à des forces de contact perpendiculaires au mouvement c'est-à-dire **sans frottement**

alors le système n'est ni freiné ni entretenu et n'échange pas d'énergie avec l'extérieur.

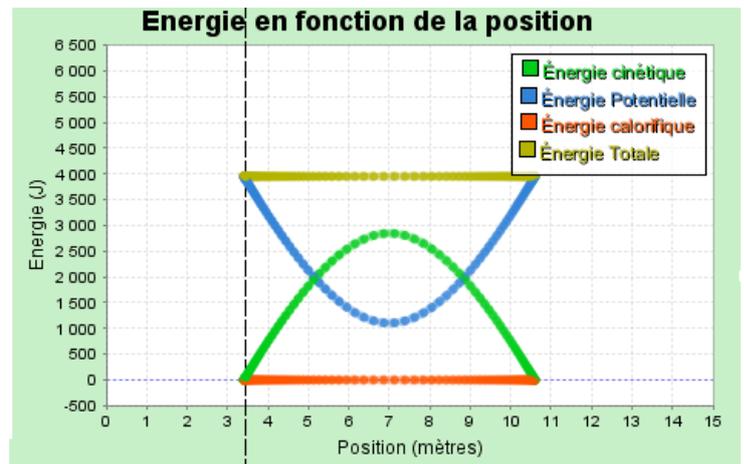
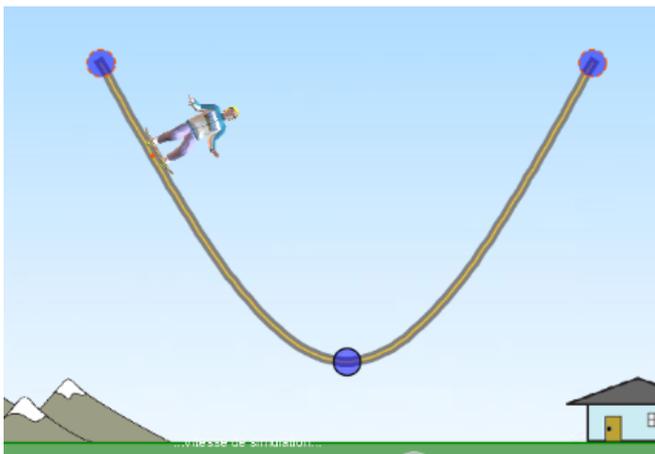
Dans ce cas, l'énergie mécanique totale $E = E_{\text{pot}} + E_{\text{cin}}$ reste constante. L'énergie potentielle (E_p resp. E_H) se transforme sans pertes en énergie cinétique E_{cin} et vice-versa.

Exemples typiques (avec peu de frottement). Dessiner les schémas de transformation

Corps en chute libre :

Course skaterpark ou wagon sur montagne russe (Achterbahn)

Simulations : <http://phet.colorado.edu/fr/simulation/energy-skate-park>



Pendule pesant

Pendule élastique

Tremplin https://www.youtube.com/watch?v=5voF_uYLKxs

Rem : Si le frottement ou une déformation inélastique joue un rôle, une partie de l'énergie mécanique est transformée en chaleur. (Reibung erzeugt Wärme). L'énergie mécanique diminue et se retrouve sous forme d'énergie thermique.