

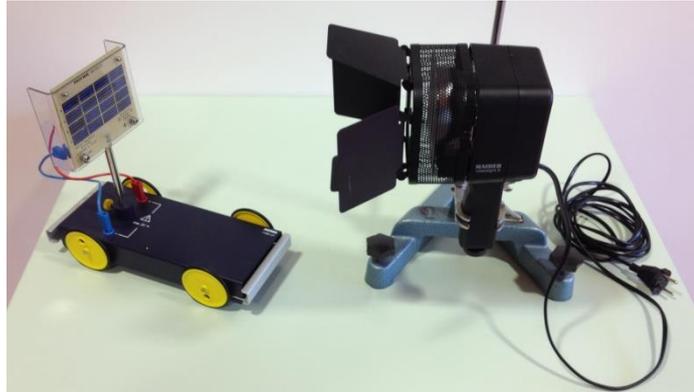
## 6 L'énergie (mécanique)

### 6.1) 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.

**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 transmis sous forme ...</i>	<i>ici</i>
<i>... d'électricité</i>	<i>1) secteur électrique =&gt; lampe, 2) panneau solaire =&gt; moteur électrique</i>
<i>... de rayonnement</i>	<i>lumière émise par le spot =&gt; panneau</i>
<i>... de chaleur</i>	<i>lampe chauffe =&gt; air</i>
<i>... ou de travail</i>	<i>moteur accélère =&gt; voiture</i>

**Conclusion :** La quantité d'énergie d'un corps se manifeste lorsqu'il 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**.

Du point de vue mécanique on peut dire : **énergie mécanique = travail en stock**

- Énergie potentielle de pesanteur : Énergie stockée dans un corps se trouvant à une certaine altitude (p.ex. poids d'une horloge, masse lâchée pour enfoncer un pieu)
- 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, voiture)

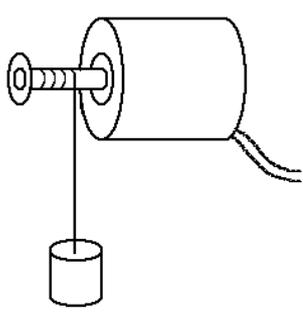
### Autres formes d'énergie

- 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 ...)

## 6.2) 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)

	<p>Un moteur électrique transforme</p> 
--	--

2. Un ressort comprimé permet de lancer un projectile

	<p>Le canon transforme</p>
---	----------------------------

3. Chauffage électrique

	<p>Un chauffage électrique transforme</p>
---	---

4. Une voiture freine et évite ainsi une collision



Le frein d'une voiture transforme

5. 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 = 530 kcal  
 100g de riz cuit : 450kJ = ..... kcal

Valeurs nutritionnelles moyennes	pour 100 g
Valeur énergétique	530 kcal (2215 kJ)
Protéines	6,8 g

Une **calorie** est la chaleur qu'il faut fournir à 1 g (kg) d'eau pour augmenter sa température de 1°C.

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J} \text{ et donc } 1 \text{ kcal} = (\text{parfois } 1 \text{ Cal}) = 4186 \text{ J}$$

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

### 6.3) 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 (et transferts) d'énergie dans le système, **la somme de toutes les énergies reste toujours la même.**

Energieformen : <https://www.youtube.com/watch?v=69IJPQx2YLc>

## 6.4) Etude des énergies mécaniques

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

- l'énergie cinétique liée à la vitesse d'une masse en mouvement
  - énergie cinétique de translation
  - énergie cinétique de rotation
- l'énergie potentielle liée à la position et à la force d'interaction entre deux corps
  - énergie potentielle de pesanteur
  - énergie potentielle élastique

### a) Travail = mode de transfert d'énergie

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).

L'énergie mécanique E d'un corps dans un état donné

=

travail reçu par le système pour passer (sans frottement) de l'état de référence (E=0) à l'état étudié.

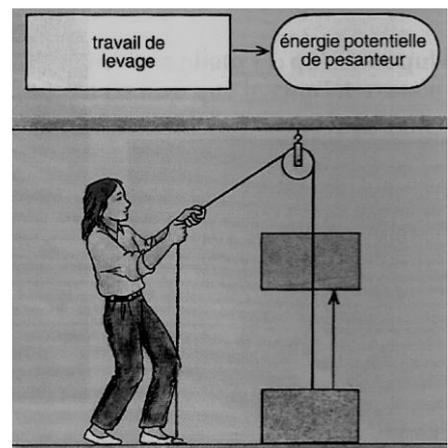
### b) Energie potentielle de pesanteur

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:

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



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

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (\text{niveau de référence } h=0)$$

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

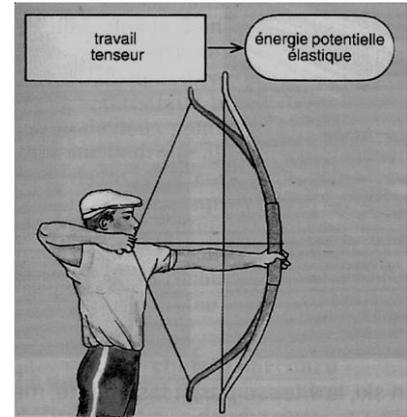
Remarques :

- 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  $E_p=0$ .

Simple Physics : <https://www.youtube.com/watch?v=IvgWOYpMYzU>

**c) Energie potentielle élastique**

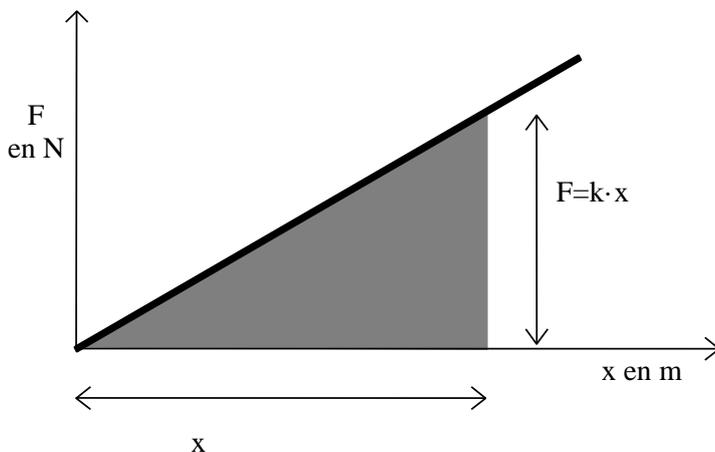
Un corps élastique qui a été tendu ou comprimé possède de l'énergie car il peut fournir un travail (p.ex. accélérer un flèche) si on le relache. Cette énergie est appelée énergie potentielle élastique



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  $F=k \cdot x$

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:

$$\begin{aligned} W_H &= \frac{1}{2} (\text{base}) \cdot (\text{hauteur}) \\ &= \frac{1}{2} (x) \cdot (k \cdot x) \\ &= \frac{1}{2} kx^2 \end{aligned}$$

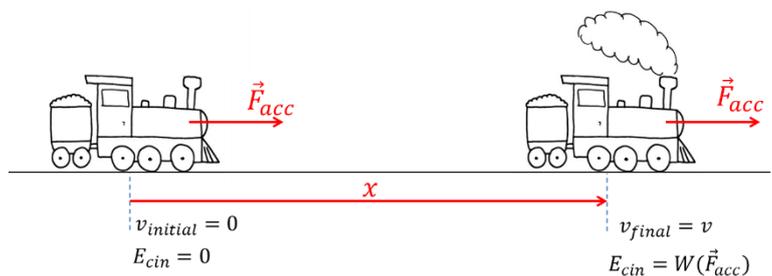
L'énergie potentielle élastique d'un ressort de raideur  $k$  étiré sur une longueur  $x$  correspond au travail tenseur reçu et vaut:

$$E_H = \frac{1}{2} k \cdot x^2 \quad (\text{formule pas au programme})$$

Unités:  $k$  en N/m;  $x$  en m et  $E_H$  en J.

**d) Energie cinétique**

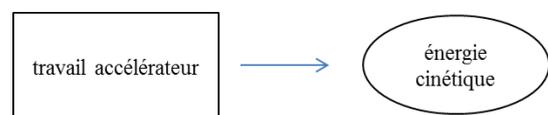
Pour accélérer un corps de masse  $m$  du repos (=état de référence) à une vitesse  $v$ , le **travail accélérateur** augmente avec le carré de la vitesse. On démontre en II<sup>e</sup> la formule.



$$W_{acc} = \frac{1}{2} mv^2$$

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

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



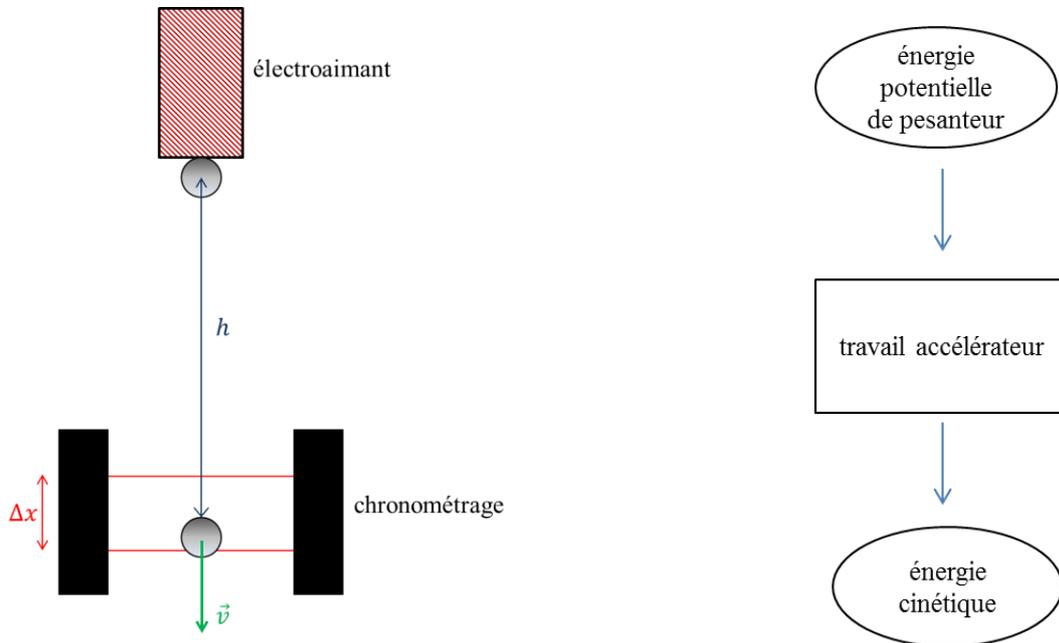
Unités:  $m$  en kg;  $v$  en m/s et  $E_c$  en J.

Simple Physics : <https://www.youtube.com/watch?v=nMkShHUV5y8>

## 6.5) Conservation de l'énergie mécanique

*Expérience : bille métallique en chute libre (sans frottement)*

Schéma :



masse de la bille :  $m =$      $g =$      $\text{kg}$   
 $\Delta x = 28 \text{ mm}$

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

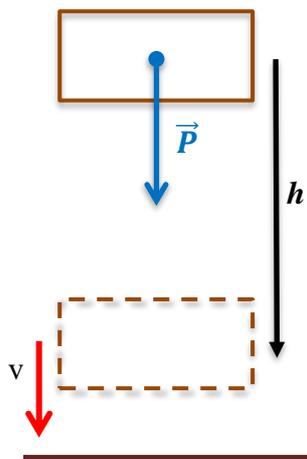
Conclusion : Initial (haut) :  $E_{mec1} =$   
 Final (bas) :  $E_{mec2} =$

Si un système mécanique **ne subit pas de frottement** et est uniquement soumis  
 1) au poids (énergie potentielle de pesanteur)  
 2) et evtl. à une force élastique (énergie potentielle élastique de Hooke)  
 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  $E = E_{pot} + E_{cin}$  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 : Film : [Une voiture tombe verticalement vers le bas](#) .

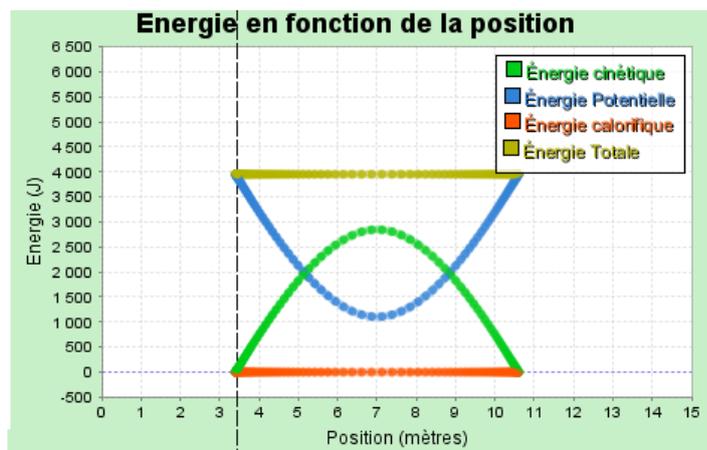
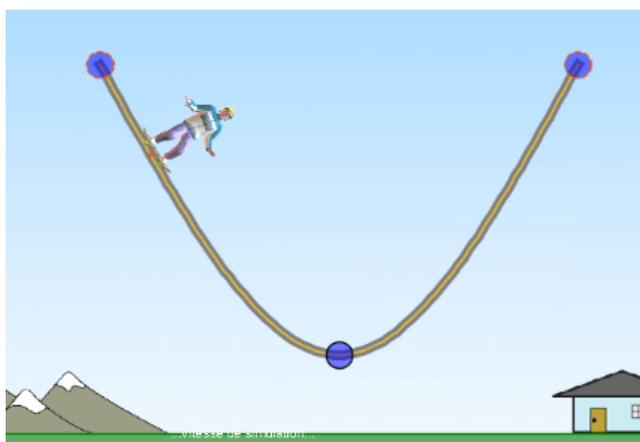


Calculer la vitesse après 15m chute ?  
Quelle hauteur pour 100km/h ou 50km/h?

Simple Physics : <https://www.youtube.com/watch?v=f1fUKXC-1NM>

Course skatepark ou wagon sur montagne russe (Achterbahn)

Simulations : <http://phet.colorado.edu/fr/simulation/energy-skate-park> (référence  $E_p=0$  au sol)

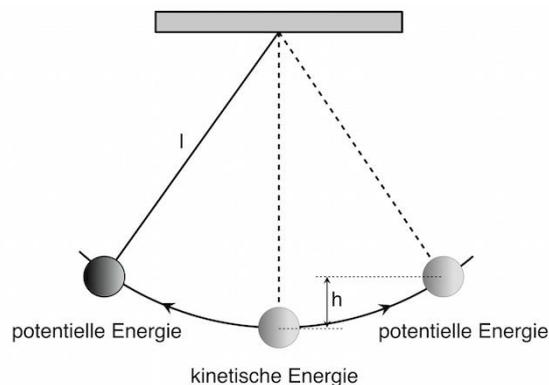


Pendule pesant

Jojo

Trampoline

[https://www.youtube.com/watch?v=5voF\\_uYLKxs](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.*