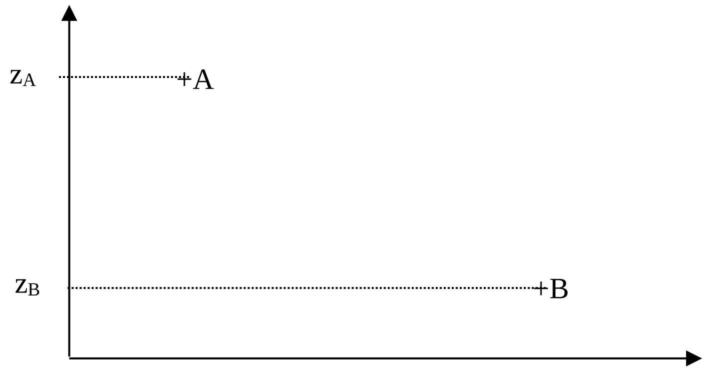
EN3 Energie potentielle

1. Energie potentielle de pesanteur

On appelle énergie potentielle de pesanteur d'un corps de masse m, l'énergie (=faculté de travail) qu'il possède du fait de sa position surélevée dans le champ de pesanteur.

On doit fixer un niveau de référence d'altitude z=0 où l'énergie potentielle vaut 0. Ensuite on calcule le travail de levage W (F_{levage}) =m·g·h jusqu'à la nouvelle altitude z=h.

Epp = travail de levage en stock
$E_{pp}(z) = m\cdot g\cdot z + C$ *défini à une constante C près. Souvent on fixe $E_{pp}(0)=C=0$.*



Si un corps de masse m descend de A vers B d'une hauteur h= $z_A - z_B$, le **poids** fait un **travail $W_{AB}(\vec{P})$** positif qui correspond à la **<u>diminution</u>** *(=initial – final)* de l'énergie potentielle de pesanteur:

$W_{AB}(\vec{P}) = mgh = m\cdot g\cdot z_A - m\cdot g\cdot z_B$

$\mathbf{W_{AB}(\vec{P}) = E_{PP}(A) - E_{PP}(B) = -\Delta E_{PP}}$

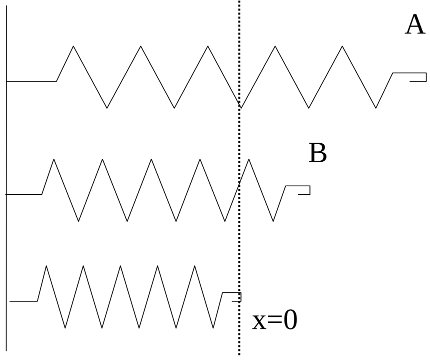
Propriétés de l'énergie potentielle de pesanteur :

- L'énergie potentielle de pesanteur dépend de la position du solide par rapport à la terre. C'est une énergie du système {terre, solide}.
- L'expression $E_{pp}=m\cdot g\cdot z+C$ n'est valable que dans une zone proche de la terre où $\vec{g}$ reste constant.
- Pour un corps étendu, la cote est mesurée sur le centre de gravité $z=z_G$
- Pour plusieurs corps : $E_{pp}=m_1\cdot g\cdot z_1 + m_2\cdot g\cdot z_2$

2. Energie potentielle élastique de Hooke

On appelle énergie potentielle élastique (de Hooke) d'un ressort, l'énergie qu'il possède du fait de son état d'étirement (ou de compression). On commence l'étirement à partir de la position d'équilibre du ressort à vide et on calcule le travail d'étirement W ($\vec{F}_{étir}$) =$\frac{1}{2}\cdot k\cdot x^2$ jusqu'en x.

E_{PH} = travail d'étirement en stock
$E_{PH}(x) = \frac{1}{2}\cdot k\cdot x^2$ *pas de constante parce qu'on fixe EPH=0 pour un ressort détendu (x=0).*



Soit un ressort de raideur k qui se contracte de A vers B, la **force de rappel** $\vec{T}$ fait un travail $W_{AB}(\vec{T})>0$ qui est indépendant du chemin et qui correspond à la **<u>diminution</u>** *(=initial – final)* de l'énergie potentielle élastique.

$W_{AB}(\vec{T}) = \frac{1}{2}\cdot k\cdot x_A^2 - \frac{1}{2}\cdot k\cdot x_B^2$

$\mathbf{W_{AB}(\vec{T}) = E_{PH}(A) - E_{PH}(B) = -\Delta E_{PH}}$

Simulation IP: Lancement d'un chariot à l'aide d'un ressort sans frottement.

EN4 Energie mécanique

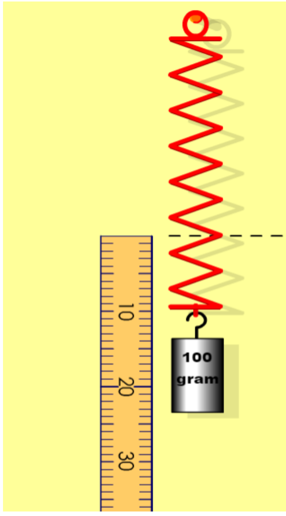
Définition : On appelle <u>système mécanique</u> un ensemble de corps possédant chacun une masse, une position, une vitesse et dont on étudie l'évolution sous l'effet de forces. On ne tient pas compte de la structure interne (température, composition chimique, ...).

Dans un système mécanique apparaissent deux types d'énergie : l'énergie cinétique (liée à la vitesse) et l'énergie potentielle (liée à la position dans un champ de force). Dés qu'on tient compte de l'énergie potentielle associée à une force, cette force est interprétée comme une force interne au système.

Définition : On appelle <u>énergie mécanique E</u> la somme des énergies potentielles et cinétiques qui interviennent dans le système.

$\boxed{E = E_{cin} + E_{PP} + E_{PH}}$ *(E_{PP}=énergie pot de pesanteur, E_{PH}= énergie pot. élastique)*

S'il y a plusieurs corps on additionne les énergies mécaniques pour chaque corps.



1. Reformulation du T.E.C.

Considérons un solide de masse m accroché à un ressort de raideur k.
Le corps est soumis au cours du mouvement de A vers B

1. au poids $\vec{P}$ vertical
2. à la force de rappel du ressort $\vec{T}$
3. evtl. à une force de frottement $\vec{f}$

https://phet.colorado.edu/sims/mass-spring-lab/mass-spring-lab_fr.html

T.E.C.:
Variation d'énergie cin. du **CORPS** = travail des forces appliquées

$$\Delta E_C = E_B(B) - E_C(A) = \sum W_{AB}(\overrightarrow{F_{ext}}) = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{T}) + W_{AB}(\vec{f})$$

D'après EN3 *:* $W(\vec{P}) = -\Delta E_{PP}$ *et* $W(\vec{T}) = -\Delta E_{PH}$

D'où $E_C(B) - E_C(A) = E_{PP}(A) - E_{PP}(B) + E_{PH}(A) - E_{PH}(B) + W_{AB}(\vec{f})$

$$E_C(B) + E_{PP}(B) + E_{PH}(B) - \{E_C(A) + E_{PP}(A) + E_{PH}(A)\} = W_{AB}(\vec{f})$$

$$E(B) - E(A) = W_{AB}(\vec{f})$$

Var. d'énergie méca. du **SYST** = travail des forces extérieures (sans poids ou force ressort)

$$\Delta \mathbf{E_{méc}} = \sum W(\vec{F}_{ext})$$

le travail du poids $W(\vec{P})$ ou d'un ressort $W(\vec{T})$ ne sont plus considérés comme des travaux externes mais font partie de l'énergie mécanique.

2. Conservation de l'énergie mécanique

Si le travail des forces qui s'appliquent de l'<u>extérieur</u> sur les corps en mouvement est nul, la variation de l'énergie mécanique est nulle, c.à.d. $\boxed{E = const}$

Rem : *Le poids et la force de rappel du ressort sont internes au système !*
La valeur de E dépend du choix du niveau de référence pour $E_P=0$.

C'est le cas pour
- un corps en chute libre (il n'y a pas d'autres forces que le poids)
- un corps oscillant suspendu à un ressort (uniquement poids P et force de rappel T)
- un pendule oscillant (la force exercée par le fil est perpendiculaire au mouvement)
- un chariot sur un rail à coussin d'air incliné (la réaction du rail est normale)
- un chariot sur des montagnes russes (la réaction du rail est normale sans frottement)

Retenons : Si un mobile se déplace sans frottement, la réaction du support est normale et le travail correspondant $W(F_N) = 0$. L'énergie mécanique est alors conservée.
Cela implique que toute diminution de E_p (p.ex. descente ou détente) implique une augmentation de E_{cin} (accélération) et vice-versa.

3. Variation de l'énergie mécanique

a) Diminution de E

Si le mobile est soumis à une force de frottement opposée au mouvement.
$\Delta E = W(F_{frott}) < 0$ et l'énergie mécanique diminue

b) Augmentation de E

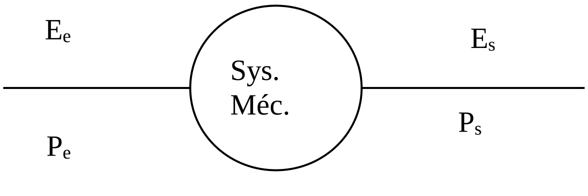
Si le mobile est soumis à une force motrice dans la direction du mouvement
$\Delta E = W(F_{mot}) > 0$ et l'énergie mécanique augmente

c) Entretien de E:

Si le travail de la force motrice compense exactement le travail de frottement on parle d'un système entretenu où l'énergie mécanique nette reste constante (Horloge).

4. Rendement d'une transmission

Parfois un système mécanique (p.ex. boîte de transmission, engrenage) reçoit une énergie mécanique E_e à l'entrée et restitue une énergie mécanique E_s à la sortie.



En divisant l'énergie E par le temps on obtient les puissances P correspondantes.

Le rendement $\eta = \frac{E_S}{E_e} = \frac{P_s}{P_e}$ est toujours inférieur à 1. La différence d'énergie E_e-E_s n'a pas disparue, mais est elle est transformée en chaleur. Puisque cette énergie n'est pas utile, on parle de « pertes » d'énergie mécanique par frottement.

Pour une chaîne de transmission $\eta_{tot}=\eta_1 \cdot \eta_2$