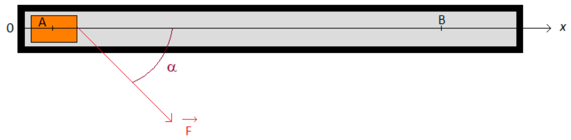
Thème : Description d'un mouvement.
Cours 8 : Mouvement dans un champ uniforme
Aspects énergétiques.
(version professeur)

B.O. Aspects énergétiques.
Capacités mathématiques : Résoudre une équation différentielle, déterminer la primitive d'une fonction, utiliser la représentation paramétrique d'une courbe.
Capacité numérique : Représenter, à partir de données expérimentales variées, l'évolution des grandeurs énergétiques d'un système en mouvement dans un champ uniforme à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur.

I. Travail d'une force.

1. Définition du travail d'une force.

Expression du travail d'une force constante $\vec{F}$ lors du déplacement rectiligne $\overrightarrow{AB}$.



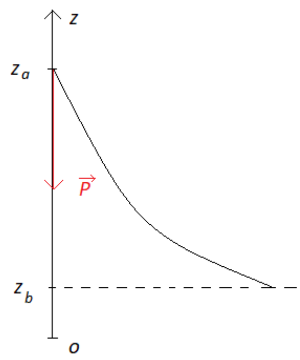
$\boxed{\boldsymbol{W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \times AB \times}}$

$W_{AB}(\vec{F})$ est le travail de la force et s'exprime est Joule. F est la force constante et s'exprime en Newton.
AB est la longueur du déplacement et s'exprime en mètre. α est l'angle entre le vecteur force $\vec{F}$ et le déplacement $\overrightarrow{AB}$

2. Travail moteur, résistant et nul.

Faire trois représentant un travail moteur, résistant et nul.
Donner des exemples dans la vie courante.

3. Travail de la force de pesanteur (du poids). Notion de force conservative.



Le travail du poids dépend-il du chemin suivi ?

Expression du travail du poids : $W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A\text{-}z_B) = m.g.h$ (Départ – Arrivée)
Le travail du poids d'un corps qui se déplace d'un point A à un point B, ne dépend pas du chemin suivi, mais uniquement de l'altitude du point de départ et du point d'arrivée.
$W_{AB}(\vec{P})$ s'exprime en joule (J) ; m est la masse du corps et s'exprime en kilogramme (kg).
g est l'intensité de la pesanteur et s'exprime en $N.kg^{-1}$ ou en $m.s^{-2}$
z_A et z_B sont les altitudes respectives de A et de B et s'exprime en mètre (m)

Notion de force conservative.

Une force est conservative si elle est constante en **intensité** et en **direction**.

Le poids est une force conservative car sa norme est constante (on considère que g ne varie pratiquement pas avec l'altitude) et sa direction (verticale) est également constante.
De manière générale si une force est conservative, son travail ne dépend pas du chemin suivi
Attention toutefois au cas des forces de frottements. **Les forces de frottements** dépendent de la vitesse du corps. Elles changent donc d'intensité, elles **ne sont donc pas conservatives.**

II. Energies.

2. Transferts d'énergie entre énergie potentielle et énergie cinétique.

Animation : http://phet.colorado.edu/fr/simulation/energy-skate-park-basics
ou https://phet.colorado.edu/fr/simulation/energy-skate-park

Problématique : comment évolue l'énergie du système skateur soumis au champ de pesanteur ?

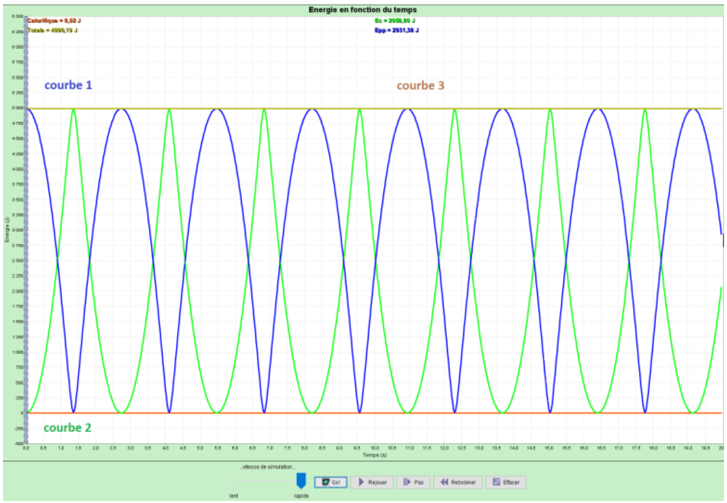
- On définit le système, le référentiel, les conditions initiales.
- On effectue le bilan des forces.

On utilise la fonctionnalité « histogramme » pour faire apparaître les différentes formes d'énergies.

- Energie cinétique : $E_K = 0$ pour $h = h_{max}$ et $E_K = E_{K\,max}$ pour $z_0 = 0$.
- Energie potentielle de pesanteur: $E_{PP} = E_{pp\,max}$ pour $h = = h_{max}$.
- Energie mécanique (totale) E_M = constante = $E_c + E_{PP}$ à tout instant t.
- Energie thermique (pas de forces de frottement) = 0

On constate qu'il y a transfert d'énergie au cours du temps. L'énergie totale reste toutefois constante.

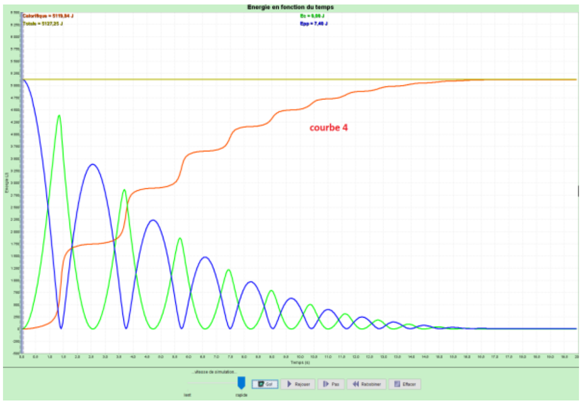
- Evolutions des énergies au cours du temps **sans frottement.**

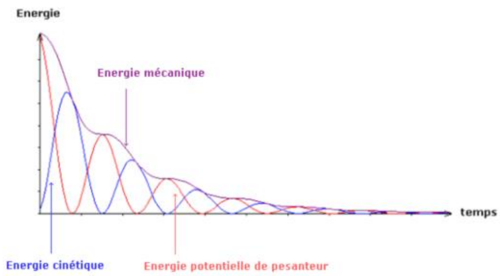


Attribuer les courbes aux différentes énergies (E_c , E_{pp} et E_m)

Il y a conservation de l'énergie mécanique.

- Evolution des énergies au cours du temps **avec frottements**





L'énergie mécanique diminue au cours du temps

La courbe 4 représente l'énergie thermique (calorifique) due aux frottements. Il y a dissipation de l'énergie sous forme de chaleur.

Il n'y a pas conservation de l'énergie mécanique.

III. Analyse dimensionnelle.

L'énergie cinétique et le travail d'une force ont-elles la même dimension ?

Masse : M ; Longueur L ; temps T

1. L'énergie cinétique a pour dimension $\mathrm{M} \cdot (\mathrm{L} \cdot \mathrm{T}^{-1})^2$ soit $M.L^2.T^{-2}$
2. Sachant qu'une force qui a pour unité le Newton, correspond au produit d'une masse par une accélération (deuxième loi de Newton) alors la dimension d'une force est $M.L.T^{-2}$
3. Sachant que W = F × L (formule simplifiée) la dimension du travail correspond à celle d'une force $M.L.T^{-2}$ multipliée par une longueur L, soit $M.L^2.T^{-2}$
4. Conclusion : l'énergie cinétique et le travail d'une force ont la même dimension.

IV. Application de la conservation de l'énergie mécanique.

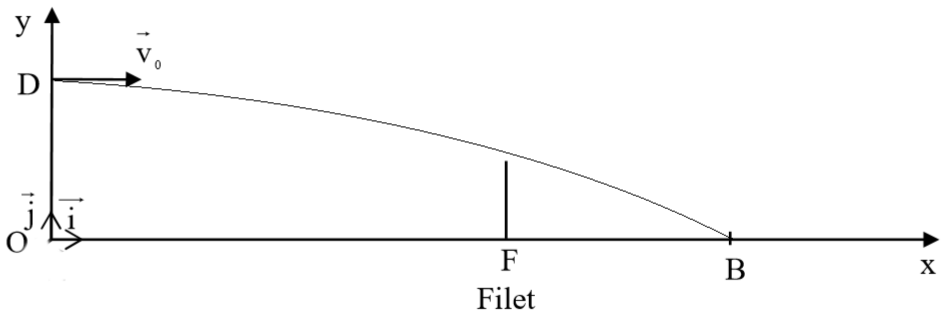
1. Détermination de la vitesse d'un mobile.

Service de Roger Federer

Ce joueur souhaite que la balle frappe le sol en B tel que OB = L = 18,7 m.

Pour cela, il lance la balle verticalement et la frappe avec sa raquette en un point D situé sur la verticale de O à la hauteur H = 2,20 m.
La balle part alors de D avec une vitesse de valeur v_0 = 126 km.h^{-1}, horizontale comme le montre le schéma ci-dessous.
La balle de masse m = 58,0 g sera considérée comme ponctuelle et on considérera que l'action de l'air est négligeable.

<u>Question</u> : Déterminer la valeur de la vitesse au point B en appliquant la conservation de l'énergie



Les forces de frottement étant négligées, il y a conservation de l'énergie mécanique au cours du mouvement : EmD = EmB'

EmD = EmB'
⟺ ½.m.v²D + m.g.H = ½.m.v²B'
⟺ ½v²D + g.H = ½v²B
⟺ v²D + 2g.H = v²B'
⟺ $v_B = \sqrt{v_D^2 + 2gH}$ en ne gardant que la solution positive
⟺ $v_B = \sqrt{\left(\frac{126}{3,6}\right)^2 + 2 \times 9,81 \times 2,20}$ = 35,6 m.s^{-1} soit = 128 km.h^{-1}

Remarque : la balle arrive au sol en B' plus rapidement qu'elle n'est partie du point D car elle subit l'action du poids.

2. Application : détermination de la valeur d'une force de frottement dans le cas du curling.

On étudie le mouvement d'une pierre de curling qui une fois lancée du point A, doit atteindre et **s'arrêter** au centre B d'une cible appelée « maison » située à AB = 30 m.
La masse de la pierre est égale à m = 20 kg
La vitesse initiale de la pierre est égale à v_A = 7,75 m.s^{-1} (27,9 km/h)

<u>Questions</u> :

- Définir le système, le référentiel.
- Faire le bilan des forces exercées sur le mobile.
- Etablir les expressions ou les valeurs des travaux des différentes forces.
- En déduire l'intensité de la force de frottement.
- Application du théorème de l'énergie cinétique pour la détermination de la valeur de la force de frottements.

Système : la pierre
Référentiel : terrestre supposé galiléen.
Bilan des forces : le poids de la pierre, la réaction du plan et les forces de frottement.
Travaux des forces :

$W_{A\to B}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot h = 0$ Le poids est perpendiculaire au plan
$W_{A\to B}(\vec{R}) = 0$ La réaction du plan est perpendiculaire au plan
$W_{A\to B}(\vec{f}) = -f \cdot AB$ cos π = -1

Théorème de la variation d'énergie cinétique est égale à : $\Delta E_C = E_C(B) - E_C(A) = \sum W_{A\to B}$
$\Delta E_C = E_C(B) - E_C(A) = \sum W_{A\to B}(\vec{f})$
$\Leftrightarrow E_C(B) - E_C(A) = -f.AB$
$\Leftrightarrow -E_C(A) = -f.AB$ car $v_B = 0$
$\Leftrightarrow -\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 = -f.AB$
$\Leftrightarrow f = \sqrt{\frac{m \cdot v_A^2}{2 \cdot AB}}$
$\Leftrightarrow f = \sqrt{\frac{20 \times 7{,}75^2}{2 \times 30}}$
$\Leftrightarrow f = 4{,}5$ N