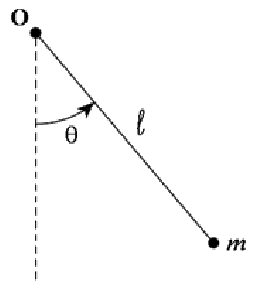
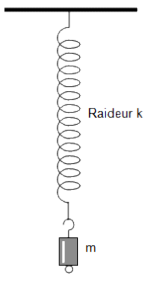
ENERGIE, MESURE DU TEMPS ET OSCILLATEUR

Mesure du temps et oscillateur, amortissement	*Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence :* *- les différents paramètres influençant la période d'un oscillateur mécanique ;* *- son amortissement.*
Travail d'une force. Force conservative ; énergie potentielle. Forces non conservatives : exemple des frottements.	Établir et exploiter les expressions du travail d'une force constante (force de pesanteur, force électrique dans le cas d'un champ uniforme). Établir l'expression du travail d'une force de frottement d'intensité constante dans le cas d'une trajectoire rectiligne.
Énergie mécanique.	Analyser les transferts énergétiques au cours d'un mouvement d'un point matériel.
Étude énergétique des oscillations libres d'un système mécanique. Dissipation d'énergie.	*Pratiquer une démarche expérimentale pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un oscillateur.* Extraire et exploiter des informations sur l'influence des phénomènes dissipatifs sur la problématique de la mesure du temps et la définition de la seconde.
Définition du temps atomique.	Extraire et exploiter des informations pour justifier l'utilisation des horloges atomiques dans la mesure du temps.

I- Oscillateurs mécaniques:

1. Définition : Un oscillateur mécanique est un système animé d'un mouvement périodique autour d'une position d'équilibre.

<u>Exemple</u> :

Le pendule simple	Le pendule élastique
	

<u>Remarque</u> : * Lorsque le système est abandonné à lui-même, les oscillations sont dites <u>libres</u>.
* La période caractérisant la durée d'une oscillation (aller-retour) est appelée <u>période propre (T_0)</u>
* Pour décrire le mouvement d'un oscillateur mécanique, on étudie l'évolution temporelle de son <u>élongation</u> (l'angle θ pour le pendule simple, l'allongement pour le pendule élastique), <u>l'amplitude</u> étant la valeur maximale de l'élongation.

2. Période propre d'un oscillateur mécanique: TP16

3. Application à la mesure du temps : activité p 188-189

II- Travail d'une force constante

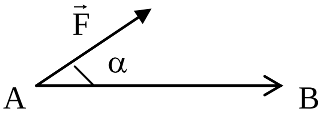
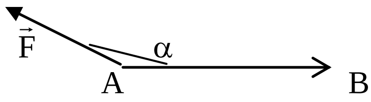
Une force est constante si sa direction, son sens et sa valeur ne varient pas au cours du temps.

1. Travail d'une force $\vec{F}$ constante pour un déplacement rectiligne :

Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ d'une force constante $\vec{F}$, lors d'un déplacement rectiligne de son point d'application de A vers B, est égal au produit scalaire du vecteur force $\vec{F}$ par le vecteur déplacement $\vec{AB}$.

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{AB} = F.AB.\cos\alpha \quad \text{où } \alpha \text{ est l'angle entre } \vec{F} \text{ et } \vec{AB}}$$ avec F(N) ; AB (m) ; W en joule (J).

Remarque :

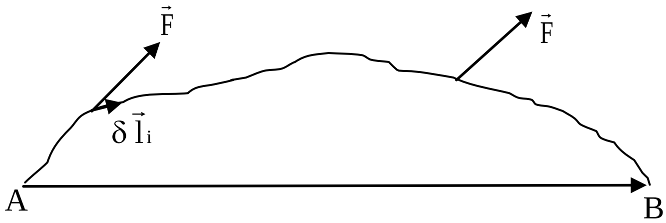
		
$0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$	$\alpha = \frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi$
$W_{AB}(\vec{F}) > 0$	$W_{AB}(\vec{F}) = 0$	$W_{AB}(\vec{F}) < 0$
Travail moteur ; $\vec{F}$ favorise le mouvement	Le travail d'une force perpendiculaire au déplacement est nul	Travail résistant ; $\vec{F}$ s'oppose au mouvement

2. Travail d'une force $\vec{F}$ constante pour un déplacement quelconque :

Pour un déplacement rectiligne élémentaire $\delta\vec{l}_i$, on définit le travail élémentaire de la force constante $\vec{F}$:

$\delta W_i(\vec{F}) = \vec{F}.\delta\vec{l}_i$

$W_{AB}(\vec{F}) = \Sigma\,\delta W_i(\vec{F}) = \Sigma\,\vec{F}.\delta\vec{l}_i = \vec{F}.\Sigma\,\delta\vec{l}_i = \underline{\vec{F}.\vec{AB}}$

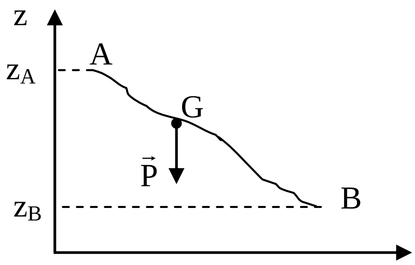


Le travail d'une force constante ne dépend que des positions initiales et finales : il ne dépend pas du chemin suivi par son point d'application ; on dit que la force est <u>conservative</u>.

3. Travail du poids d'un corps :

Le travail du poids d'un corps ne dépend pas du chemin suivi par son centre d'inertie G pour aller de A à B ; il ne dépend que de leurs altitudes z_A et z_B (le poids est une force conservative)

$$\underline{W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P}.\vec{AB} = mg\,(z_A - z_B)}$$

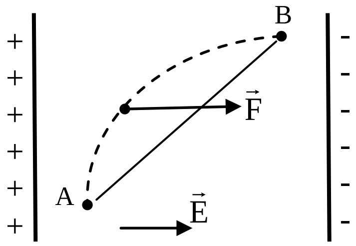


4. Travail d'une force électrostatique :

Une particule de charge électrique q, placée dans un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$, est soumise à une force électrostatique $\vec{F}_e = q\vec{E}$

Lorsqu'elle se déplace de A à B, son travail est tel que :

$$\underline{W_{AB}(\vec{F}_e) = \vec{F}_e.\vec{AB} = q\vec{E}.\vec{AB} = q\,.\,U_{AB}}$$

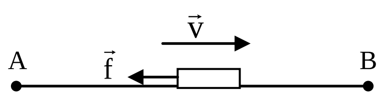


q en coulomb (C), U_{AB} étant la tension électrique entre les points A et B (en volt V)

<u>Remarque</u> : Le travail d'une force électrostatique ne dépend que des positions initiales et finales : cette force est <u>conservative</u>.

5. Travail d'une force de frottement constante :

Lors d'un mouvement rectiligne, la force de frottement $\vec{f}$ a un sens opposé au vecteur vitesse donc opposé au déplacement de A à B.



$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \vec{AB} = f.\ AB.\cos\alpha = -\ f.\ AB$ car $\alpha = 180°$

Remarques : * Le travail d'une force de frottement est résistant.
* Une force de frottement dépend du chemin suivi : c'est une force non conservative.

III. Transferts énergétiques

1. Energie cinétique :

1.1. Définition : L'énergie cinétique E_C d'un solide de masse m animé d'un mouvement de translation est telle que :

énergie cinétique (J) d'un solide en translation → $\boxed{E_C = \frac{1}{2} m v^2}$ ← vitesse du centre d'inertie du solide ($m.s^{-1}$)

masse du solide (kg)

1.2. Théorème de l'énergie cinétique: Dans un référentiel galiléen, la variation d'énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation, entre 2 positions A et B, est égale à la somme des travaux des forces extérieures qui lui sont appliquées.

$$\boxed{E_{C(B)} - E_{C(A)} = \Sigma\ W_{AB}(\vec{F}_{ext})}$$

2. Energie potentielle:

2.1. Energie potentielle de pesanteur : L'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} d'un solide, de masse m, dont le centre d'inertie est à l'altitude z est telle que :

$\boxed{E_{pp} = m\ g\ z}$ E_{pp} (J) ; m (kg) ; g = 9,81 $N.kg^{-1}$; z (m)

Altitude du centre d'inertie repérée sur un axe Oz dirigé vers le haut

Remarques : * L'énergie potentielle de pesanteur est définie à une constante près ; on définit un niveau de référence pour lequel l'énergie potentielle de pesanteur est nulle : à z = 0, $E_{pp} = 0$.
* la variation d'énergie potentielle de pesanteur d'un solide, entre 2 positions A et B, est égale à l'opposé du travail du poids du solide : $E_{pp(B)} - E_{pp(A)} = M\ g\ (z_B - z_A) = -\ W_{AB}(\vec{P})$

2.2. Energie potentielle électrostatique : L'énergie potentielle électrostatique E_{pe} d'une particule de charge q en un point de potentiel V est telle que :

$\boxed{E_{pe} = q\ V}$ E_{pe} (J) ; q (C) ; V(V)

Remarque : la variation d'énergie potentielle électrostatique E_{pe}, entre 2 positions A et B, est égale à l'opposé du travail de la force électrostatique : $E_{pe(B)} - E_{pe(A)} = q\ (V_B - V_A) = q\ U_{BA} = -\ W_{AB}(\vec{F}_e)$

2.3. Energie potentielle et forces conservatives

D'une manière générale, $\Delta Ep = -\ W(\vec{F}_{conservatives})$

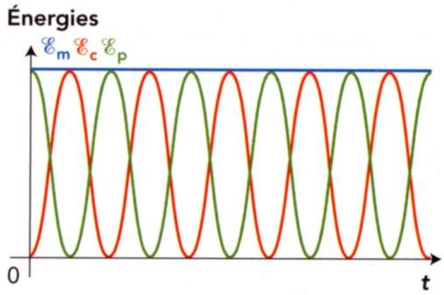
3. Energie mécanique :

L'énergie mécanique d'un système est égale à la somme des énergies cinétique et potentielle: $E_m = E_c + E_p$

$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p \Longrightarrow \Delta E_m = \Sigma\, W(\vec{F}_{ext}) - W(\vec{F}_{conservatives}) = W(\vec{F}_{conservatives}) + W(\vec{F}_{non\ conservatives}) - W(\vec{F}_{conservatives})$

$= W(\vec{F}_{non\ conservatives})$

3.1. Conservation de l'énergie mécanique

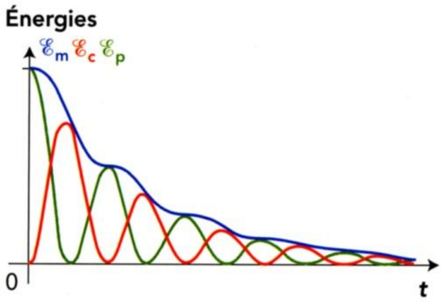


Si $W(\vec{F}_{non\ conservatives}) = 0$, $\Delta E_m = 0 \Longrightarrow$ l'énergie mécanique se conserve.

$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p = 0 \Longrightarrow \Delta E_c = -\Delta E_p$:
les énergies cinétique et potentielle varient en sens inverse

Exemple : En absence de frottements, l'énergie mécanique se conserve.

3.2. Non conservation de l'énergie mécanique



Si $W(\vec{F}_{non\ conservatives}) \neq 0$, $\Delta E_m \neq 0 \Longrightarrow$ l'énergie mécanique ne se conserve pas.

Exemple : En présence de frottements, l'énergie mécanique diminue ; le système n'est pas conservatif.

$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p = W(\vec{f}) < 0$

travail des forces de frottements

Remarque : On dit que les frottements sont dissipatifs : l'énergie mécanique est dissipée sous forme d'énergie thermique au milieu extérieur.

4. Etude énergétique des oscillations libres d'un pendule simple : TP17