

P- 9 Mesure du temps et oscillateurs

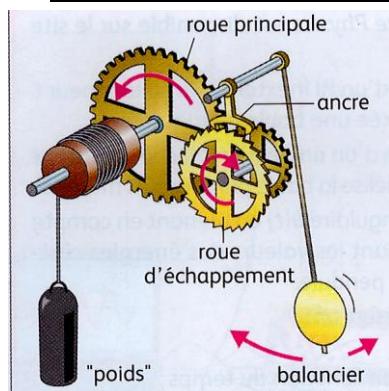
A- Travail d'une force et énergie

Les chapitres P-6, P-7 et P8 ont donné les lois de Newton permettant de connaître la position, la vitesse et l'accélération d'un système soumis à un ensemble de forces extérieures dans un référentiel supposé galiléen.

Il est possible d'aborder l'étude des mouvements sous un autre angle : celui de l'énergie.

Dans toute la suite, le référentiel d'étude est supposé galiléen. Les objets étudiés sont des solides ramenés à leur centre d'inertie.

I- Notion de travail d'une force :



Le travail d'une force représente le premier mode de d'énergie appréhendé par les physiciens.

Prenons l'exemple d'une pendule à balancier : un objet lourd appelée le "poids" fournit progressivement, en descendant, de l'énergie à l'horloge et entretient les oscillations du balancier.

On dit que le Poids \vec{P} de l'objet fournit un

De manière générale, un solide soumis à une force dont le point d'application se déplace peut :

- **être mis en mouvement** (exemple : shoot dans un ballon de foot) ;
- **changer d'altitude** (exemple : bille qui tombe) ;
- **se déformer** temporairement ou définitivement (exemple : les oscillations d'un ressort ou une voiture lors d'un accident) ;
- **voir leur température s'élèver** (exemple : disques de frein lors d'un freinage).

Dans tous les cas on dit que la **force fournit un travail**.

II- Le travail d'une force constante :

1- Qu'est-ce qu'une force constante ?

Une force est constante lorsqu'elle garde au cours de son déplacement : la même, le même, la même

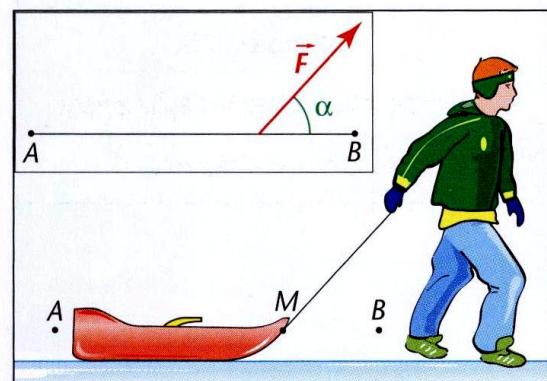
2- Définition du travail d'une force constante :

Dans un référentiel donné, le travail d'une force constante \vec{F} lors d'un déplacement de son point d'application d'un point A à un point B est défini par le produit scalaire de la force \vec{F} par le vecteur déplacement \vec{AB}

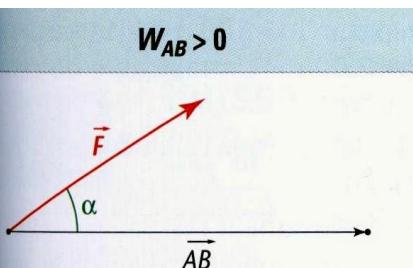
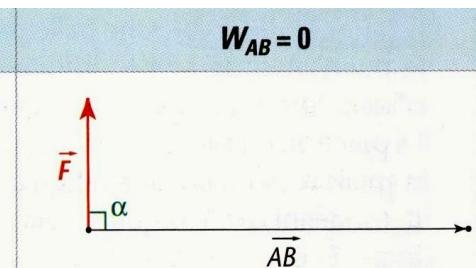
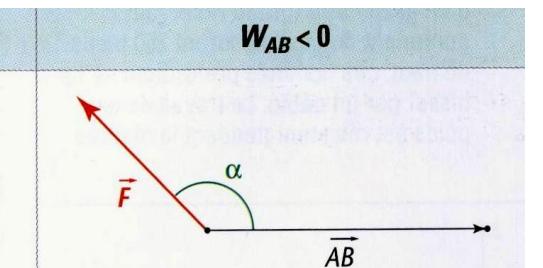
$$W_{AB}(\vec{F}) = \quad =$$

$$W_{AB}(\vec{F}) =$$

Avec : F en; AB en; et W_{AB} en



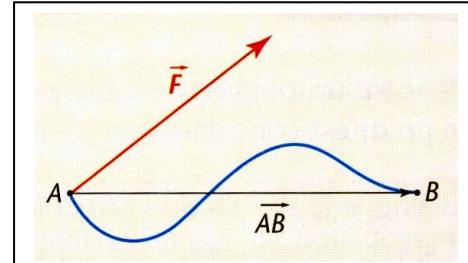
3- Travail moteur, travail résistant :Le travail d'une force constante est une grandeur:

$W_{AB} > 0$	$W_{AB} = 0$	$W_{AB} < 0$
		
$\leq \alpha <$	$\alpha =$	$< \alpha \leq$
$< \cos \alpha \leq$	$\cos \alpha =$	$\leq \cos \alpha <$
La force le déplacement	La force ne	La force ne pas le déplacement
Le travail est	Le travail est	Le travail est

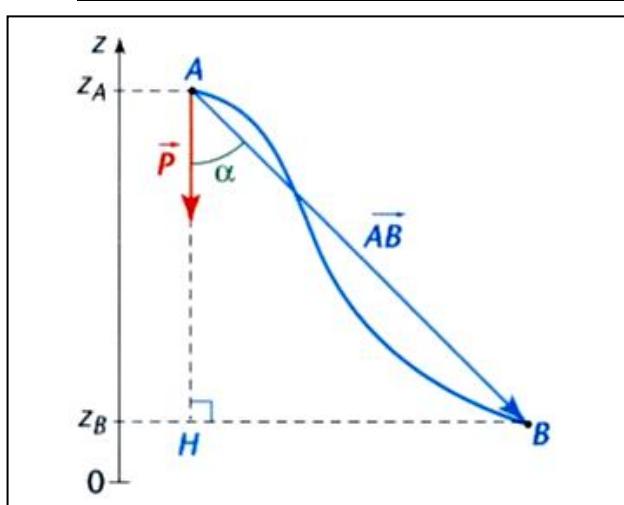
Remarque : le travail de la force est **maximal** lorsque $\cos \alpha =$, soit $\alpha =$ On a alors $W_{AB}(\vec{F}) = \quad \text{L'effet de la force est$ 4- Cas d'un déplacement quelconque :

Si le déplacement du point d'application de la force constante, n'est pas rectiligne, l'expression de son travail reste :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$$

III- Le travail d'une force conservative :1. Définition d'une force conservative :

Une force est conservative si le travail qu'elle effectue lors d'un déplacement d'un point A à un point B ne dépend pas du suivi par son point d'application mais uniquement des positions de A et B. (c'est le cas d'une force constante).

2. Le travail du poids dans un champ de pesanteur uniforme :

Le poids \vec{P} est une **force constante**, donc son travail ne dépend pas du chemin suivi pour aller de A vers B : on a

$$W_{AB}(\vec{P}) =$$

Quelque soit le chemin suivi pour aller de A en B

$$W_{AB}(\vec{P}) =$$

Autre expression en fonction de l'énergie potentielle de pesanteur :

.....

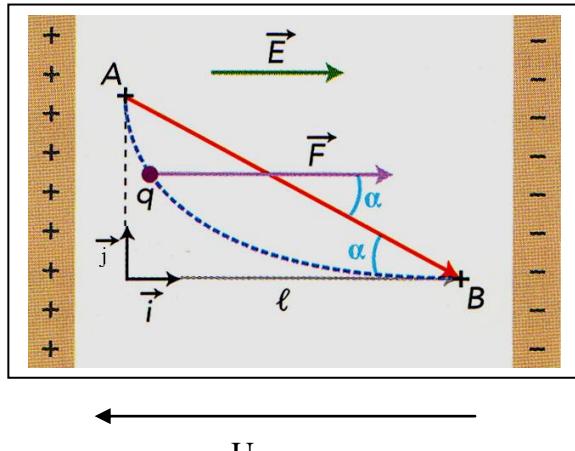
Une énergie potentielle n'est définie que pour une force conservative

Remarques :

- a) si $z_A > z_B$ alors $W_{AB}(\vec{P}) \dots$: le travail du poids est
- b) si $z_A < z_B$ alors $W_{AB}(\vec{P}) \dots$: le travail du poids est
- c) si $z_A = z_B$ alors $W_{AB}(\vec{P}) \dots$: le travail du poids est

EXERCICES 3 et 4 p 234

3. Le travail d'une force électrique constante dans un champ électrostatique uniforme:



Entre deux plaques d'un condensateur plan règne un champ électrostatique uniforme \vec{E} (P-7). Une particule de charge q , en mouvement entre les deux plaques, est soumise à la force $\vec{F} = \dots$ **constante** et donc

Le travail de la force électrique s'exprime par :

$$\mathbf{W}_{AB}(\vec{F}) =$$

$$\text{or } \cos \alpha = \text{ soit } \ell =$$

$$\text{donc } \mathbf{W}_{AB}(\vec{F}) =$$

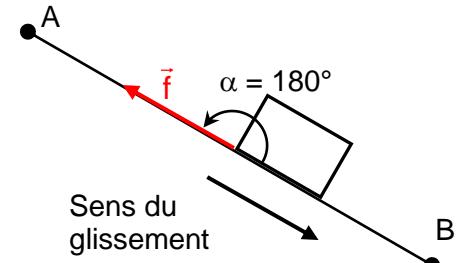
$$\text{or } E = \frac{U_{AB}}{\ell} \text{ (cours 1S) alors } \mathbf{W}_{AB}(\vec{F}) =$$

EXERCICE 5 p 234

IV- Le travail d'une force non conservative : cas d'une force de frottement d'intensité constante

Le travail d'une force de frottement \vec{f} d'intensité constante, de sens opposé au déplacement, sur un trajet rectiligne de A vers B est donné par :

$$\mathbf{W}_{AB}(\vec{f}) =$$



Ce travail réalise un transfert thermique vers, il est

Remarques :

- a) Une force de frottement n'est pas, car le travail de cette force dépend du chemin suivi pour aller de A à B : en effet plus le chemin est long et plus le système perd de l'énergie par transfert thermique avec le milieu extérieur.

b) Si \vec{f} et \vec{AB} sont de même sens ($\alpha = 0^\circ \Leftrightarrow \cos\alpha = +1$) : $W_{AB}(\vec{f}) = +f \cdot AB$
(exemple : valise sur un tapis roulant incliné).

EXERCICE 16 p 238

V- Les énergies : rappels de 1ère S

1- L'énergie cinétique :

Pour un objet ponctuel de masse m , et de vitesse v , on a la relation :

$$E_c =$$

2- L'énergie potentielle de pesanteur :

Pour un objet ponctuel de masse m , dans le champ de pesanteur uniforme et dans une position d'altitude z par rapport à la Terre on a :

$$E_{pp} = \text{ avec :}$$

on choisira $E_{pp} = 0$ J pour $z = 0$ m donc cte = 0

3- Energie mécanique :

L'énergie mécanique d'un système est la somme des énergies cinétique et potentielles (dont E_{pp})
Un ressort possède de l'énergie potentielle élastique. ($E_{pe} = \dots$ avec
 k : constante de raideur du ressort en $N.m^{-1}$ et x : allongement du ressort en m)

$$E_m =$$

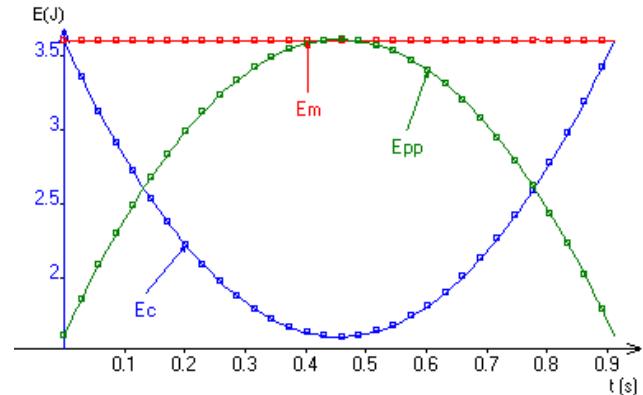
4- Conservation de l'énergie mécanique dans le cas d'une chute libre

Dans le cas de la chute libre, d'un point matériel de masse m dans le champ de pesanteur uniforme, en l'absence de frottements et avec une vitesse initiale oblique (P-7), **il y a transfert de la TOTALITE de l'énergie cinétique en énergie potentielle**, pendant la montée, puis **il y a transfert d'énergie potentielle en énergie cinétique par l'intermédiaire du travail**

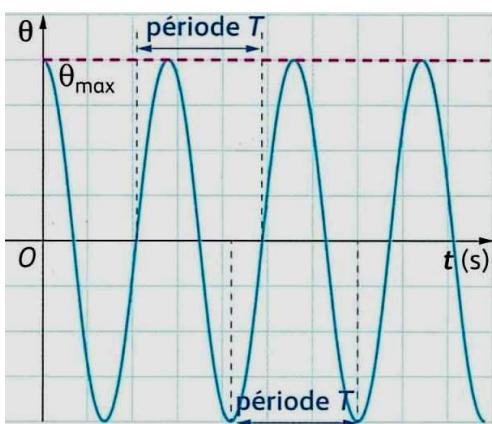
..... pendant la descente. L'énergie mécanique est
On dit que le poids est une force

On a $E_m = E_c + E_{pp} = \dots$
donc $\Delta E_{m(A \rightarrow B)} = \dots$ donc

On généralise :



EXERCICES 6 p 235 et 20 p 238

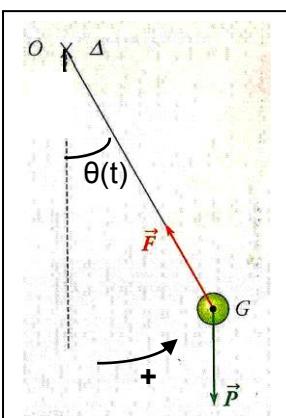
B- Comment s'effectuent les transferts d'énergie dans le cas des oscillateurs ? AEP10**I- Oscillations libres du pendule (définition voir AEP10)**

En l'absence de frottements, les oscillations libres de faible amplitude ont même période (c'est ce qu'on appelle l').

Cette période T a pour expression :

$$T = \dots$$

Analyse dimensionnelle :

II- Transfert d'énergie au cours des oscillations :**1- Cas d'un système non soumis à des forces de frottements**

Système :

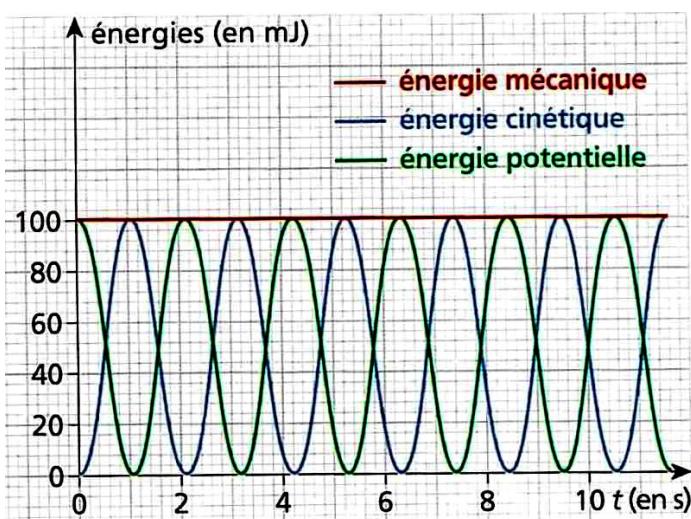
Bilan des forces extérieures :

- ✓ Le poids \vec{P} (force conservative).
- ✓ \vec{F}_{fil} de direction perpendiculaire au mouvement donc $W(\vec{F}_{\text{fil}}) = 0$.

Seul le poids travaille donc l'énergie mécanique du système se

.....

On a : $\mathbf{Em} = \dots$

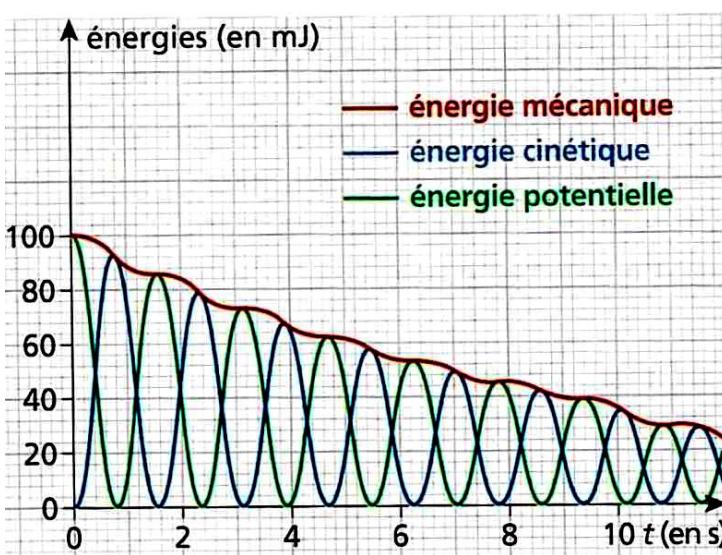
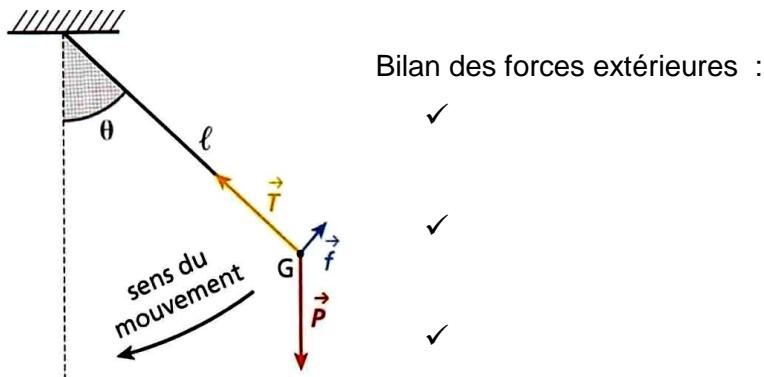


Au cours des oscillations libres d'un pendule non soumis à des forces de frottement, l'énergie du système se : il y a transfert de la totalité de l'énergie potentielle en énergie et inversement au cours des oscillations.

$$\Delta Em_{(A \rightarrow B)} =$$

courbes réalisées au cours de l'AEP10

2- Cas d'un système soumis à des forces de frottements :



L'amplitude des oscillation du pendule au cours du temps, et l'énergie mécanique du système : il y a dissipation d'énergie par transfert par l'intermédiaires des forces les forces de
 $\Delta E_m (A \rightarrow B) = \dots$

Conséquences sur le fonctionnement d'une horloge mécanique (à pendule, à ressort spiral, à quartz) : Pour compenser le phénomène d'amortissement, il est nécessaire **d'entretenir** les oscillations avec un poids, un ressort, ou un cristal de quartz (apport d'énergie mécanique)

C- Définition et mesure du temps :

Les horloges sont difficilement reproductibles à l'identique et elles présentent un défaut de justesse dû à l'erreur des pièces mécaniques et à l'amortissement. On ne peut pas les utiliser pour définir **un étalon** de mesure du temps.

Depuis 1967, la définition de la seconde est élaborée à l'aide **d'horloges atomiques au césium 133**.

Définition : la seconde est actuellement définie comme la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre deux niveaux d'énergie particuliers (dits hyperfins) de l'état fondamental de l'atome de Césium 133. Cette transition est facilement réalisable et stable.

L'atome ne s'use pas !!!!

Remarque : 1. La fréquence de 9 192 631 770 Hz est **immuable et universelle**

Les horloges atomiques actuelles ne retardent que d'une seconde tous les 300 millions d'années.

2. La précision d'une horloge est justifiée par l'importance de la fréquence : $T = \frac{1}{f}$

EXERCICE 13 p 236 corrigé : à faire