



COURS

Chapitre 11 « Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques »

Les compétences à acquérir...

- Utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel.
- Utiliser l'expression du travail $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$ dans le cas de forces constantes.
- Énoncer et exploiter le théorème de l'énergie cinétique.
- Forces conservatives.
- Établir et utiliser l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur pour un système au voisinage de la surface de la Terre.
- Calculer le travail d'une force de frottement d'intensité constante dans le cas d'une trajectoire rectiligne.
- Identifier des situations de conservation et de non conservation de l'énergie mécanique.
- Exploiter la conservation de l'énergie mécanique dans des cas simples : chute libre en l'absence de frottement, oscillations d'un pendule en l'absence de frottement, etc.
- Utiliser la variation de l'énergie mécanique pour déterminer le travail des forces non conservatives.
- Utiliser un dispositif (smartphone, logiciel de traitement d'images, etc.) pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un système dans différentes situations : chute d'un corps, rebond sur un support, oscillations d'un pendule, etc.



I- Qu'est-ce que l'énergie ? et qu'est ce que l'énergie en mécanique ?

1- Définition :

En sciences physique, l'énergie permet de mesurer la capacité d'un système



Le mot vient d'ailleurs du grec et signifie « ».

L'énergie notée E s'exprime

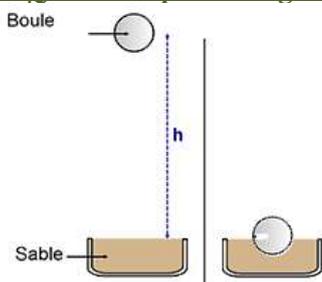
2- Quelles sont les énergies utilisées en mécanique ?

Dans ce chapitre, c'est-à-dire en mécanique, nous allons étudier l'énergie et l'énergie

Ces 2 formes d'énergie permettront de définir l'énergie mécanique E_m



a- Qu'est ce que l'énergie cinétique E_c ?



Considérons une boule de pétanque de masse m que l'on lâche à une hauteur h au dessus d'un bac à sable. Cette boule arrive sur le sable avec une certaine vitesse V et l'énergie de la boule, au moment de l'impact, est libérée et crée « un trou dans le sable ». De quels paramètres dépend la taille du trou, c'est-à-dire de quels paramètres dépend l'énergie de la boule ?

Propositions :

.....
.....
.....

Définition de l'énergie cinétique E_c :

Un objet qui se déplace possède une énergie de mouvement, qui dépend, appelée

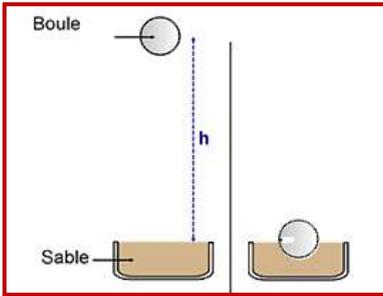
La relation donnant l'énergie cinétique E_c d'un système modélisé par un point matériel animé d'un mouvement de translation s'écrit :

$E_c = \dots\dots\dots$

-
-
-

Exercice : Calculez l'énergie cinétique E_c de la boule de pétanque de masse $m_b=250$ g arrivant avec une vitesse $V_b = 3,13$ m/s

b- Qu'est ce que l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} ?

	<p>Revenons sur notre boule de pétanque placée au dessus du bac à sable. Si l'on lâche la boule, à un instant t, celle-ci se met en mouvement ! La boule de pétanque de masse m placée à une hauteur h possède donc, potentiellement une</p> <p>De quoi dépend cette ?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
--	---

Définition de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} :

Du fait de sa hauteur h ou de son altitude z par rapport à la Terre un objet possède de l'énergie qu'il peut « potentiellement » restituer. Un objet lâché d'une certaine hauteur se met en mouvement

<p>$E_{pp} = \dots\dots\dots$</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>
--	--

Exercice : Calculez l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} de la boule de pétanque de masse $m_b=250$ g lâchée à une hauteur $h = 50$ cm

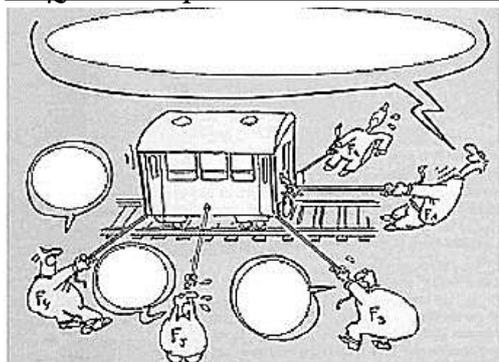
Remarque :

c- Qu'est ce que l'énergie mécanique dans un champ de pesanteur?

L'énergie mécanique d'un système E_m , correspondant à son énergie totale, est la somme de son énergie cinétique E_c et de son énergie potentielle E_{pp} .

<p>$E_m = \dots\dots\dots$</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>
---	--

II- Qu'est-ce que le travail W ? Il serait temps de répondre à cette question !



5 personnes tirent un wagon vers la droite, complétez le schéma en plaçant dans les bulles les lettres A,B,C et D:

- A- Je fais ce que je peux !
- B- Je ne sers à rien !
- C- C'est moi le meilleur !
- D- Je résisterai !

Le travail d'une force traduit

.....

.....

.....

1- Expression du travail d'une force constante:

Une force appliquée à un point matériel en mouvement peut lui communiquer (ou lui retirer) de l'énergie .

Une force \vec{F} appliquée à un point matériel se déplaçant sur un trajet rectiligne \vec{AB} fournit un travail noté $W_{AB}(\vec{F})$ (communique ou retire de l'énergie)

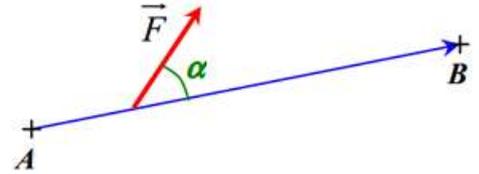
= produit scalaire des 2 vecteurs :

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

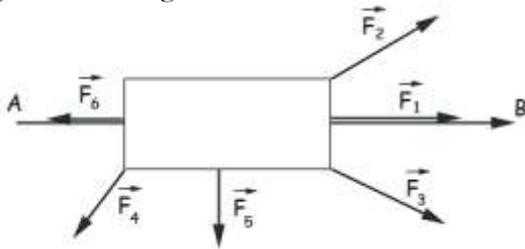
$$=$$

avec

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{AB}(\vec{F}) \text{ en } \dots\dots\dots \\ F \text{ en } \dots\dots\dots \\ AB \text{ en } \dots\dots\dots \end{array} \right.$$

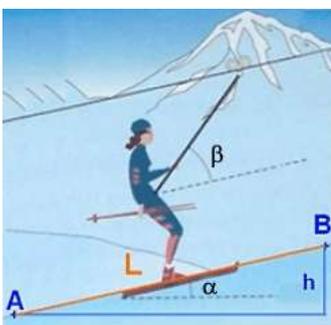


2- Travail moteur ou résistant : Dans le cas du wagon, classez dans le tableau, les travaux des 6 forces en justifiant le signes de chacun.



Travail résistant	Travail nul	Travail moteur

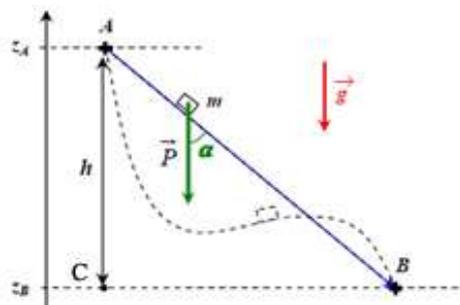
Autre exemple : Une skieuse sur un remonte pente ...



Identifier et représentez sur le schéma les 4 forces qui s'exercent sur la skieuse. Pour chaque force, donnez l'expression du travail sur le trajet AB et précisez si son travail est résistif, nul ou moteur.

3-Le travail du poids : A partir de l'expression du travail du poids et de la relation de Chasles ci-contre démontrer que $W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$

$$\left(\begin{array}{l} \text{Relation de Chasles} \\ \vec{AB} = \vec{AC} + \vec{CB} \end{array} \right)$$



Le travail du poids dépend-il du trajet emprunté pour passer du point A au point B ?.....

4- Force conservative

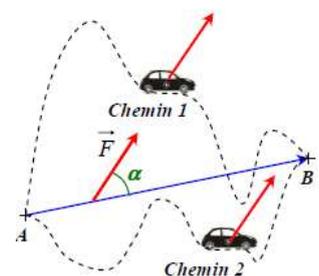
Définition :

Une force est dite **conservative** si son travail entre deux points A et B quelconques de la trajectoire suivie entre ces deux points.
 Une force est conservative si son travail ne dépend que des configurations initiales et finales.

$$W_{AB-\text{chemin1}}(\vec{F}) \dots W_{AB-\text{chemin2}}(\vec{F}) \dots W_{AB-\text{chemin3}}(\vec{F}) \dots$$

Pour une force conservative, on a aussi $W_{AB}(\vec{F}) = W_{BA}(\vec{F})$
 « Toute l'énergie donnée dans un sens est reprise dans l'autre »

Toutes les forces constantes sont conservatives : le poids (dans un champ de pesanteur uniforme), la force électrique (dans un champ électrostatique uniforme), mais aussi d'autres forces non constantes (force de rappel élastique d'un ressort, par exemple).



5- Travail de la force de frottement (force non conservative)

Schéma 1 : On considère une masse m qui glisse le long d'une pente avec une force de frottement \vec{f} opposée au mouvement de m.

Exprimez le travail de la force $W_{AB}(\vec{f})$

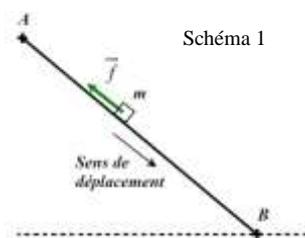
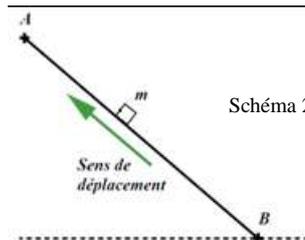


Schéma 2 : Exprimez le travail de la force $W_{BA}(\vec{f})$



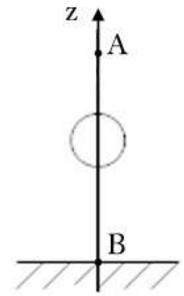
Quelle est la relation entre les 2 travaux ?

Conclure : La force de frottement est-elle une force conservatrice ?

.....

Exercice : Supposons une balle de masse $m = 200 \text{ g}$ lâchée sans vitesse initiale $V_A = 0,00 \text{ m/s}$ d'une hauteur $AB = h = 10,0 \text{ m}$ du sol. On considère que les forces de frottement sont négligeables.

Q1- Calculer le travail du poids



III- Énergies d'un système en mouvement :

Exercice suite:

Q2- Comment expliquer que la balle, une fois lâchée, se met en mouvement c'est-à-dire que sa vitesse varie et donc que son énergie cinétique E_c varie ?

Sous l'action du poids c'est-à-dire le travail du poids, la balle se met en mouvement. Le travail d'une force s'exerçant sur un système permet d'évaluer au niveau énergétique l'effet de cette force au cours de son déplacement.

.....

.....

.....

.....

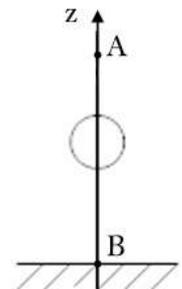
1- Énoncé du Théorème de l'énergie cinétique :

La variation d'énergie cinétique ΔE_c d'un système qui se déplace d'un point A à un point B est égale à la somme des travaux des forces $\sum W_{AB}(\vec{F})$ qui s'appliquent sur le système lors de son déplacement.

Exercice suite:

Q3- Calculez la vitesse de la balle juste avant de toucher le sol c'est-à-dire au point B

Q4- Après avoir redonné l'expression du travail du poids $W_{AB}(\vec{P})$ lors de la chute sur le trajet AB, exprimez la variation de l'énergie potentielle de pesanteur ΔE_{pp} en fonction de ce travail



Q5- Que peut-on en conclure sur la variation d'énergie mécanique ΔE_m lors la chute ?

2- Conservation ou non conservation de l'énergie mécanique :

a- Conservation de l'énergie mécanique :

En l'absence de forces non-conservatives comme les, il y a **conservation** de l'énergie mécanique au cours du temps. On peut écrire

Exercice:

Un pendule simple est constitué d'une boule de masse $m = 100 \text{ g}$ accroché à un fil de longueur $\ell = 40 \text{ cm}$.

Il est lâché sans vitesse initiale d'un angle $\theta_m = 10^\circ$ de sa position d'équilibre.

Tout frottement est négligé.

Q1- Représentez les forces qui s'exercent sur la boule

Q2- Exprimez puis calculez l'ordonnée z_A du point A.

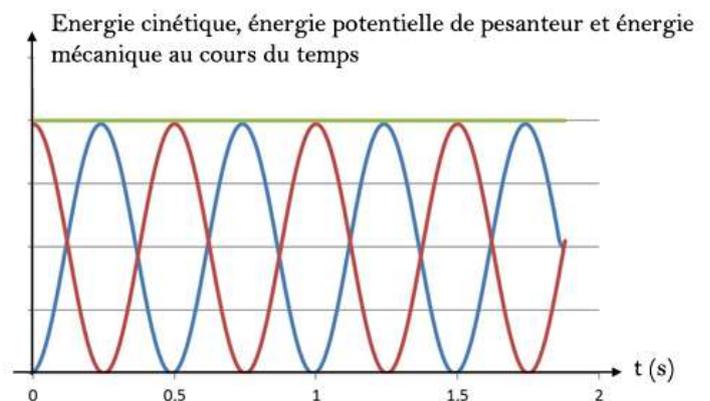
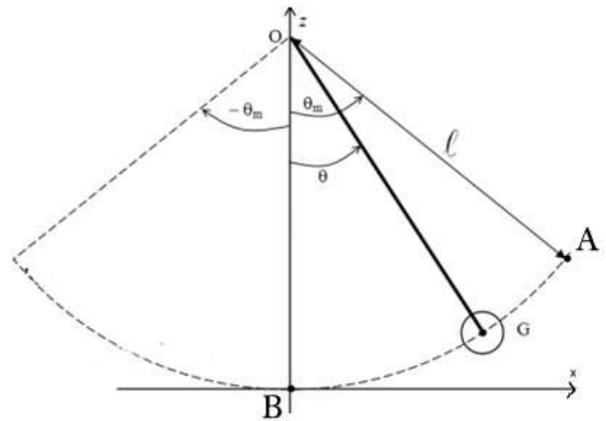
Q3- Calculer la vitesse v_{\max} de G au passage par sa position d'équilibre.

Q4- Sur le graphique, repérez l'énergie mécanique E_m , l'énergie cinétique E_c et l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} en justifiant :

-
-
-

Q5- Dans ce cas, le mouvement est périodique. Déterminez la période T de ce mouvement.

Q6- Calculez les travaux de ces forces



Q7- En appliquant le théorème de l'énergie, retrouvez la vitesse v_{\max} de G au passage par sa position d'équilibre.

b- Non conservation de l'énergie mécanique :

En présence de forces non-conservatives, l'énergie mécanique du système ne se conserve plus dans le temps. Quand l'énergie mécanique diminue, il y a dissipation d'énergie.

Lorsqu'un système est soumis à des forces non conservatives (telles que les forces de frottement) qui travaillent, alors son énergie mécanique **ne se conserve pas**. On peut écrire :

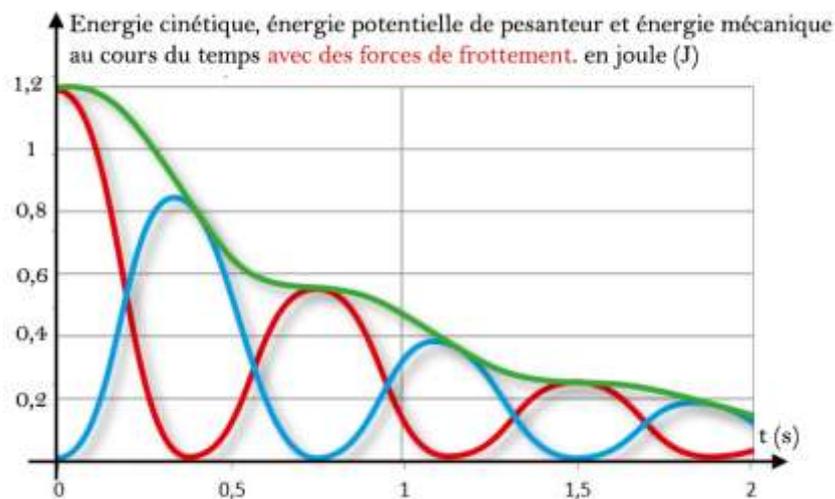
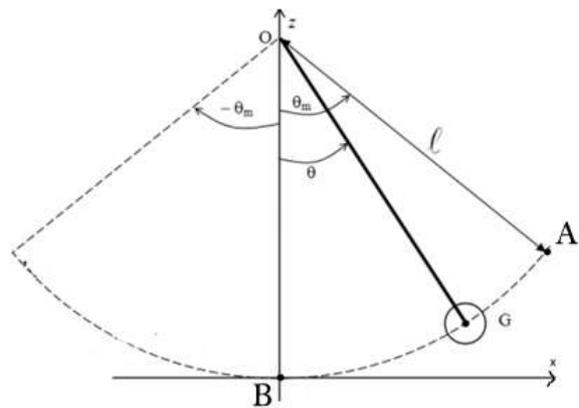
avec $\sum W_{AB}(\vec{F}_{non-conservatives})$: la somme des travaux des forces non conservatives s'appliquant sur le système (forces de frottement par exemple).

Exercice:

Un nouveau pendule constitué est d'une boule de masse $m = 100 \text{ g}$ accroché à un fil de longueur $\ell = 40 \text{ cm}$.

Il est lâché sans vitesse initiale d'un angle θ_m de sa position d'équilibre.

Q1- Déterminez graphiquement, la valeur du travail des forces de frottement $W_{AB}(\vec{f})$ au bout d'une seconde



Q2- Déterminez l'angle θ_m avec lequel le pendule a été lâché ainsi que sa vitesse au premier passage de sa position d'équilibre.