P5 : Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques

Nous avons vu qu'une force est capable modifier la trajectoire d'un objet en mouvement en changeant son vecteur vitesse. Dans ce chapitre nous verrons qu'une force est aussi capable d'agir sur l'énergie d'un système.

1 Travail et énergie cinétique.

A. Énergie cinétique.

Un objet en mouvement possède une énergie due à ce mouvement : c'est l'énergie **cinétique**

Définition **Energie cinétique**

Pour un système modélisé par un point matériel de masse m et de vitesse v, l'énergie cinétique est :

$$E_c = \frac{1}{2} m \times v^2$$

m est en kg, v en $m.s^{-1}$ et E_c en J

B. Travail d'une force constante.

Définition **Travail d'une force**

Lorsqu'une force constante $\vec{F}$ se déplace d'une position initiale A vers une position finale B, son travail est :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{AB} = F \times AB \times cos(\theta)$$

W_{AB} en J, F en N et AB en m et θ est l'angle entre AB et F

Remarques :

a) On dit qu'un travail est **moteur** si $W_{AB} > 0$, et **résistant** si $W_{AB} < 0$

b) Lorsque travail reste le même quelque soit le **chemin suivi** pour aller de A à B, la force est **conservative**.

Exemple : Le poids est une force conservative car $W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times (z_A - z_B)$ où z est l'axe vertical vers le haut.

Cette année seules les forces gravitationnelles (poids) et électriques sont conservatives.

C. Théorème de l'énergie cinétique

Définition **Théorème de l'énergie cinétique**

La variation d'énergie cinétique d'un système entre deux points A et B est égale à la somme des travaux de toutes les forces.

$$\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = \sum W_{AB}(\vec{F})$$

2 Énergie mécanique.

A. Énergie potentielle de pesanteur.

Définition **Energie potentielle de pesanteur**

Un objet en altitude possède d'avantage d'énergie qu'au niveau du sol. Cet excès d'énergie est appelé énergie potentielle de pesanteur E_{pp}

$$E_{pp} = m \times g \times z$$

où E_{pp} est en J, m en kg , g est l'intensité de la pesanteur et z l'altitude en m

Attention: La valeur de l'énergie potentielle de pesanteur dépend de la position de l'origine du repère !

Remarque : Il existe d'autres formes d'énergies potentielles :

- L'énergie potentielle électrique pour une charge dans un champ électrique
- L'énergie potentielle élastique pour un ressort étiré

B. L'énergie mécanique et sa conservation.

Définition **Energie mécanique**

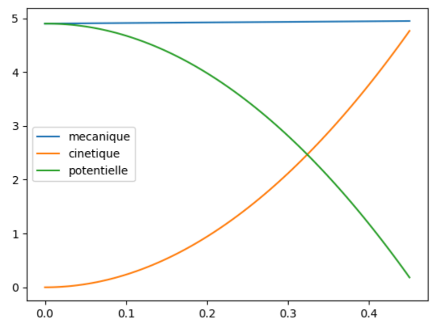
L'énergie **mécanique** d'un système est la somme de son énergie cinétique et potentielle.

$$E_m = E_c + E_{pp}$$

Deux situations importantes :

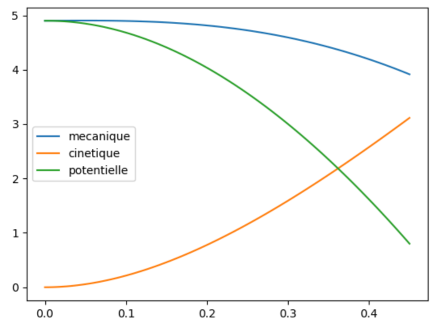
a) **Les forces qui travaillent sont conservatives**, alors l'énergie mécanique ne change pas au cours du temps.

Exemple : Lors d'une chute libre, la seule force en présence est le poids qui est une force conservative, donc l'énergie mécanique se conserve.



b) **Il y a une force non conservative qui travaille**, alors l'énergie mécanique diminue au cours du temps

Exemple : Lors d'une chute dans un fluide, la force de frottement effectue un travail c'est une force **non conservative**, donc l'énergie mécanique diminue au cours du temps.



Définition **Théorème de l'énergie mécanique**

S'il n'y a **qu'une seule force** non conservative $\vec{f}$ (frottement par exemple) **qui travaille**, et que toutes les autres forces sont conservatives, ou ne travaillent pas alors :

$$\boxed{\Delta E_m = E_m(B) - E_m(A) = W_{AB}\left(\vec{f}\right)}$$

Ce qu'il faut savoir faire ⬇️

- ✓ Utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel.
- ✓ Utiliser l'expression du travail dans le cas de forces constantes.
- ✓ Énoncer et exploiter le théorème de l'énergie cinétique.
- ✓ 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.

P5 : Activité et Exercices

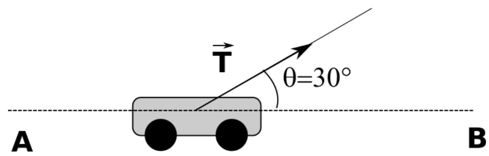
⚠ **Méthode de travail à suivre :**

- **Lire** la partie cours et suivre les **explications** du professeur.
- **Rédiger** les réponses aux questions **Q1**.. sur une feuille de travail. Ne pas attendre la correction pour commencer !
- **Réaliser** une carte mentale (ou un résumé) du cours
- **Faire les exercices** dans l'ordre (sur une feuille)

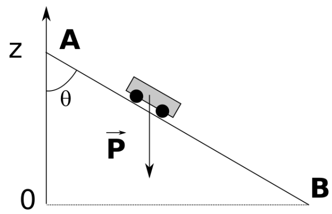
Q1. Calculer l'énergie cinétique d'un cycliste avec son vélo (assimilé à un point) de masse m = 80 kg à une vitesse de 5,0 $m.s^{-1}$

Q2. Calculer l'énergie cinétique d'un camion assimilé à un point de masse m = 40 tonnes roulant à 90 $km.h^{-1}$

Q3. On tire un petit chariot (modélisé par un point) sur une distance AB = 20 cm. La tension du fil est T = 6,0 N sa direction est inclinée de 30° avec l'horizontale. Calculer le travail de la tension entre A et B

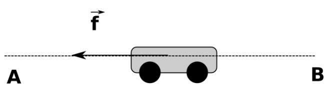


Q4. On laisse glisser un chariot de masse m = 500 g, modélisé par un point le long d'un plan incliné entre un point A d'altitude z_A=1,0 m et un point B d'altitude z_B=0.
g=10 $N.kg^{-1}$



Aide: On pourra remarquer la présence d'un triangle rectangle ce qui permet d'exprimer le cosinus de l'angle.

Q5. Un chariot modélisé par un point, avance de A à B où il s'arrête.



Justifier que le travail de la force de frottement f est $W_{AB}(\vec{f}) = f \times AB \times \cos(180) = -f \times AB$

Q6. Un objet de masse m = 1,0 kg est lâché sans vitesse initiale depuis un point A de hauteur z_A = 10 m. L'objet touche le sol en B (z_B = 0) avec une vitesse v_B

- Calculer la valeur de l'énergie mécanique en A.
- On suppose que l'énergie mécanique reste constante (pourquoi ?) en déduire la valeur de l'énergie cinétique en B.
- Calculer v_B

Rappels mathématiques

On appelle produit scalaire l'opération mathématique entre deux vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{v}$ tel que

$$\vec{u}.\vec{v} = ||u|| \times ||v|| \times \cos(\widehat{uv})$$

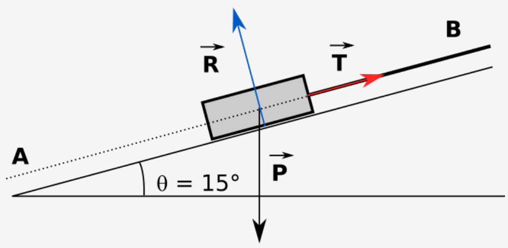
Attention: Le résultat d'un produit scalaire n'est pas un vecteur mais un nombre (on dit aussi un scalaire !)

Dans le cas où on dispose des **coordonnées** des deux vecteurs $\vec{u}(u_x; u_y)$ et $\vec{v}(v_x; v_y)$ le produit scalaire se calcule par

$$\vec{u}.\vec{v} = u_x.v_x + v_x.v_y$$

Exercice 1: Travail et énergie cinétique.

Une caisse, modélisée par un point matériel de masse m=500 g, est placée sur un plan incliné à 15° par rapport à l'horizontal. À l'aide d'un fil on exerce une tension constante de 5,0 N. Les autres forces sont le poids de la caisse, et la réaction du support. On suppose qu'il n'y a pas de frottement entre la caisse et le support. La distance AB est de 2,0 m. On donne g=9,8 $N.kg^{-1}$



1) Calculer le travail de la tension du fil $W_{AB}(\vec{T})$ pour aller de A à B
2) Calculer le travail de la réaction du support $W_{AB}(\vec{R})$ pour aller de A à B
3) Expliquer pourquoi l'angle entre $\vec{P}$ et $\vec{AB}$ vaut 105° et calculer la valeur du travail du poids pour aller de A à B : $W_{AB}(\vec{P})$
4) La vitesse de la caisse est nulle au point A. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la valeur de l'énergie cinétique au point B.
5) En déduire la vitesse de la caisse au point B.

Exercice 2: Mouvement d'un jouet.

On fait rouler une petite voiture, modélisée par un point matériel de masse m =50 g, sur le sol horizontal. On lançant en un point A avec une vitesse initiale de 1,8 $m.s^{-1}$. On observe que la voiture s'arrête au bout de 2,5 m.

Lorsqu'elle est en mouvement, 3 forces s'exercent sur elle, son poids, la réaction du support et la force de frottement.

1) Expliquer pourquoi le poids et la réaction du support ne travaillent pas.

2) En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la valeur de la force de frottement supposée constante.

3) Si la force de frottement conserve la même valeur, quelle serai la distance parcourue par la voiture si on lui donne une vitesse initiale de 3,6 $m.s^{-1}$?

Exercice 3: Le skieur

Un skieur avec son équipement sont modélisés par un point matériel de masse m = 87 kg. Le skieur s'élance avec une vitesse initiale v_0 = 5,4 $m.s^{-1}$ du haut d'une piste d'altitude z_0 = 2500 m. L'arrivée de la piste est à l'altitude z_1 = 2300 m.

L'intensité de la pesanteur est g = 9,80 $N.kg^{-1}$

1) Calculer l'énergie cinétique, potentielle et mécanique initiale du skieur.
NB: on pourra choisir de placer l'origine de l'énergie potentielle en bas de la piste !

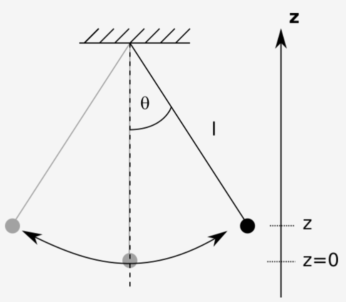
En bas de la piste, la vitesse du skieur est v_1=12,7 $m.s^{-1}$

2) Calculer l'énergie cinétique, potentielle et mécanique du skieur au bas de la piste.

3) L'énergie mécanique se conserve-t-elle ? Quelles en sont les raisons ?

4) Quelle aurait été la vitesse du skieur si l'énergie mécanique avait été constante ? Commentez la réponse.

Exercice 4: Le pendule (énergies)



Un pendule est constitué d'une masse m= 10 g, assimilée à un point matériel, suspendue à un fil de longueur constante l =1,0 m.
Lorsqu'on éloigne le pendule de sa position d'équilibre et qu'on le lâche, il se met à osciller. La position du pendule est repérée par l'angle θ avec la verticale.

L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est prise au point le plus bas de son mouvement pour θ =0°.

1) On suppose qu'il n'y a pas de force de frottement. Quelles sont les forces exercées sur la masse ?

2) Donner un argument pour justifier que la force de tension du fil ne travaille pas.

3) Dans ces conditions y a-t-il conservation de l'énergie mécanique ?

4) Montrer que l'énergie potentielle de pesanteur peut s'écrire $E_{PP} = m \times g \times l \times (1 - \cos(\theta))$

Le pendule se trouve dans la main de l'opérateur sous un angle initial de 30°, on lui donne une vitesse initiale v_0 = 1,0 $m.s^{-1}$ vers le bas dans le sens du mouvement.

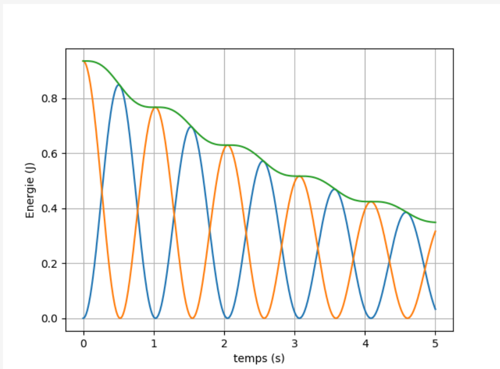
5) Calculer la valeur de son énergie mécanique.

6) En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, calculer la valeur maximale de l'angle lorsqu'il arrive de l'autre côté.

Exercice 5: Le pendule (courbes d'évolution)

Un pendule est constitué d'une masse m = 50 g, assimilée à un point matériel, suspendue à un fil de longueur constante l=1,0 m. On éloigne le pendule de sa position d'équilibre d'un angle θ par rapport à la verticale, puis on le lâche à t=0 . Il se met à osciller.

Le graphique montre l'évolution des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique.



1) Associer à chaque courbe la forme d'énergie qui lui correspond.

2) Quelle est la période du pendule ?

3) L'énergie mécanique se conserve-t-elle ? Expliquer.

4) Calculer la vitesse du pendule à t=0,5 s