

## Sources d'énergie mécanique et applications

### I Energie cinétique

Un mobile de masse  $m$  dont le centre d'inertie  $G$  voyage à la vitesse  $v_G$  possède une énergie cinétique (de translation)  $E_c$  égale à

$$E_c =$$

Unités dans le SI

*Exemples :* Calculer l'énergie cinétique d'une voiture de masse 1,2 t à la vitesse  $v_1$  de 90 km.h<sup>-1</sup>.

Un mobile voyage à la vitesse  $v_1$ . Il accélère et triple ainsi sa vitesse. Que peut-on dire de la nouvelle énergie cinétique par rapport à l'ancienne ? Quel calcul serait-il intéressant de faire notamment ?

Remarque 1 très importante : la vitesse dépend du référentiel choisi donc son énergie cinétique aussi.

*exemple :* une pomme de masse 150 g est posée sur la banquette d'un train roulant à 180 km.h<sup>-1</sup> par rapport à la Terre. Que pourrait-on demander de calculer ?

Il faudra donc, en début d'exercice, toujours préciser le ..... étudié et le référentiel d'étude.

Remarque 2 : si l'objet tourne sur lui même autour de son centre d'inertie en même temps que son mouvement d'ensemble, il faut rajouter un terme d'énergie cinétique de rotation qui n'est pas au programme.

### II Energie potentielle de pesanteur

#### 1) Rappel

Il faut fournir un travail musculaire pour éloigner un objet étudié massif d'un autre objet massif. L'objet étudié gagne ainsi en énergie, appelée énergie potentielle gravitationnelle  $E_{p,grav}$  si on l'éloigne de l'autre objet massif. Ceci est dû à la présence d'un champ gravitationnel tout autour de l'autre objet massif créé par ce dernier.

#### 2) Application à un mobile sur Terre : énergie potentielle de pesanteur $E_{pp}$

La Terre crée un champ gravitationnel (le champ gravitationnel terrestre) qu'un objet massif ressent. Cet objet possède donc une énergie potentielle gravitationnelle notamment à la surface ou proche de la surface de la Terre.

Le champ de pesanteur terrestre peut être, en première approximation, confondu avec le champ gravitationnel terrestre donc on parle plutôt d'énergie potentielle de pesanteur  $E_{pp}$  à la surface de la Terre.

Ainsi, une pierre dans la vallée aura une  $E_{pp}$  plus faible/élevée que la même pierre au sommet de la montagne car

##### a) Préciser/choisir l'origine des altitudes

L'énergie potentielle de pesanteur d'un objet dépend tout d'abord de l'altitude  $z$  de l'objet. Il faut savoir définir cette altitude  $z$ .  $z = 0$  ne correspond pas forcément au niveau de la mer, on peut très bien choisir  $z=0$  par exemple au bas d'un immeuble ou au niveau de la cave...

Si l'énoncé invite à choisir explicitement l'origine des altitudes, il faudra s'y référer et le rappeler au début de l'exercice après avoir défini le système et le référentiel. On fera un petit schéma explicatif en positionnant l'origine de l'axe des  $z$  qui sera orienté vers le haut.

Si l'énoncé n'invite pas à choisir explicitement l'origine des altitudes, il faudra alors la choisir personnellement et l'indiquer clairement au début de l'exercice après avoir défini le système et le référentiel. On fera un petit schéma explicatif en positionnant l'origine de l'axe des  $z$  qui sera orienté vers le haut.

**b) Préciser/choisir l'origine des  $E_{pp}$**

Mais ce n'est pas tout ! Après avoir choisi *l'origine des altitudes*, **et uniquement après**, il faut choisir *l'origine des énergies potentielles de pesanteur*, c'est-à-dire l'altitude où on choisit d'avoir  $E_{pp} = 0$ . Ce n'est pas forcément l'altitude nulle. Cette altitude de référence de l' $E_{pp}$  sera appelées par exemple  $z_{ref E_{pp}}$ .

Si l'énoncé invite à choisir explicitement l'origine des  $E_{pp}$ , il faudra s'y référer et le rappeler au début de l'exercice après avoir défini le système, le référentiel et l'origine des altitudes. On complètera alors le petit schéma explicatif en positionnant  $z_{ref E_{pp}}$  sur l'axe des z (orienté vers le haut).

Si l'énoncé n'invite pas à choisir explicitement l'origine des  $E_{pp}$ , il faudra alors la choisir personnellement et l'indiquer clairement au début de l'exercice après avoir défini le système, le référentiel et l'origine des altitudes. On complètera alors le petit schéma explicatif en positionnant  $z_{ref E_{pp}}$  sur l'axe des z (orienté vers le haut).

**c) Expression de l'énergie  $E_{pp}$**

Avec - un axe des altitudes z orienté vers le haut (z = 0 m ne correspondant pas forcément à la surface terrestre)  
 - et une altitude de référence arbitraire notée  $z_{ref E_{pp}}$  constante (par exemple  $z_{ref} = +3m$  par rapport au 0 choisi)  
 pour les énergies potentielles de pesanteur où on a choisi d'avoir une  $E_{pp}$  nulle,  
 l'énergie potentielle de pesanteur  $E_{pp}$  d'un objet de masse m est égale à

$$E_{pp} =$$

Unités dans le SI :

**d) J'apprends bien cette formule donc je la commente...**

- i) On retrouve, grâce à cette formule notamment que l' $E_{pp}$  est d'autant plus élevée que .....  
 ..... et donc que .....
- ii) D'après la formule, que vaut l' $E_{pp}$  à l'altitude  $z_{ref E_{pp}}$  ?

Est-ce normal ?

**e) Exemples concrets**

La classe de 1S décide partir aux sports d'hiver aux Arcs. La classe loge dans le village des Arcs 2000 (2000 m au-dessus du niveau de la mer). Les pistes de ski principales descendent jusqu'aux Arcs 1800 et on peut monter jusqu'à l'Aiguille Rouge à 3226 m par rapport au niveau de la mer. Le groupe d'élève A décide de prendre comme origine des altitudes et des  $E_{pp}$  le village des arcs 2000. Le groupe B décide de prendre comme origine des altitudes le niveau de la mer et origine des  $E_{pp}$  le village des arcs 1800.

**Marc de masse 75 kg** prend le télésiège depuis les Arcs 1800 jusqu'à l'Aiguille Rouge. **Lise de masse 65 kg** descend en ski du chalet aux Arcs 1600 (près de la vallée). Les notations seront à respecter. Donner pour tous les cas l'expression littérale à éventuellement simplifier et le calcul des grandeurs du tableau suivant. On prendra  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ .

|                 | schéma | Altitude $z_{Marc,i}$ initialement aux arcs 1800 et $E_{ppMarc,i}$ | Altitude $z_{Marc,f}$ finalement à l'Aiguille Rouge et $E_{ppMarc,f}$ | Variation d'altitude et variation d' $E_{pp}$ de Marc | Altitude $z_{Lise,i}$ initialement au chalet de la classe et $E_{ppLise,i}$ | Altitude $z_{Lise,f}$ finalement aux arcs 1600 et $E_{ppLise,f}$ | Variation d'altitude et variation d' $E_{pp}$ de Lise |
|-----------------|--------|--|---|---|---|--|---|
| Cas du groupe A |        | $z_{Marc,i,A}$<br><br>$E_{ppMarc,i,A} =$                           | $z_{Marc,f,A}$<br><br>$E_{ppMarc,f,A} =$                              |   |   |  |   |
| Cas du groupe B |        |  |   |   |   |  |   |

On remarque que

### III Energie mécanique

#### 1) Définition

L'énergie mécanique  $E_m$  d'un mobile dans un référentiel est par définition égale à la somme de son énergie cinétique  $E_c$  et de son énergie potentielle (de pesanteur en 1ereS)  $E_{pp}$  :

#### 2) Conservation de l'énergie mécanique (voir aussi TP avec graphiques à inclure ici)

Supposons un système évoluant au cours du temps, cette évolution n'étant dû qu'à son mouvement de *chute libre* (c'est-à-dire, par définition, que le système n'est soumis qu'à son poids, pas d'autres forces) et n'échangeant aucune énergie avec l'extérieur ; par exemple une balle de tennis lorsqu'elle a quitté la raquette du joueur.

On montre, dans ce cas particulier, que seules l'énergie cinétique et l'énergie potentielle de pesanteur peuvent varier mais la variation de l'une entre deux dates  $t_1$  et  $t_2$  est égale à ..... Si bien que la variation de l'énergie mécanique est ..... Donc l'énergie mécanique se .....

L'énergie mécanique d'un mobile n'évoluant que grâce à sa chute libre (**soumis qu'à son poids**) dans le référentiel terrestre n'échangeant aucune énergie avec l'extérieur se ..... Donc la variation de cette énergie mécanique est .....

**Ainsi, si z augmente,  $E_{pp}$  ..... donc forcément  $E_c$  ..... de la vitesse .....  
 ..... pour que  $E_m$  reste ..... (et vice versa).**

On fait alors un petit tableau regroupant les notations dans les exercices

| notations | A la date $t_1$ (à expliciter en exercice) | A la date $t_2$ (à expliciter en exercice) |
|-----------|--|--|
| $E_c$     |  |  |
| $E_{pp}$  |  |  |
| $E_m$     |  |  |

#### 3) Utilisation de la conservation de l'énergie mécanique

Point méthode : pour bien présenter les exercices utilisant la conservation de l'énergie mécanique :

→ Définir - le système étudié  
 -le référentiel d'étude : obligatoirement le référentiel terrestre pour appliquer la conservation de l'énergie mécanique  
 - un axe des altitudes orienté vers le ciel et avec une origine  $z = 0$  bien définie  
 - une altitude de référence des énergies potentielles bien définie

→ Vérifier et justifier le fait qu'on puisse utiliser la conservation de l'énergie mécanique : l'objet ne doit recevoir ou donner aucune énergie à l'extérieur et doit être en chute libre (pas de forces s'exerçant sur lui autre que son poids et notamment pas de forces avec l'air qui seraient des forces de frottement notamment).

En vérité, pour que les forces de frottements n'existent pas, il faudrait en toute rigueur que l'objet soit dans le vide. Mais on les néglige souvent si l'espace qui entoure l'objet est peu ..... et si l'objet a un profil .....

On peut alors utiliser la conservation de l'énergie mécanique entre deux dates à chaque question où cela est nécessaire. On présente les données dans un tableau comme ci-dessus car il y a généralement deux dates « à trouver » et à comparer dans l'énoncé de la question traitée :

→ Introduire, par exemple, dans le tableau  $v_1, v_2, z_1, z_2$ , les énergies  $E_{c1}, E_{c2}, E_{pp1}, E_{pp2}, E_{m1}$  et  $E_{m2}$

→ Ecrire (pour résoudre)  $E_{m1} = E_{m2}$  dc  $mg(z_1 - z_{ref}) + (1/2) m v_1^2 = mg(z_2 - z_{ref}) + (1/2) m v_2^2$ . C'est une équation où  $m$  peut se simplifier et connaissant trois des grandeurs parmi  $v_1, v_2, z_1, z_2$ , on peut donner l'expression littérale de la quatrième et la déterminer (inconnue à trouver de la question).

#### 4) Cas de non conservation de l'énergie mécanique (voir aussi TP avec graphiques)

Dans le cas où le système considéré n'est pas en ..... , c'est-à-dire s'il est également soumis à une force extérieure, autre que son poids, il n'y a plus conservation de l'énergie mécanique,  $\Delta E_m$  .....

Exemple 1 : s'il existe des forces de frottements de la part de l'extérieur, l'énergie mécanique perdue du système considéré est convertie en ..... (c'est à dire que le système ..... ) dont une partie est souvent transférée à ..... (sous forme d'énergie thermique de l'environnement).

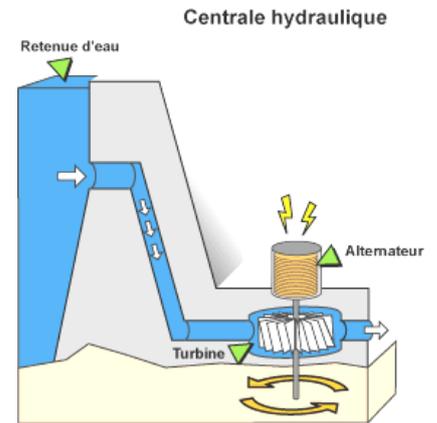
Exemple 2 : dans le cas où il existe une force au contact d'une turbine dans un barrage hydroélectrique, l'énergie mécanique perdue du système considéré est convertie en énergie mécanique de la turbine.

Dans ces deux cas,  $\Delta E_m$  ..... et l'énergie récupérée par le système extérieur vaut  $E_{\text{récupérée par ext}} =$

Schémas chaînes énergétiques correspondant :

- forces de frottement de l'air :

- eau faisant tourner une turbine :



Dans les exercices, il faut présenter de la même façon que dans le paragraphe précédent sauf que l'on précisera pourquoi on ne peut pas utiliser la conservation de l' $E_m$  et on écrira alors

$E_{m1} = E_{m2} + \dots$  si.....

$E_{m1} + \dots = E_{m2}$  si.....