THEME 1 ENERGIE CINETIQUE ET SECURITE ROUTIERE

CHAP 3 LE TRAVAIL: UN MODE DE TRANSFERT DE L'ENERGIE

ENERGIE CINETIQUE & THEOREME ENERGIE CINETIQUE

1. QU'EST CE QUE L'ENERGIE ?

L'énergie caractérise la capacité à fournir du travail, à donner du mouvement, à modifier la température ou à transformer la matière.

Elle est produite à partir de différentes sources que l'on trouve dans la nature: le bois, le charbon, le pétrole, le gaz, le vent ou le rayonnement solaire. Elle peut prendre différentes formes: chaleur, énergie mécanique ou énergie électrique.....

Ses formes multiples peuvent se transformer l'une en l'autre, par exemple, de chaleur en énergie mécanqiue, dans un moteur de voitre, ou en énergie électrique, dans une centrale électrique au charbon ou au gaz.

2. ENERGIE CINETIQUE.

Un point matériel de masse m et de vitesse instantanée v, transporte d'un point à un autre d'un référentiel une grandeur positive appelée ***énergie cinétique*** qui caractérise son état de mouvement. $\mathbf{Ec = \frac{1}{2} mv^2}$ avec m en kg, Ec en Joule, v en $m.s^{-1}$.

On constate donc que

- ❑ L'énergie cinétique est **doublée** si la masse de l'objet est doublée.

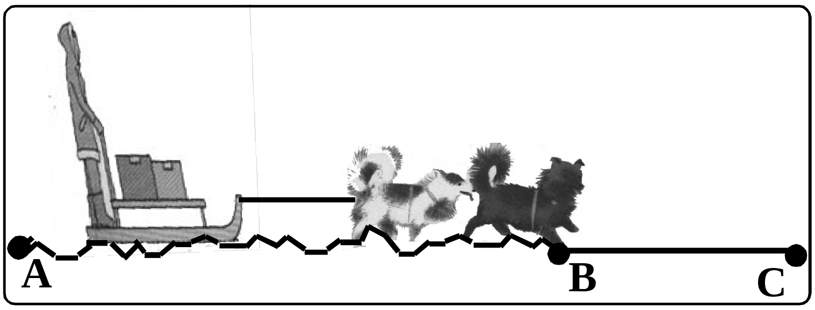
  Ainsi, les dégâts causés par un camion sont plus importants que ceux causés par une automobile roulant à la même vitesse.

- ❑ L'énergie cinétique est **multipliée par 4** si sa vitesse est **multipliée par deux.**
  Ainsi, un choc à 30 $km.h^{-1}$ n'est pas deux fois, mais quatre fois plus destructeur qu'un choc à 15 $km.h^{-1}$!!!

Exercice 1:

Appousiak, sur son traîneau tiré par des chiens, est sur un lac gelé.

L'ensemble Appousiak + traîneau a une masse de 200,0 kg, est tiré par la meute de chiens et se déplace à une vitesse moyenne de 30 $km.h^{-1}$.



1. Exprimer la vitesse en $m.s^{-1}$.

$$\mathbf{v = 30\ km/h = \frac{30\ km}{1\ h} = \frac{30\ 000\ m}{3\ 600\ s} = 8,3\ m/s}$$

2. Quelle est l'énergie cinétique de l'ensemble ?

$$\mathbf{Ec = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2}\ 200 \times 8,3^2 = 6,94 \times 10^3\ J}$$

3. THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE.

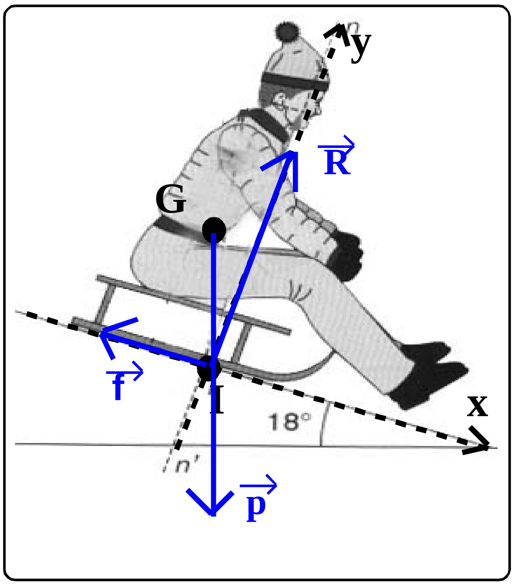
Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un solide est égale à la somme des travaux de toutes les forces extérieures appliquées à ce solide:

$$\Delta Ec = Ec_{(\text{Etat Final})} - Ec_{(\text{Etat Initial})} = \Sigma W_{AB}(F_{ext})$$

Exercice 2:

Le lugeur s'élance du haut d'une piste avec une vitesse nulle, la hauteur de dénivellation h est de 100 m, la longueur L de la piste est de 1 200 m. L'ensemble possède une masse M de 90 kg.

Le lugeur est soumis à son poids P, à la réaction du sol R perpendiculaire au sol et aux frottements modélisés par une force f parallèle à la piste, opposée au déplacement et de valeur f = 60 N.



1. Représenter ces forces sans souci d'échelle.

2. Calculer le travail de chacune de ces forces. On prend g = 10 N.kg⁻¹.

$W(f)_{AB}$ = f x AB x cos (f, AB) = 60 x 1 200 x cos 180
= - 72 000 J

$W(R)_{AB}$ = 0 J car la réaction est perpendiculaire au sol.

$W_{AB}(p) = m \times g \times h = 90 \times 10 \times 100 = 90\,000$ J

3. Donner l'expression de l'énergie cinétique du lugeur en haut de la piste, en fonction de M et v_0 la vitesse initiale. La calculer.

$Ec = \frac{1}{2} M \times v_0^2 = 0$ J car dans l'énoncé on indique qu'il part avec une vitesse nulle

4. Donner l'expression de l'énergie cinétique du lugeur en bas de la piste, en fonction de M et v_f la vitesse finale.

$$Ec = \frac{1}{2} M \times v_f^2$$

5. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique et calculer la valeur de la vitesse du lugeur en bas de piste.

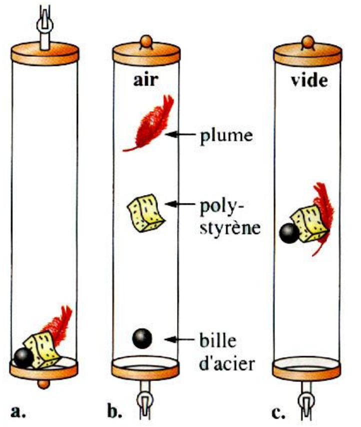
$$\Delta Ec = Ec_{(\text{Etat Final})} - Ec_{(\text{Etat Initial})} = \Sigma W_{AB}(F_{ext}).$$

$$\frac{1}{2} M \times v_f^2 - \frac{1}{2} M \times v_0^2 = W(f)_{AB} + W(p)_{AB} + W(R)_{AB}$$

$$\frac{1}{2} 90 \times v_f^2 - 0 = -72\,000 + 90\,000 + 0 = 18\,000 \quad \text{soit } v_f = \sqrt{\frac{2 \times 18\,000}{90}} = 20 \text{ m/s}$$

4. CHUTE LIBRE.

4.1. DEFINITION DE LA CHUTE LIBRE.



Expérience du tube de Newton.
a. Les trois objets. **b.** Chute dans l'air.
c. Chute dans le vide.

La chute libre est un mouvement idéalisé au cours duquel on suppose que l'objet n'est soumis qu'à l'action de son poids.

Pour que ce modèle approche au mieux la réalité, il faut donc que la force du frottement de l'air sur le solide soit négligeable devant le poids.

On retiendra $v^2 = 2 \times g \times h$

avec **g la constante de pesanteur et h la hauteur de chute (en mètre) ce qui donne la vitesse v en m/s.**

Remarque.

- La masse **n'apparaît pas dans l'expression de v ... deux objets de masses différentes chutent donc identiquement.**

Nous avons pris le cas particulier d'une chute sans vitesse initiale. Dans le cas plus général où la bille possède une vitesse initiale v_0, on aura la relation $v^2 = 2 \times g \times h + v_0^2$

Exercice 3:

Une danseuse lance verticalement vers le haut sur une hauteur h = 4,0 m, un ballon de masse m = 200 g,

1. Calculer le travail du poids d'un ballon, On prend g = 9,8 $N.kg^{-1}$.

$$W_{AB}(p) = - m \times g \times h = - 200 \times 10^{-3} \times 9,8 \times 4,0 = - 7,84 \text{ J}$$

Le ballon s'arrête à cette hauteur et redescend à la même altitude qu'au départ.

2. Calculer la vitesse du ballon à son retour.

La vitesse du ballon au retour est identique à celle au moment du lancer.

Exercice 4:

L'armée française utilise un fusil qui tire un projectile de masse m = 4 g à la vitesse de 900 $m.s^{-1}$. Un tireur réalise un tir vertical vers le haut.

1. Calculer l'énergie cinétique du projectile à la sortie.

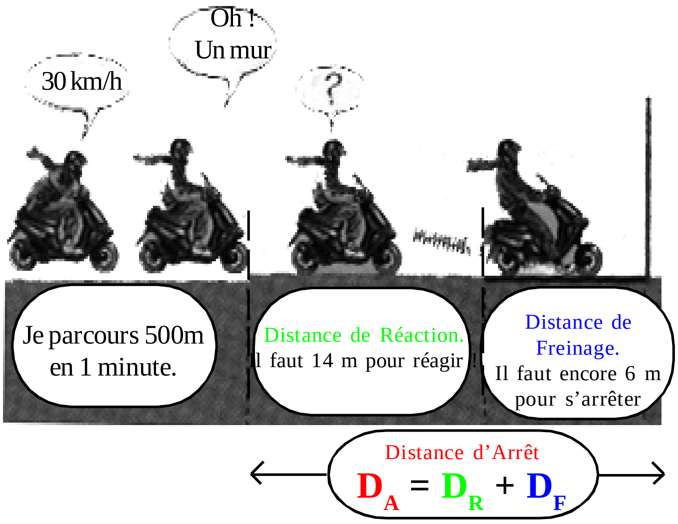
$$Ec = \frac{1}{2} m \times v^2 = \frac{1}{2} 4 \times 10^{-3} \times 900^2 = 1\ 620 \text{ J}$$

2. Calculer la hauteur atteinte par le projectile. On prendra g = 10 N/kg.

$$v^2 = 2 \times g \times h \text{ soit } h = \frac{v^2}{2 \times g} = \frac{900^2}{2 \times 10} = 40\ 500 \text{ m} = 40{,}5 \text{ km.}$$

5. VITESSE ET SECURITE ROUTIERE.

5.1. DISTANCE D'ARRET D'UN VEHICULE.



Le temps de réaction correspond à la durée entre l'instant où le conducteur réalise qu'il est face à un obstacle et l'instant où les freins commencent à agir.

La distance d'arrêt D_A d'un véhicule est égale à la somme de la distance D_R parcourue pendant le temps de réaction et la distance D_F parcourue pendant le temps de freinage.

$$D_A = D_R + D_F$$

5.2. FACTEURS INFLUENCANT LA DISTANCE DE FREINAGE.

La distance de freinage dépend essentiellement de la vitesse du véhicule, mais aussi:

de la surface du sol (sèche ou humide, verglacée), de la météo, de l'état des pneus, de l'état des freins.

5.3. FACTEURS INFLUENCANT LA DISTANCE DE REACTION.

La distance de réaction est estimée à 1 s en situation d'attention soutenue, mais il dépend aussi:

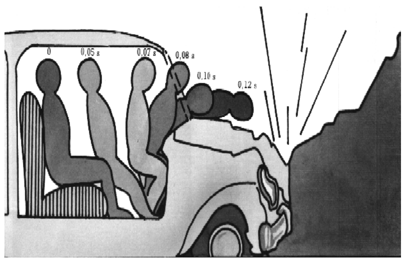
de l'état de santé du conducteur (malade, sain, alcoolisé, drogué), de la visibilité (temps clair, brouillard, pluie, jour/nuit ...)

50% de temps de réaction en plus et un risque d'accident multiplié par 4 pour ceux qui conduisent en téléphonant. Un chiffre à méditer, d'autant que le nombre de tués sur les routes de France en 2001 (7 720 morts) a augmenté de 1% par rapport à 2000.

5.5. POURQUOI UNE CEINTURE DE SECURITE ?

Au cours d'un freinage brutal, ou pire, lors d'un choc contre un obstacle, le véhicule perd brusquement de l'énergie dite cinétique, liée à son mouvement, et s'arrête. Les passagers, eux, ne sont pas freinés s'ils ne sont pas attachés à la voiture: ils conservent leur énergie liée à leur mouvement et continuent donc à se déplacer vers l'avant. Il s'écrase contre le pare-brise avec une vitesse presque égale à celle du véhicule avant le choc.

Un enfant de 30 kg lorsque lavoiture roule à une vitesse de 50 km.h^{-1}, pésera lors d'un choc frontal près de **1 tonne** !!! Il est alors impossible de le retenir, s'il n'est pas attaché. Un chiffre à méditer lorsqu'on sait que **50%** des décès des jeunes enfants lors d'un accident sont dus à une mauvaise attache.



La ceinture de sécurité, en liant les passagers à leur siège, les rend solidaires de la voiture et les empêche donc de passer à travers le pare-brise lorsque le véhicule s'arrête brusquement, mais n'écarte pas tout danger !

Même si la carrosserie est déformable, donc l'habitacle perd sa vitesse de façon progressive, le siège suit le mouvement du pare-chocs et atteint la vitesse nulle en un temps très court. A 40 km.h^{-1}, même si la ceinture se distend de quelques centimètres, retardant d'autant l'immobilisation du passager, la force qui s'exerce alors sur le thorax est une force de l'ordre de 10^4 N !

Exercice 5:

Lors d'un crash-test, on projette une voiture sur un obstacle fixe à 90 km.h^{-1}. Un mannequin non attaché de masse m = 80 kg, est placé dans le véhicule. Lors du choc, le mannequin est projeté contre le pare-brise.

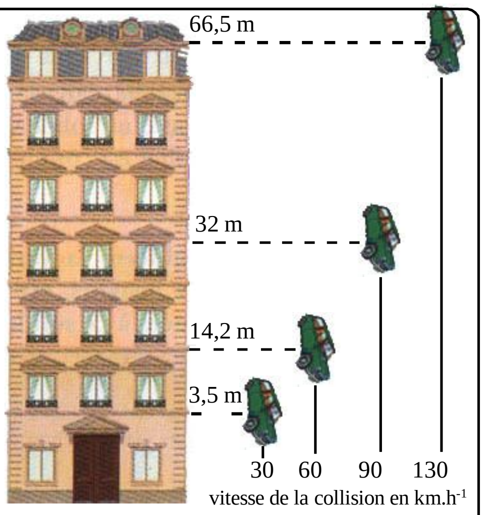
1. Calculer l'énergie cinétique du mannequin au moment du choc.

$$v = 90 \text{ km/h} = \frac{90 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{90\,000 \text{ m}}{3\,600 \text{ s}} = 25 \text{ m/s}$$

$$Ec = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} 80 \times 25^2 = 25\,000 \text{ J}$$

2. De quelle altitude devrait-il tomber en chute libre, sans vitesse initiale, pour que son énergie cinétique à son arrivée au sol soit égale à celle qu'il possède juste avant le choc de la voiture ?

$$v^2 = 2 \times g \times h \text{ soit } h = \frac{v^2}{2 \times g} = \frac{25^2}{2 \times 10} = 31{,}25 \text{ m}$$



L'énergie cinétique d'un véhicule roulant à 130 km.h^{-1} est égale à celle qu'aurait ce même véhicule tombant d'un immeuble de 22 étages (66,5 m) lorsqu'il s'écrase au sol.