

Énergie cinétique et sécurité routière

Dans les moyens de transport, l'Homme cherche toujours à aller plus vite pour gagner du temps ; le train à grande vitesse (TGV) en est une remarquable illustration. Les statistiques prouvent cependant que la vitesse est le plus souvent responsable des accidents.

Qu'est-ce que l'énergie cinétique ?

Pourquoi la vitesse peut-elle être dangereuse ?

Quels sont ses dangers ?

1) L'énergie cinétique :

1) De quoi dépend l'énergie cinétique ?

→ activité : De quoi dépend l'énergie cinétique ?

MATÉRIEL : • trois boules de pétanque métalliques identiques A, B et D (masse 700 g) et une boule C, de même dimension, en matière plastique (100 g) • deux plaques d'argile

DÉROULEMENT :

1. Positionnons deux boules de même masse à des hauteurs différentes (fig. 1) et deux boules de masse différente à la même hauteur (fig. 3).

2. Laissons tomber les boules et comparons leur empreinte sur l'argile (fig. 2 et fig. 4).

Lors de l'impact, l'énergie cinétique des boules s'annule rapidement et l'argile se déforme : l'énergie cinétique est transformée en énergie de déformation.

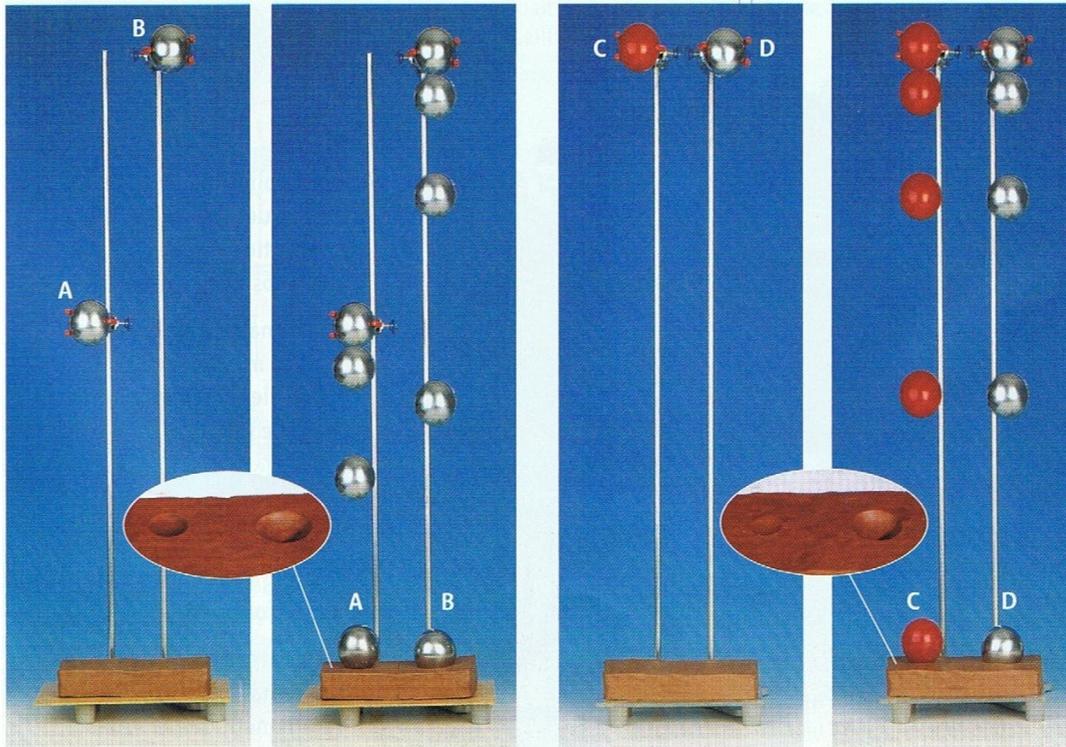


fig. 1 Deux boules de même masse sont à des hauteurs différentes.

fig. 2 Les boules sont photographiées toutes les 110 ms pendant leur chute.

fig. 3 Deux boules de masse différente sont à la même hauteur.

fig. 4 Les boules sont photographiées toutes les 110 ms pendant leur chute.

Questions

1 Au moment de l'impact, les boules A et B :

- ont-elles la même vitesse (fig. 2) ? Justifie ta réponse.
- ont-elles la même énergie cinétique ? Justifie ta réponse en comparant les empreintes laissées par les deux boules (fig. 2).

2 L'énergie cinétique d'un solide en translation dépend-elle de sa vitesse ? Justifie ta réponse.

3 Au moment de l'impact, les boules C et D :

- ont-elles la même vitesse ? Justifie ta réponse.
- ont-elles la même énergie cinétique ? Justifie ta réponse en comparant les empreintes laissées par les deux boules (fig. 4).

4 L'énergie cinétique d'un solide en translation dépend-elle de sa masse ? Justifie ta réponse.

- 1) Non, car la boule A est lancée moins haut. Elle n'a pas la même énergie cinétique car les empreintes laissées ne sont pas identiques.
- 2) L'énergie cinétique dépend donc de la vitesse.
- 3) Oui, car elles sont lancées à la même hauteur. Non car les empreintes laissées ne sont pas identiques.
- 4) L'énergie cinétique dépend donc de la masse.

2) L'énergie cinétique est-elle proportionnelle à la vitesse ?

L'activité 1 nous a appris que l'énergie cinétique E_c d'un objet en mouvement dépendait de sa masse m et de sa vitesse v .

La relation qui unit ces trois grandeurs est la suivante : $E_c = \frac{1}{2} mv^2$

E_c : énergie cinétique en joule,

m : masse en kg,

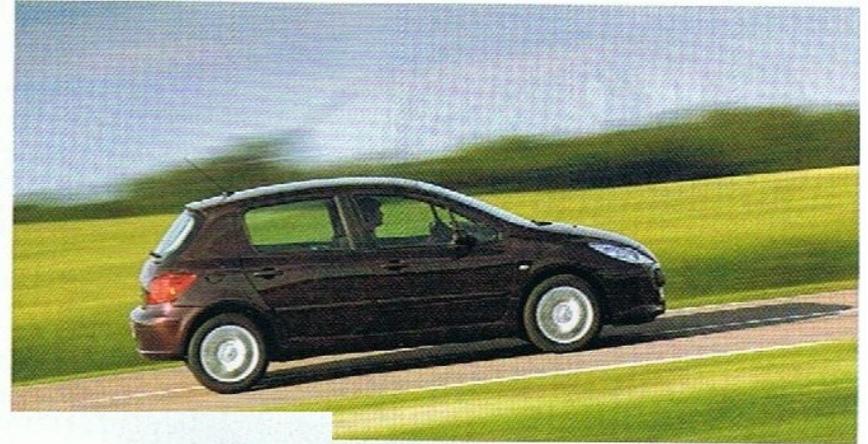
v : vitesse en m/s.

Imaginons que le véhicule et son conducteur (fig. 5), de masse 1 200 kg, se déplacent successivement à 30 km/h, 60 km/h puis 120 km/h.

Complète le tableau ci-dessus

v (km/h)	30	60	120
v (m/s)	8,33	16,66	33,33
E_c (Joule)	41 633,34	166 533,36	666 533,34
$\frac{E_c}{v}$	4998	9996	19 998
$\frac{E_c}{v^2}$	600	600	600

fig. 6



Questions

1 L'énergie cinétique de la voiture est-elle proportionnelle à sa vitesse ? Justifie ta réponse.

2 L'énergie cinétique est-elle proportionnelle au carré de la vitesse ? Justifie ta réponse.

3 Quand la vitesse est multipliée par deux, par combien l'énergie cinétique est-elle multipliée ?

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} * 1200 * 8,33^2$$
$$E_c = 41633,34 \text{ J}$$

$$E_c = \frac{1}{2} * 1200 * 16,66^2$$
$$E_c = 166 533,36 \text{ J}$$

Questions :

- 1) Non, car selon les produits en croix la vitesse n'est pas proportionnel à l'énergie cinétique.
- 2) Oui, car selon les produits en croix, la vitesse au carré est proportionnel à l'énergie cinétique
- 3) Quand la vitesse est multipliée par 2, l'énergie cinétique est multipliée par 4.

Observation et Interprétation :

Un objet de masse m lâché d'une hauteur h acquiert une vitesse v de plus en plus grande ; il possède alors une énergie de mouvement qui déforme l'argile. La déformation est plus importante si :

- la vitesse de l'objet augmente
- la masse de l'objet augmente

Cette énergie due au mouvement est appelée énergie cinétique. On la note E_c .

On la calcule en appliquant la relation : $E_c = \frac{1}{2}mv^2$.

Cette relation nous montre que :

- si la masse est multipliée par 2, l'énergie cinétique l'est aussi ;
- si la vitesse est multipliée par 2, l'énergie cinétique est multipliée par 4 !

Conclusion :

L'énergie d'un solide en translation est : $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ avec

E_c : énergie cinétique en joule ; m : masse en kg et v : vitesse en m/s.

L'énergie cinétique d'un objet en mouvement est proportionnelle à la masse m de cet objet mais n'est pas proportionnel à sa vitesse ; elle croit beaucoup plus rapidement que la vitesse.

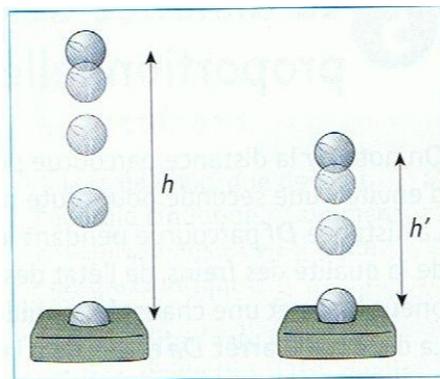


fig. 1 Les deux boules ont la même masse mais des vitesses différentes.

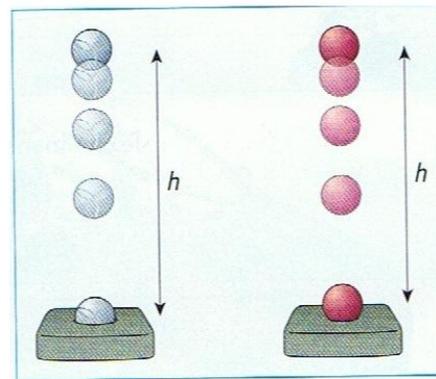


fig. 2 Les deux boules ont la même vitesse mais des masses différentes.

2) L'énergie cinétique se transforme :

1) En énergie thermique :

→ activité : Que devient l'énergie cinétique lors du freinage ?

MATÉRIEL : • une bicyclette • un thermomètre

DÉROULEMENT :

1. Appliquons la sonde du thermomètre contre le pneu d'une roue de bicyclette immobile et relevons la température (fig. 7).
2. Attribuons ensuite à la sonde le rôle des freins. Lançons la roue, puis freinons-la en faisant frotter la sonde sur le pneu. Quand la roue est immobile, relevons à nouveau la température (fig. 8).



fig. 7



fig. 8

Questions

1 Comment varie l'énergie cinétique de la roue pendant le frottement ? Comment évolue la température lue sur le thermomètre ?

2 Quelle est la transformation d'énergie réalisée durant le freinage ? Recopie et complète le diagramme en utilisant les termes « énergie cinétique » et « énergie thermique ».



3 Au cours de l'arrêt d'un véhicule par freinage, pourquoi les freins s'échauffent-ils ?

- 1) L'énergie cinétique diminue car la roue ralentie mais la température augmente.
- 2) énergie cinétique → freins → énergie thermique
- 3) Parce que l'énergie cinétique se transforme en énergie thermique

Observation et Interprétation :

On freine un véhicule pour le ralentir ou l'arrêter. Donc on diminue ou on annule son énergie cinétique. On y parvient généralement en utilisant des frottements ; les pièces en contact (les freins) s'échauffent. L'énergie cinétique se transforme en énergie thermique.

2) En énergie de déformation :

→ activité : Que devient l'énergie cinétique lors d'un choc ?

Lors d'un choc, la vitesse du véhicule s'annule quasiment instantanément. Afin que toute l'énergie ne soit pas transmise aux occupants, l'avant du véhicule doit se déformer et absorber ainsi une partie de cette énergie cinétique (fig. 9). Les véhicules sont donc constitués d'une structure avant absorbante et d'une cage de survie rigide, l'habitacle (fig. 10).



fig. 9



fig. 10 Cage de survie rigide.

Questions

- 1 Lors du choc, que devient l'énergie cinétique ? Comment le véhicule absorbe-t-il cette énergie cinétique ?
- 2 Si l'habitacle du véhicule est trop rigide (fig. 11b), quelles sont les conséquences pour les passagers ?

- 1) Lors du choc, l'énergie cinétique disparaît, le véhicule l'absorbe en se déformant.
- 2) Les passagers sont projetés vers l'avant.
- 3) Les passagers peuvent être blessés, car le moteur peut rentrer dans l'habitacle.

Si le véhicule ne se déforme pas suffisamment, l'énergie cinétique des passagers est peu modifiée : ils sont violemment projetés vers l'avant (fig. 11b). Si le véhicule se déforme trop, des éléments de celui-ci pénètrent dans l'habitacle et blessent les passagers (fig. 11c). Les ingénieurs ont donc pour tâche de réaliser le meilleur compromis entre ces deux contraintes. Les voitures actuelles sont équipées d'airbags et de ceintures de sécurité qui minimisent l'effet du choc.

- 3 Si la structure avant du véhicule est trop absorbante (fig. 11c), quelles sont les conséquences pour les passagers ?

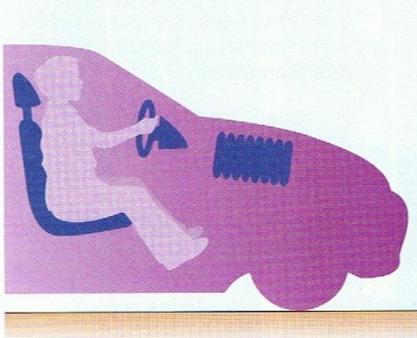


fig. 11a État initial.

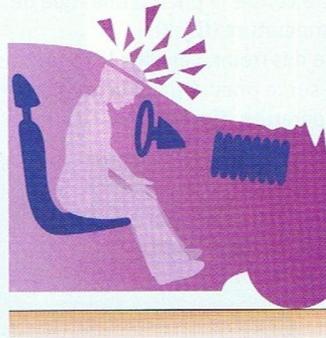


fig. 11b La structure étant trop rigide, l'énergie cinétique projette les passagers vers l'avant.



fig. 11c Les éléments de la voiture (volant, moteur...) pénètrent dans l'habitacle et viennent blesser les occupants du véhicule.

Observation et Interprétation :

On a souvent le réflexe de freiner en percevant une situation d'accident sans parvenir à immobiliser le véhicule. L'énergie cinétique restante s'annule alors quasi instantanément lors du choc. Le véhicule absorbe cette énergie en se déformant.

Conclusion :

Lors du freinage d'un véhicule, l'énergie cinétique se dissipe en énergie thermique au niveau des freins.

Dans un accident automobile, l'énergie cinétique engendre des déformations (énergie de déformation) du véhicule et peut occasionner des blessures aux passagers, voire leur mort.

3) Influence de la vitesse sur la distance de freinage :

→ activité : la distance de freinage est-elle proportionnelle à la vitesse ?

On note D_r la distance parcourue pendant le **temps de réaction** qui est d'environ une seconde pour toute personne en bonne condition physique. La distance D_f parcourue pendant le **freinage** dépend essentiellement de la qualité des freins, de l'état des pneus et de la chaussée. Avec des pneus lisses et une chaussée mouillée l'adhérence est moindre, voire nulle. La distance d'arrêt D_a est égale à la somme de D_r et D_f (fig. 13).

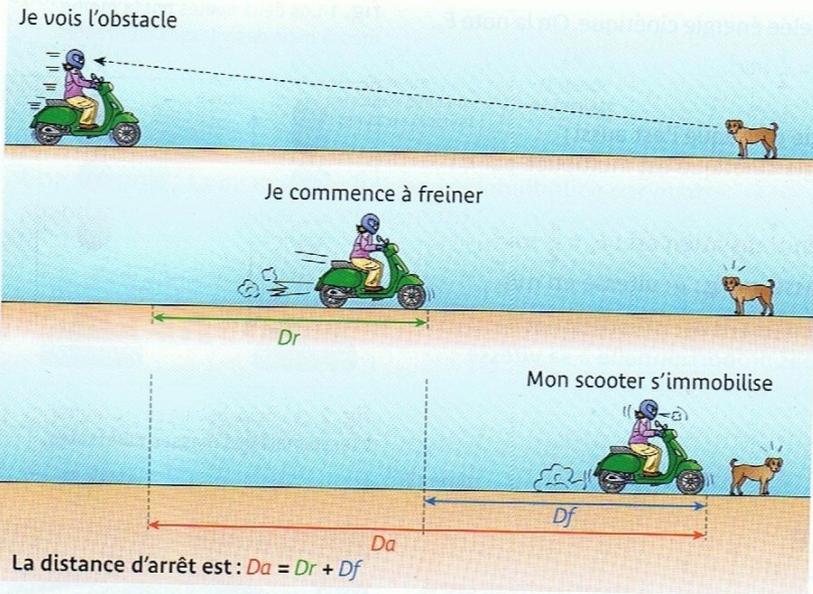


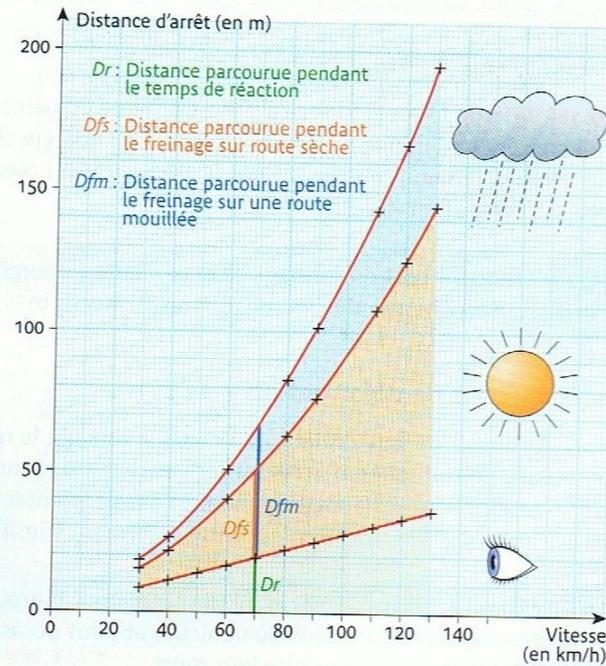
fig. 13

Vitesse (km/h)	40	60	80	90	110	120	130
Distance parcourue pendant le temps de réaction (D_r) en m	11,1	16,7	22,2	25	30,6	33,3	36,1
Distance parcourue pendant le freinage, sur route sèche (D_{fs}) en m	10,3	...	41,2	52,0	78,1	...	108,5
Distance parcourue pendant le freinage, sur route mouillée (D_{fm}) en m	15,0	33,6	59,9	75,9	114,0	134,3	158,4

fig. 14



fig. 16



1 La « distance de réaction » est-elle proportionnelle à la vitesse (fig. 15) ? Justifie ta réponse.

2 La distance de freinage est-elle proportionnelle à la vitesse (fig. 15) ? Justifie ta réponse.

3 Détermine graphiquement la distance de freinage sur route sèche à 60 km/h puis à 120 km/h (fig. 15) et complète le tableau (fig. 14).

4 D'après le tableau (fig. 14), quand la vitesse est multipliée par deux, par combien la distance de freinage est-elle multipliée ?

5 Calcule les distances d'arrêt sur route sèche à 130 km/h et sur route mouillée à 110 km/h (fig. 14 et 15). Explique alors la réglementation qui est appliquée sur les autoroutes (fig. 16).

- 1) Oui elle est proportionnelle car c'est une ligne droite.
- 2) Non car ce n'est pas une ligne droite.
- 4) La distance de freinage est multipliée par 4.

Observation et Interprétation :

Afin d'éviter un obstacle, un automobiliste va freiner. La distance de freinage est la distance parcourue entre le moment où le conducteur commence à freiner et l'arrêt total du véhicule. La distance de freinage n'est pas proportionnelle à la vitesse : sur une route sèche à 45 km/h, la distance de freinage est de 13m, mais à 90 km/h, la distance de freinage est d'environ 52m.

$$D_a = D_r + D_f$$

Distance d'arrêt = distance de réaction + distance de freinage

Conclusion :

La distance de freinage est multipliée par quatre quand la vitesse est doublée.

4) BILAN

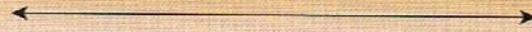
La vitesse est dangereuse

$v = 40 \text{ km/h}$

Énergie cinétique



Énergie thermique



$D_f = 10,3 \text{ m}$

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

E_c : énergie cinétique en joule

m : masse en kg

v : vitesse en m/s

Quand la vitesse est multipliée par deux, l'énergie cinétique est multipliée par quatre.

Quand la vitesse est multipliée par deux, la distance de freinage est multipliée par quatre.

$v = 80 \text{ km/h}$

Énergie cinétique



Énergie thermique

Énergie de déformation



$D_{f'} = 41,2 \text{ m}$