

# Energie et chocs

## Ce que l'élève doit retenir

- ◆ L'énergie d'un objet en mouvement de translation est proportionnelle à sa masse et au carré de sa vitesse.
- ◆ La distance de freinage est proportionnelle au carré de la vitesse du mobile.
- ◆ La vitesse excessive ou inadaptée est un facteur présent dans 45 % des accidents mortels.
- ◆ Le conducteur est responsable du port de la ceinture pour ses passagers mineurs (moins de 18 ans).

### Programme

Énergie liée au mouvement  
Distance de freinage  
Choc et déformation

### Objectifs disciplinaires

Effets dus aux forces.  
Interaction entre objets.  
Énergie liée au mouvement.  
Propulsion. Freinage.

### Objectif sécurité routière

La vitesse est un facteur essentiel qui définit la violence des chocs, donc qui aggrave les conséquences corporelles des accidents.

La vitesse excessive ou inadaptée est un facteur présent dans 45 % des accidents corporels.

En l'an 2000, 41 personnes ont été tuées au Luxembourg dans des accidents causés par une vitesse excessive.

Nous vivons dans un monde où chacun produit, reçoit et consomme de l'énergie. L'énergie est omni-présente, sous des formes diverses.

Tout «objet» en mouvement possède de l'énergie appelée énergie cinétique ( $E_c$ ).

Cette énergie se manifeste surtout lors des échanges avec «l'extérieur».

Lors d'un choc entre deux objets en mouvement (deux «mobiles»), il y a modification des mouvements et déformation des objets.

## Relation entre énergie cinétique et masse

A une augmentation de masse correspond une augmentation proportionnelle d'énergie cinétique.

Ainsi, si la masse en mouvement est doublée, son énergie cinétique l'est aussi. Plus généralement, si la masse est multipliée par  $k$ , l'énergie cinétique est multipliée par le même facteur  $k$ .

**Retenons:** l'énergie cinétique est proportionnelle à la masse du mobile.

**Exemple:** Une voiture de masse 800 kg roulant à la vitesse de 36 km/h possède une énergie cinétique de 40 kJ (40 kilo-joules).

Une voiture de 1600 kg roulant à la même vitesse possède une énergie cinétique de 80 kJ.

## Relation entre énergie cinétique et vitesse

A une augmentation de vitesse correspond une augmentation d'énergie cinétique.

Si la vitesse double, l'énergie cinétique est multipliée par 4.

Si la vitesse triple, l'énergie cinétique est multipliée par 9.

De façon générale, si la vitesse est multipliée par  $k$ , l'énergie cinétique est multipliée par  $k^2$ .

**Retenons:** l'énergie cinétique est proportionnelle au carré de la vitesse du mobile.

**Exemple:** Un véhicule de 1000 kg (1t) roulant à 36 km/h soit 10 m/s possède une énergie cinétique  $E = 50$  kJ.

A 72 km/h (20 m/s) son énergie cinétique est de  $4E = 200$  kJ.

A 108 km/h (30 m/s) son énergie cinétique est de  $9E = 450$  kJ.

## Energie cinétique et choc

Quand une voiture de masse 1.000 kg et un poids lourd de masse 15.000 kg lancés à la même vitesse, rencontrent un obstacle, on comprend que les effets des chocs soient différents : l'énergie cinétique du poids lourd est ici 15 fois supérieure à celle de la voiture.

L'énergie cinétique étant proportionnelle au carré de la vitesse du mobile, celle-ci est un facteur aggravant. La violence des chocs et les conséquences corporelles des accidents en sont considérablement augmentés. Les occupants d'une voiture en mouvement ne sont pas immobiles (par rapport à la route); par conséquent ils ont leur propre énergie cinétique.



Si le mobile est stoppé brutalement (en rencontrant un obstacle) les passagers restent en mouvement jusqu'à ce qu'ils rencontrent eux-mêmes un obstacle (pare-brise, volant, tableau de bord, siège, ...) et que leur énergie cinétique soit elle-même absorbée. Selon la violence du choc, il y a risque de blessures graves voire de décès.

Déformation des structures avant, port de la ceinture de sécurité (voir annexe), airbag, permettent de limiter les conséquences des accidents frontaux, à condition que la vitesse, lors de l'impact, ne soit pas excessive.

## Énergie cinétique et motocycles

Les motocyclistes constituent une catégorie d'utilisateurs de la route particulièrement vulnérable.

En effet, le risque d'implication dans les accidents corporels est de 7 fois plus élevé en moto qu'en voiture. Pourquoi ?

Le motocycliste n'a ni ceinture, ni airbag, il n'a que son casque et ses vêtements. Lors d'un choc frontal à 30 km/h, si le motorcycle est stoppé brutalement, le motocycliste continue son mouvement à la même vitesse (il est projeté en avant par rapport au motorcycle).

«Je suis assez fort pour amortir le choc moi-même ... je me cramponne au guidon».



Faux : les muscles des bras ne peuvent guère résister à une force de plus de 250 Newtons; or à 30 km/h contre un obstacle, c'est une force de plus de 3.000 Newtons qu'il devrait développer pour retenir un corps de masse de 45 kg dans les conditions moyennes d'un choc.

## Énergie cinétique et freinage

Pour immobiliser un «objet» en mouvement (un mobile), il faut que son énergie cinétique disparaisse: c'est le freinage. Les plaquettes de freins, les pneus sur la route, vont absorber cette énergie par frottement. Ceci prend du temps et nécessite une certaine distance, appelée distance de freinage. Pour un même mobile, si la vitesse double, la distance de freinage est multipliée par 4.

**Retenons:** la distance de freinage est proportionnelle au carré de la vitesse du mobile.

**Exemple:** Si la distance de freinage est de 20 m à 50 km/h, elle sera de 80 m à 100 km/h.

## Fiche élèves

### Application n° 1

Les physiciens expriment l'énergie cinétique par la formule suivant (cette étude sera développée dans le cours de physique):

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

$m$  : masse du mobile en kilogramme (kg)  
 $v$  : vitesse du mobile (voiture) en mètre par seconde (m/s)  
 $E_c$  : énergie cinétique en Joule (J)

- Calculer l'énergie cinétique d'une voiture de masse 1200 kg se déplaçant à la vitesse de 108 km/h ?  
 $v = 108 \text{ km/h}$  (correspond à  $108/36 = 30 \text{ m/s}$ )  
 $E_c = \frac{1}{2} \cdot 1200 \cdot 30^2 = 540000 \text{ J} = 540 \text{ kJ}$
- Calculer maintenant l'énergie cinétique de la même voiture lorsque la vitesse est réduite de moitié.  $v = 15 \text{ m/s}$   
 $E_c = \frac{1}{2} \cdot 1200 \cdot 15^2 = 135000 \text{ J} = 135 \text{ kJ}$
- Comparer les deux résultats. Que constatez-vous?  
 Par combien l'énergie cinétique a-t-elle été divisée en passant de 108 km/h à 54 km/h?  
 $135/540 = \frac{1}{4}$  : elle a été divisée par 4.

Conclusion: Si la vitesse est divisée par 2, l'énergie cinétique est divisée par 4.  
 Si la vitesse est divisée par 3, l'énergie cinétique est divisée par 9.

L'énergie cinétique absorbée par une voiture lors d'un accident varie donc avec le carré de la vitesse.

### Application n° 2

Distance de freinage.

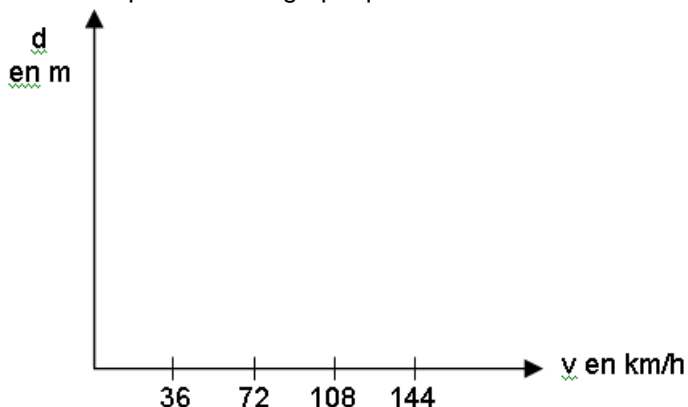
La distance de freinage d'une voiture peut être approximativement déterminée par la formule;  $d_f = \frac{v^2}{2a}$   
 cette formule se base sur une décélération  $a = 8 \text{ m/s}^2$ .

Vous constatez que cette distance de freinage  $d_f$  est – tout comme l'énergie cinétique  $E_c$  – proportionnelle au carré de la vitesse.

Complétez le tableau suivant:

v en km/h	3,6	36	72	108	144
v en m/s	1				
$d_f$ en m	0,625				

Faites la représentation graphique:



La courbe obtenue s'appelle: \_\_\_\_\_

**Attention:** La distance totale nécessaire pour s'arrêter est supérieure à la distance de freinage, car il faut tenir compte du temps de réaction du conducteur.  
(voir fiches mathématiques, biologie, physique)

## Annexe

### Ceinture de sécurité: la chasse aux idées fausses

**«En cas d'accident, je suis assez fort pour amortir le choc moi-même. Je me cramponne au volant ou aux poignées latérales.»**

**FAUX.** Les muscles des bras ne peuvent guère résister à une force de plus de 250 Newtons. Or à 50 km/h contre un mur, c'est une force de plus de 2.000 Newtons qu'ils devraient développer pour retenir un corps de 75 kg. La ceinture est conçue pour résister à une force de 2.500 à 3.000 Newtons environ. Les poignées de maintien, quant à elles, ne sont pas conçues pour résister à de tels poids. Elles sont un instrument de confort, et pas de protection. Non ceinturé, un corps est donc projeté à travers le pare-brise ou l'habitacle. Et il est impossible de se cramponner, ou de protéger un enfant dans ses bras.

**«La ceinture ne sert à rien pour les petits déplacements.»**

**FAUX.** Les deux tiers des accidents se produisent à moins de 15 km du domicile et 35 % des tués sur la route le sont en agglomération, donc vraisemblablement au cours d'un trajet quotidien (domicile/travail/école/loisirs).

**«La ceinture ne sert pas à grand chose à faible vitesse.»**

**FAUX.** Sans ceinture, les blessures peuvent être mortelles, même à 30 km/h. Être précipité sur un pare-brise en verre feuilleté a, pour le visage, des conséquences dramatiques que les chirurgiens plastiques connaissent trop bien. 70 % des blessés non ceinturés le sont à moins de 50 Km/h. Un choc à 50 km/h correspond à une chute du 4<sup>ème</sup> étage! Aujourd'hui, avec ceinture, un choc n'est pratiquement jamais mortel aux vitesses couramment pratiquées en ville.

**«La ceinture est dangereuse. Elle peut se bloquer et en cas d'accident, je risque de ne pas pouvoir sortir de ma voiture.»**

**FAUX.** En cas d'accident, sans éjection, la ceinture est la seule chance de rester conscient, pour pouvoir quitter rapidement le véhicule. Après un tonneau, l'éjection d'un usager non ceinturé est mortel dans 9 cas sur 10. En cas d'incendie, les chances de survie sont multipliées par 5 et en cas d'immersion par 3. En outre, les cas de ceintures bloquées sont rarissimes et aucun n'a pu être prouvé ni dans les études scientifiques, ni dans les enquêtes.

**«La ceinture, c'est mon problème; ça ne concerne pas les autres si je n'en mets pas.»**

**FAUX:** Le port de la ceinture relève du civisme.

Les accidents de la route coûtent 150 millions de francs par jour à la collectivité: secours, hospitalisation, rééducation, etc. A titre personnel, comment peut-on accepter de garder éventuellement sa vie – ou de la perdre – pour un sentiment illusoire de liberté? Quelle est la liberté de l'accidenté qui passe plusieurs mois dans un hôpital ou qui se trouve handicapé à vie? Sur le plan familial, il s'agit tout simplement de la responsabilité des parents vis-à-vis de leurs enfants: à la fois pour ne pas mettre en danger la vie et l'équilibre de la famille et pour expliquer aux jeunes enfants qu'ils doivent être attachés.

**«Ma voiture possède un sac gonflable (airbag): pas besoin de ceinture!.»**

**FAUX:** Le sac gonflable est une protection supplémentaire contre les chocs frontaux violents. Pour le conducteur, c'est un appoint qui empêche le contact entre la tête et le volant, le corps étant déjà retenu par la ceinture. Pour le passager, il empêche le contact avec le tableau de bord. Associé à la ceinture, il en améliore l'efficacité de 15 à 25 %.

**«Les systèmes de retenue pour les enfants sont compliqués. Les enfants ne supportent pas d'être attachés.»**

**FAUX:** Les systèmes les plus récents ont été simplifiés, certaines sont même prévues en option par les constructeurs et intégrés. Les enfants acceptent très bien les systèmes de retenue s'ils y ont été habitués dès leur plus jeune âge. Ils apprécient souvent d'avoir leur propre siège. Certes, au bout d'un certain temps, ils éprouvent le besoin de bouger, mais rappelons qu'une pause est nécessaire toutes les deux heures.

**«C'est le conducteur qui est responsable du port de la ceinture ou d'un moyen de retenue pour tous ses passagers.»**

**FAUX:** On est personnellement responsable quand on est majeur (à partir de 18 ans).

**Article 160bis du code de la route (extraits)**

Le port de la ceinture de sécurité est obligatoire, en circulation, pour les conducteurs et passagers des véhicules automobiles....Dans ces mêmes véhicules, en circulation, pour les enfants de moins de 12 ans, l'utilisation d'un système de retenue pour enfant adapté à leur taille, homologué ... est obligatoire.

Tout conducteur d'un véhicule doit s'assurer que, en circulation, les passagers âgés de moins de 18 ans qu'il transporte sont retenus soit par un système homologué de retenue pour enfant, soit par une ceinture de sécurité.