

# ***Physique chimie première S***

Energie cinétique

# Table des matières

I.	Vitesse et distance d'arrêt .....	3
1.	Distance d'arrêt.....	3
2.	Distance de réaction.....	3
3.	Distance de freinage.....	3
II.	Vitesse et choc .....	4
III.	Travail d'une force.....	5
1.	Représentation d'une force.....	5
2.	Travail d'une force constante lors d'un déplacement rectiligne.....	5
3.	Travail du poids .....	6
4.	Travail d'une force non conservative.....	7
a.	Force non conservative :.....	7
b.	Exemple de travail d'une force non conservative : force de frottement $f$ .....	7
IV.	Energie cinétique d'un solide .....	8
1.	Energie cinétique d'un solide en translation .....	8
a.	Energie cinétique d'un point matériel .....	8
b.	Energie cinétique d'un solide en translation .....	8
2.	Energie cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe.....	8
V.	Théorème de l'énergie cinétique .....	10
1.	Référentiel Galiléen .....	10
2.	Théorème de l'énergie cinétique .....	10
a.	Théorème de l'énergie cinétique .....	10
b.	Comment résoudre un problème avec le TEC.....	10

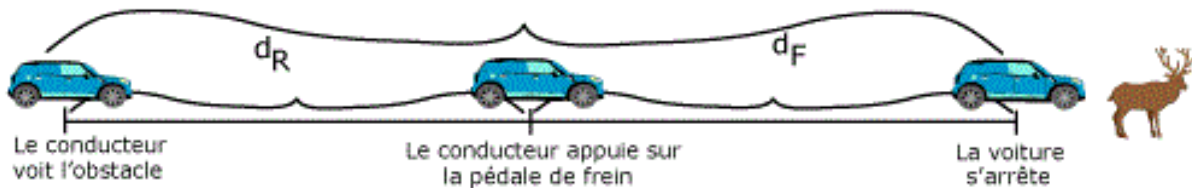
# I. Vitesse et distance d'arrêt

## 1. Distance d'arrêt

La **distance d'arrêt** ( $d_A$ ) d'un véhicule est la **distance parcourue par ce véhicule entre le moment où le conducteur voit l'obstacle et le moment où le véhicule est à l'arrêt.**

Cette distance peut être décomposée en deux parties : la **distance de réaction** ( $d_R$ ) et la **distance de freinage** ( $d_F$ ).

$$d_A = d_R + d_F$$



## 2. Distance de réaction

C'est la distance parcourue par le véhicule pendant le temps de réaction du conducteur, c'est-à-dire entre le moment où il voit l'obstacle et le moment où il commence à freiner.

$$d_R = V \times t_R$$

$d_R$  : distance de réaction, en mètre (m)

$v$  : vitesse du véhicule, en mètre par seconde (m/s)

$t_R$  : temps de réaction, en seconde (s)

## 3. Distance de freinage

C'est la distance parcourue par un véhicule entre le moment où le conducteur commence à freiner et l'arrêt du véhicule.

Elle dépend de la **vitesse du véhicule**, de l'**état du véhicule** (freins, amortisseurs, pneus) et de l'**état de la route** (sèche, mouillée, verglacée...).

## Applications :

Le tableau suivant présente, pour différentes vitesses, la distance de réaction et la distance de freinage sur une route sèche d'un véhicule correctement entretenu.

Vitesse (km/h)	0	30	50	90	100	110	130
Vitesse (m/s)	0	8	14	25	28	31	36
Dr (m)	0	8	14	25	28	31	36
Df (m)	0	6	16	50	62	75	104

Au voisinage d'un collège, un véhicule roule à **30 km/h**, vitesse maximale autorisée.

- 1- Donnez la valeur de la distance de réaction, de la distance de freinage et calculez la valeur de la distance d'arrêt.
- 2- Commentez la valeur de la distance d'arrêt obtenue en la comparant à celle d'une autre longueur ou distance que vous choisirez. (Conseil : Servez-vous du tableau, refaites la question a en vous servant d'une colonne du tableau et commentez)

## II. Vitesse et choc

Un choc, comme un arrêt par freinage, provoque l'immobilisation du véhicule.



La violence d'un choc dépend de la vitesse du véhicule.

La violence d'un choc dépend également de la vitesse initiale : plus la vitesse est élevée, plus le choc risque d'être destructeur et mortel.

**La violence est d'autant plus importante que la vitesse sont élevées.**

### Application :

Une voiture roule sur une route à une vitesse constante de 40m/s. Un obstacle se présente sur la route à 78m de la voiture.

Le conducteur, distrait, commence à freiner 2 secondes après avoir vu l'obstacle.

- 1- Quelle distance parcourt la voiture avant de commencer à freiner ?
- 2- Un choc aurait-il lieu ? Pourquoi ?

### III. Travail d'une force

#### 1. Représentation d'une force

En physique, une force correspond à une interaction qui change l'état de repos ou de mouvement d'un objet. Toute force est représentée par un vecteur. Elle a quatre caractéristiques :

- Un point d'application ;
- Une direction ;
- Un sens ;
- Une valeur(norme);

Remarques :

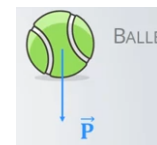
- Différence entre direction et sens est la direction

Direction	Sens
Droite d'action (horizontale, verticale, ...)	Sens de déplacement sur la droite d'action (de l'objet A vers l'objet B)

- Une force est constante si ses caractéristiques ne changent pas au cours du temps.

Exemples de force particulière : Poids d'un corps  $\vec{P}$

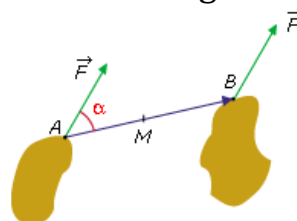
- Point d'application : centre de gravité de
- Direction : verticale
- Sens : de haut vers le bas
- Valeur(norme) : mesurer par un dynamomètre



#### 2. Travail d'une force constante lors d'un déplacement rectiligne.

Une force effectue un travail lorsque son point d'application se déplace. Une force est constante si ses caractéristiques ne changent pas au cours de son déplacement.

Lors d'un déplacement rectiligne d'un point A à un point B, le travail  $W$  d'une force  $\vec{F}$  constante exercée sur le système étudié est égal au produit scalaire du vecteur  $\vec{F}$  par le vecteur déplacement  $\vec{AB}$ .



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

- $W_{AB}(\vec{F})$  le travail exercé par la force  $\vec{F}$  sur le système, en joule (J)
- $F$  : valeur de la force en Newton (N).
- $AB$  : longueur du déplacement (m)
- $\alpha$  : angle entre  $\vec{F}$  et  $\vec{AB}$  ( $^\circ$  ou rad)

Selon la valeur de l'angle  $\alpha$ , le travail peut être positif, négatif ou nul

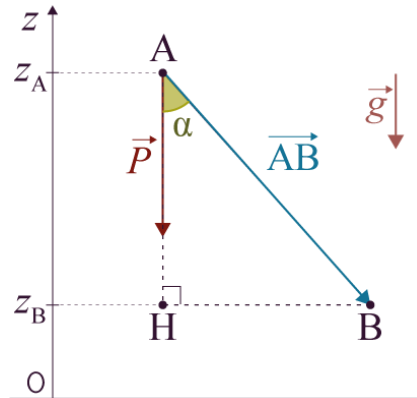
Si  $\frac{\pi}{2} > \alpha \geq 0$ , le travail est **moteur**

Si  $\pi \geq \alpha > \frac{\pi}{2}$ , le travail est **résistant**

Si  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ , **la force n'effectue aucun travail**

### 3. Travail du poids

Un corps de masse  $m$ , soumis à son poids  $\vec{P}$ , est déplacé d'un point A à un point B, d'altitudes respectives  $z_A$  et  $z_B$  ( $z_A > z_B$ ). Le déplacement entre les deux points est rectiligne



Le travail du poids  $\vec{P}$  s'exprime par  $W_{AB}(\vec{P}) = P \times AB \times \cos(\alpha)$ .

Dans le triangle rectangle AHB,  
 $AB \times \cos(\alpha) = AH = z_A - z_B$ .

On a donc :

$$W_{AB}(\vec{P}) = P \times AB \times \cos(\alpha)$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = P \times (z_A - z_B)$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = m \times g \times (z_A - z_B)$$

$$W_{AB}(\vec{P}) > 0 \text{ (car } z_A > z_B \text{)}.$$

Le travail du poids ne dépend pas du chemin suivi, c'est **une force conservative**.

## 4. Travail d'une force non conservative

### a. Force non conservative :

Une force non conservative est une force pour laquelle le travail effectué dépend du chemin suivi et non seulement des positions initiales et finale. Les forces de frottement, la résistance de l'air et les forces de contact comme celles entre des objets qui glissent l'un sur l'autre sont des exemples de forces non conservatives.

### b. Exemple de travail d'une force non conservative : force de frottement $\vec{f}$

Soit un bloc qui glisse rectilignement sur une surface plane rugueuse sous l'action d'une force appliquée. Le frottement agit en sens opposé au mouvement du bloc, ce qui en fait une force non conservative.

L'expression du travail de la force de frottement est

$$W = f \times d \times \cos(\theta)$$

où :

- ✓  $f$  est la force de frottement
- ✓  $d$  est la distance parcourue
- ✓  $\theta$  est l'angle entre la force de frottement et la direction du déplacement

La force de frottement est opposée au déplacement donc  $\cos(\theta) = \cos(180^\circ) = -1$

D'où

$$W_d(\vec{f}) = -f \times d$$

Le travail de la force de frottement est toujours négatif

### Applications :

#### Application 1 :

Un remorqueur tire un pétrolier sur une distance de 600 m avec une force constante de valeur  $F = 200$  kN. La droite d'action de la force et la direction du déplacement rectiligne font un angle de  $30^\circ$ .

- 1- Calculer le travail fourni par la force exercée par le câble sur le pétrolier.  
Comment qualifie-t-on ce travail ?
- 2- Si l'angle était de  $150^\circ$ , quel serait la valeur du travail, comment le qualifierai-t-on ?

#### Application 2 :

Un objet de masse  $m$  est soulevé verticalement sur une hauteur  $h$  avec une force constante dirigée vers le haut. Calculez le travail effectué pour soulever l'objet.

#### Données :

- Masse de l'objet ( $m$ ) : 5 kg
- Force appliquée ( $F$ ) : 40 N
- Hauteur de levée ( $h$ ) : 3 m

## IV. Energie cinétique d'un solide

### 1. Energie cinétique d'un solide en translation

#### a. Energie cinétique d'un point matériel

Un objet assimilé à un point qui se déplace possède une énergie de mouvement appelé **énergie cinétique**. L'énergie cinétique d'un point matériel de masse  $m$  se déplaçant à une vitesse  $v$  dans un référentiel donné vaut :

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

#### b. Energie cinétique d'un solide en translation

Un corps possède un mouvement de **translation** si à chaque instant tous ses **points se déplacent à même vitesse, dans la même direction et dans le même sens**.

L'énergie cinétique d'un solide en translation s'écrit :

$$E_c = \sum_i E_i = \frac{1}{2} \sum_i m_i v^2 = \frac{1}{2} M v^2 \text{ avec } \sum_i m_i = M$$

$$E_c = \frac{1}{2} M v^2$$

- $E_c$  est la valeur de l'énergie cinétique qui s'exprime en **joule (J)** ;
- $M$  est la masse du corps qui s'exprime en **kilogramme (kg)** ;
- $v$  est la vitesse du corps qui s'exprime en **mètre par seconde (m/s)**.

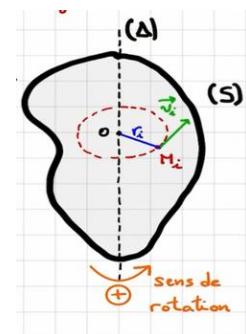
### 2. Energie cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe

Lorsqu'un solide est en mouvement de translation, tous les points du solide ont la même vitesse linéaire. Mais quand un solide est en mouvement de rotation par rapport à un axe ( $\Delta$ ) avec  $\omega = \text{cte}$  tous les points du solide n'ont pas la même vitesse linéaire. L'énergie cinétique du solide s'exprime

$$E_c = \sum_i E_{c_i} = \sum_i \frac{1}{2} m_i v_i^2 \quad \text{avec } v_i = r_i \omega$$

$$= \sum_i \frac{1}{2} m_i r_i^2 \omega^2$$

$$E_c = \sum_i E_{c_i} = \omega^2 \frac{1}{2} \sum_i m_i r_i^2$$



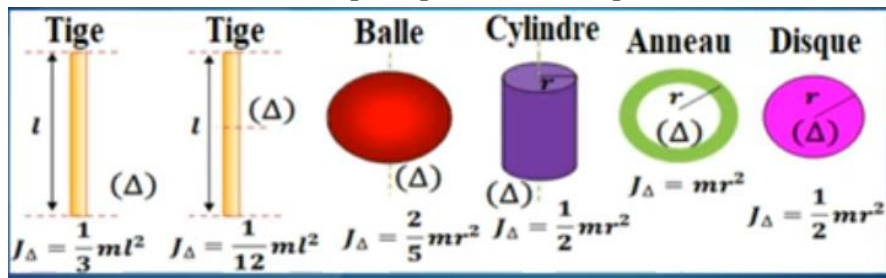
L'expression  $\sum_i m_i r_i^2$  s'appelle moment d'inertie du solide par rapport à l'axe ( $\Delta$ ) noté  $J_\Delta$ . Il ne dépend que de la forme de solide et de la répartition de masse à l'intérieur de son volume.  $J_\Delta$  s'exprime en  $\text{kg.m}^2$

L'énergie cinétique du solide en mouvement de rotation autour d'un axe ( $\Delta$ ) est

$$E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$$



Moment d'inertie de quelques solides particuliers :



**Application :**

- 1) Calculer l'énergie cinétique d'une flèche de masse 60 g et dont la vitesse est de 50 m.s<sup>-1</sup>.
- 2) Calculer l'énergie cinétique d'un camion de 10 tonnes qui roule à la vitesse de 60 m.s<sup>-1</sup>.
- 3) Calculer le moment d'inertie d'un disque plein de masse 350 g et de rayon 12 cm par rapport à un axe passant par son centre ( $J_{\Delta} = \frac{1}{2}mR^2$ )
- 4) Calculer le moment d'inertie d'une sphère de masse 10 g et de rayon 25 cm par rapport à un axe passant par son centre de gravité. ( $J_{\Delta} = \frac{2}{5}mR^2$ )
- 5) Quelle est l'énergie cinétique d'un volant de masse 100 Kg, faisant 3 tours par seconde. On supposera sa masse répartie sur sa périphérie à la distance  $R = 0,5$  m de l'axe.

## V. Théorème de l'énergie cinétique

### 1. Référentiel Galiléen

Un référentiel galiléen est un référentiel où le principe d'inertie est vérifié. C'est-à-dire qu'un solide soumis à des forces qui se compensent est animé d'un mouvement de translation rectiligne uniforme dans ce référentiel.

Exemples : référentiel terrestre, référentiel géocentrique, ...

### 2. Théorème de l'énergie cinétique

#### a. Théorème de l'énergie cinétique

Dans un référentiel galiléen, la variation d'énergie cinétique de ce système entre deux états A et B est égale à la somme des travaux des forces qui lui sont appliquées entre A et B.

$$\Delta E_{c_{AB}} = E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}(\vec{F}_1) + W_{AB}(\vec{F}_2) + \dots = \sum W_{AB}(\vec{F})$$
$$\Delta E_{c_{AB}} = \frac{1}{2} \times m \times (v_B)^2 - \frac{1}{2} \times m \times (v_A)^2 = \sum W_{AB}(\vec{F})$$

#### b. Comment résoudre un problème avec le TEC

1. Préciser le système étudié (exemple : le skieur)
2. Inventorier les forces appliquées sur le système
3. Faire le schéma clair en représentant les forces appliquées
4. Appliquer le Théorème de l'énergie cinétique
5. Résoudre littéralement les équations obtenues et faire l'application numérique

### **Applications :**

#### **Application 1 :** choisir la bonne réponse

Un ballon de masse  $m$  subit une force unique et constante  $\vec{f}$  le long d'un déplacement rectiligne de A à B avec :  $AB = D$  et l'angle entre  $\vec{f}$  et  $\overrightarrow{AB}$  vaut  $\alpha$  compris entre 0 et 90 degrés. La vitesse de l'objet A vaut  $v_A = v_0$ .

Sa vitesse en B vaut :

- $v_B = v_0$  car le poids n'intervient pas
- $v_B = v_0 + fD \sin \alpha$
- $v_B = v_0 + \sqrt{\frac{2fD \cos \alpha}{m}}$
- $v_B = \sqrt{v_0^2 + \frac{2fD \cos \alpha}{m}}$

#### **Application 2 :**

On veut expliquer pourquoi il est plus fatigant de déplacer une armoire qu'un tapis de même surface au sol.

La force de frottement que subit un objet de masse  $m$  quand on le fait glisser sur le sol horizontal a pour norme :  $F = \mu mg$  (loi de Coulomb)

Où  $\mu$  est le coefficient de frottement entre l'objet et le sol.

$\mu$  est très grand pour le caoutchouc ( $\mu \approx 3$ ), moins grand pour le bois ( $\mu \approx 0,5$ ) et petit pour les tissus ( $\mu \approx 0,1$ )

Un objet de masse  $m$  est glissé sur une distance  $D$  sur le sol horizontal.

- a. Donner l'expression du travail de la force de frottement sur le déplacement, en fonction de  $\mu$ ,  $m$ ,  $g$  et  $D$
- b. En estimant les ordres de grandeur des différents paramètres, donner une valeur approximative du travail de la force de frottement quand on glisse une armoire de masse  $m=100\text{kg}$ , dont les pieds sont en bois, sur une dizaine de mètres.
- c. Faire de même pour un tapis de masse  $m=5\text{kg}$ .
- d. Conclure

On donne  $g=10\text{N/kg}$