

# P

*hysique*

**Classe de** *1 ère* **D**

COLLECTION AREX

PHYSIQUE

1

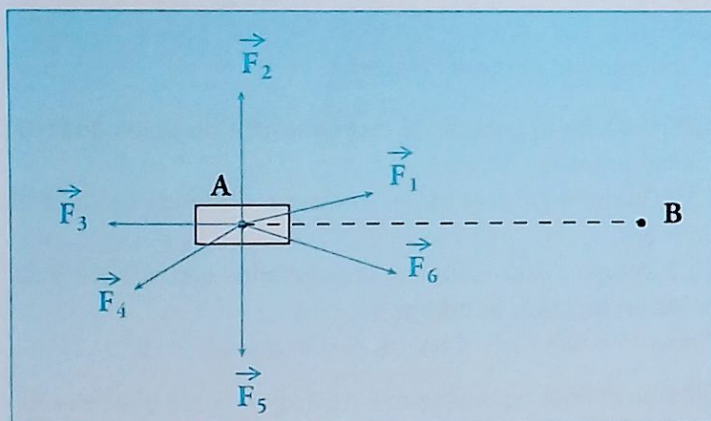
# TRAVAIL ET PUISSANCE DES FORCES LORS D'UN MOUVEMENT DE TRANSLATION

## Vérifions nos connaissances

- 1 Répondre par vrai ou par faux, et justifier la réponse :
- 1.1 Le travail d'une force est une grandeur vectorielle.
  - 1.2 Le travail d'une force est un produit scalaire.
  - 1.3 Le travail d'une force est une grandeur algébrique.
  - 1.4 Une force parallèle au déplacement ne travaille pas.
  - 1.5 Le travail du poids est toujours moteur.
  - 1.6 Le travail du poids est toujours résistant.
  - 1.7 Le travail des forces de frottement est toujours résistant.
  - 1.8 La puissance instantanée d'une force  $\vec{F}$  s'écrit  $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$  uniquement lorsque  $\vec{v}$  est constant.
  - 1.9 Lorsqu'un solide est en translation sur un plan horizontal, son poids ne travaille pas.
  - 1.10 L'unité internationale de travail est le kWh.

2 Recopier et compléter les phrases suivantes :

- 2.1 Toute force qui ne se déplace pas ou qui reste perpendiculaire au déplacement effectue un travail...
- 2.2 Dans le schéma ci-dessous, le solide (S) est en translation rectiligne de A à B. Les forces sont toutes dans le même plan.



Compléter par résistant, moteur, nul. Les travaux des forces :

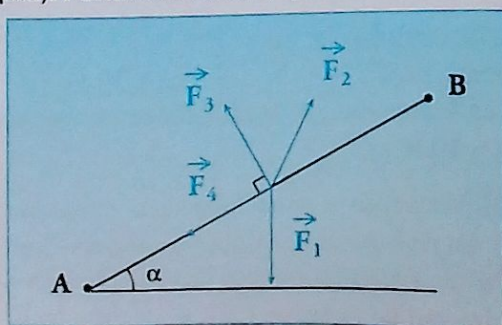
a)  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_6$  sont...

b)  $\vec{F}_2$  et  $\vec{F}_5$  sont...

c)  $\vec{F}_3$  et  $\vec{F}_4$  sont...

3 Une masse  $m$  supposée ponctuelle est déplacée de A à B sur un plan incliné. Elle est soumise aux forces  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$ ,  $\vec{F}_3$  et  $\vec{F}_4$  (voir croquis). Parmi ces forces, quelles sont celles qui effectuent :

- 3.1 Un travail moteur ?
- 3.2 Un travail résistant ?
- 3.3 Un travail nul ?

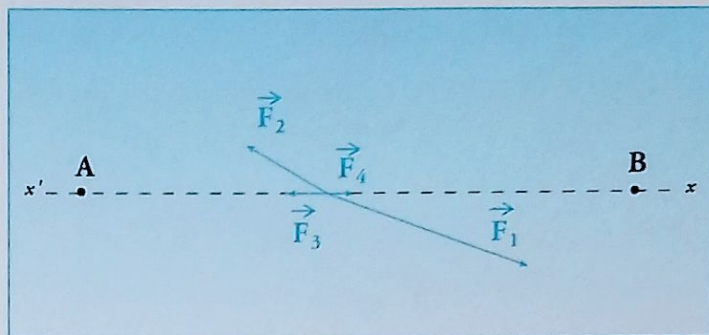


4 Un point matériel se déplace sur l'axe  $x'x$  de A à B. Il est soumis aux forces  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$ ,  $\vec{F}_3$  et  $\vec{F}_4$ .

Calculer, lors de ce déplacement, le travail effectué par chacune des forces.

On donne :

$F_1 = 2 \text{ N}$ ;  $F_2 = 6 \text{ N}$ ;  $F_3 = 1,5 \text{ N}$ ;  $F_4 = 0,5 \text{ N}$ ;  
 $AB = 4 \text{ m}$ ;  $(\vec{AB}, \vec{F}_1) = 20^\circ$ ;  $(\vec{AB}, \vec{F}_2) = 150^\circ$ ;  
 $(\vec{AB}, \vec{F}_3) = 180^\circ$ ;  $(\vec{AB}, \vec{F}_4) = 0^\circ$ .



5 Du haut des escaliers, un enfant lâche son ballon de football de masse  $m = 200 \text{ g}$ . Le ballon tombe en rebondissant le long des escaliers dont la hauteur est  $h = 2,50 \text{ m}$ .

5.1 Le travail du poids du ballon dépend-il :

- a) De la hauteur  $h$  ?
- b) Des rebonds du ballon ?
- c) De la durée de la chute du ballon ?

5.2 Calculer, lors de la chute précédente, le travail du poids du ballon. On donne  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

6 (n) briques homogènes identiques de masse  $m$  reposent sur un plan horizontal par une des grandes faces. La hauteur d'une brique est  $h$ . Le travail minimal que doit fournir un manœuvre pour superposer ces briques est  $W$ . On admet que :  $W_{\text{manœuvre}} = -W_{\text{poids}}$ .

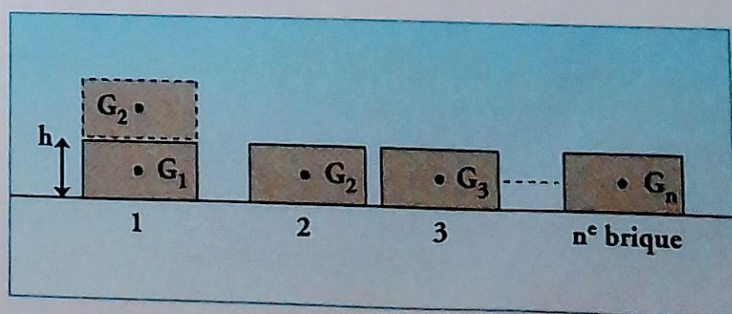
Encadrer l'expression exacte de  $W$  :

- a)  $W = nmgh$
- b)  $W = (n - 1) mgh$
- c)  $W = (n + 1) mgh$
- d)  $W = 0$
- e)  $W = [1 + 2 + 3 + \dots + (n - 1)] mgh$

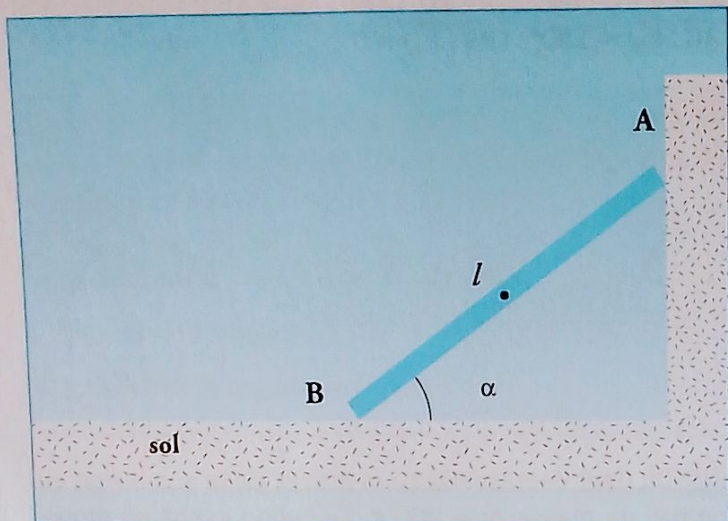
Début de solution :

$W$  pour monter la 2<sup>e</sup> brique sur la 1<sup>re</sup> brique =  $+ mgh$ .

$W$  pour monter la 3<sup>e</sup> brique sur la pile =  $2 mgh$ .



- 7** Une poutre cylindrique de longueur  $l$  et de masse  $m$  repose par une extrémité sur un mur vertical. Le diamètre de la poutre est faible devant  $l$ . La poutre fait avec le sol un angle  $\alpha$ . On fait passer la poutre de cette position à la position horizontale sur le sol. Le travail effectué par le poids  $\vec{P}$  de la poutre lors de ce déplacement est  $W'$ .



Encadrer l'expression exacte de  $W'$  :

- a)  $W' = mgl$       c)  $W' = \frac{mgl \sin \alpha}{2}$   
 b)  $W' = \frac{mgl \cos \alpha}{2}$       d)  $W' = mgl \tan \alpha$

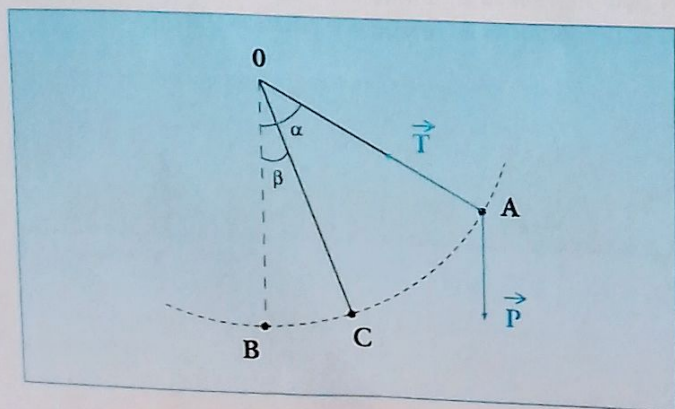
- 8** Calculer la vitesse d'un ascenseur sachant que son moteur développe une puissance de 1,2 kW pour monter une charge de 400 kg. Combien de temps dure une montée de 10 m ? On donne  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$  et on admet que le mouvement est rectiligne uniforme.

- 9** Un pendule simple est constitué d'un fil inextensible de masse négligeable, de longueur  $l = 60 \text{ cm}$ , et d'une masse ponctuelle  $m = 100 \text{ g}$ .

Le pendule est écarté de sa position d'équilibre d'un angle  $\alpha = 60^\circ$ , puis abandonné sans vitesse à la date 0.

- 9.1** Calculer le travail effectué par le poids  $\vec{P}$  de la masse  $m$  entre la date 0 et l'instant où le pendule passe par la position d'élongation  $\beta = 20^\circ$ .

- 9.2** Calculer le travail effectué par la tension  $\vec{T}$  du fil au cours du même déplacement.



- 10** Un véhicule, de masse 1500 kg, monte une côte de pente 5 % (élévation de 5 m pour un parcours de 100 m);  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Le véhicule garde une vitesse constante  $v = 90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Les frottements sont équivalents à une force opposée à la vitesse  $\vec{V}$  et dont l'intensité est  $f = 800 \text{ N}$ .

- 10.1** Calculer l'intensité de la force motrice du véhicule.

- 10.2** Calculer la puissance de cette force motrice.

## Appliquons nos connaissances

- 11** Une pompe à eau permet de faire monter l'eau d'un puits dans un réservoir. Le réservoir se trouve 30 m au-dessus du niveau de l'eau dans le puits.

Trouver la puissance du moteur qui actionne la pompe.

On donne :

- rendement du moteur :  $R = 40\%$ ,
- débit de la pompe :  $\delta = 60 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} = 1 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$ ,
- $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

- 12** Une masse  $m$  supposée ponctuelle est lâchée sans vitesse dans le vide à la date 0

(lois de la chute libre :  $h = \frac{1}{2}gt^2$  et  $V = gt$ )

$h$  : hauteur de chute à l'instant  $t$ .

- 12.1** Calculer la puissance moyenne  $\mathcal{P}_m$  du poids de cette masse entre les dates 0 et 5 s.

- 12.2** Calculer la puissance instantanée  $\mathcal{P}$  du poids à la date 5 s.

- 12.3** Donner l'expression de la puissance instantanée  $\mathcal{P}$  du poids en fonction du temps  $t$ .

Tracer la courbe  $\mathcal{P} = f(t)$ . On donne  $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

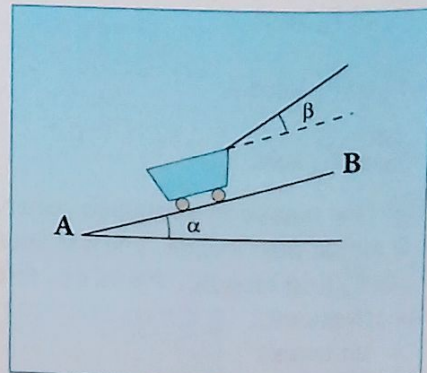
- 13** Un chariot de masse  $m = 150 \text{ kg}$  remonte une route AB inclinée de  $\alpha = 8^\circ$  par rapport au plan horizontal. Le déplacement se fait suivant la ligne de plus grande pente.

Le chariot est tiré par un câble, qui fait avec le plan incliné un angle  $\beta = 20^\circ$ . Le déplacement se fait à vitesse constante  $V = 6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

- 13.1** Calculer l'intensité de la tension  $\vec{F}$  du câble.

- 13.2** Calculer la puissance de  $\vec{F}$ .

Les frottements et la résistance de l'air sont négligeables.  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .



- 14** Une masse  $m$  est lâchée sans vitesse dans l'air à la date 0. En plus de son poids, elle est soumise à la résistance de l'air  $\vec{f}$ .  $f$  est une fonction de la vitesse instantanée  $V$  et de  $m$  ( $\vec{f}$  est de la forme  $\vec{f} = -k \cdot \vec{V}$ ;  $k$  = constante positive).

Répondre par vrai ou par faux :

14.1 La vitesse instantanée du centre d'inertie de  $m$  peut s'écrire  $V = gt$ .

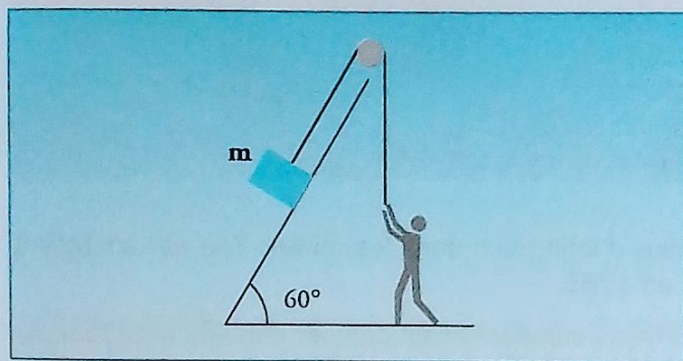
14.2 Lorsque  $V$  croît,  $f$  peut devenir supérieure au poids  $P$  de la masse  $m$ .

14.3 Le travail du poids, lorsque la masse est tombée de  $(x)$ , est  $W(\vec{P}) = mgx$ .

14.4 Le travail de la résistance de l'air  $\vec{f}$ , lorsque  $m$  est tombée de  $(x)$ , est  $W(\vec{f}) = -f \cdot x$ .

15 Pour soulever, d'une hauteur  $h = 5$  m, un sac de ciment de masse  $m = 50$  kg, un ouvrier le tire sur un plan incliné. L'inclinaison du plan est  $\alpha = 60^\circ$ . Le sac est tiré par l'intermédiaire d'un câble de masse négligeable passant par la gorge d'une poulie (voir croquis).

La masse de la poulie est négligeable, le sac glisse sur le plan sans frottement. On donne  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .



15.1 Préciser sur un schéma clair les forces qui s'exercent sur le sac.

15.2 Calculer, lors du déplacement, le travail effectué par chaque force (on suppose que le sac est déplacé avec une vitesse constante).

15.3 Calculer la somme des travaux de ces forces. Conclure.

16 Un cycliste et sa machine ont une masse totale  $M = 72$  kg.

16.1 Le cycliste roule sur une route horizontale à la vitesse constante de  $24 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Les frottements chaussée-pneus et la résistance de l'air sont équivalents à une force unique  $\vec{f}$  de même direction que le déplacement.

On donne  $f = 15$  N.

Trouver la puissance développée par le cycliste.

16.2 Le cycliste remonte une route inclinée de pente 3% avec la même vitesse de  $24 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Les forces résistantes sont les mêmes que précédemment.

a) Trouver l'intensité de la force  $\vec{F}$  qui est développée par le cycliste.

b) Trouver la puissance de cette force.

17 Une locomotive en mouvement est soumise :

- à son poids  $\vec{P}$ ,
- à la réaction normale des rails  $\vec{R}$ ,
- à la résistance de l'air  $\vec{f}$  ( $\vec{f}$  a la même direction que le déplacement),

- à la force  $\vec{F}$  développée par le moteur ( $\vec{F}$  a la même direction que le déplacement).

La puissance maximale développée par le moteur est  $\mathcal{P} = 60 \text{ kW}$ . La masse de la locomotive est  $m = 10$  tonnes.  $f$  varie avec la vitesse instantanée  $V$  suivant la relation  $f = 30 \cdot V^2$ .

17.1 Calculer la vitesse maximale que la locomotive peut atteindre sur une voie horizontale.

17.2 Calculer la vitesse maximale que la locomotive peut atteindre en remontant une voie inclinée de pente 3%.

18 La longueur  $l$  que prend un ressort sous l'action de masses marquées  $m$  de valeurs croissantes est donnée ci-dessous :

| $l$ (cm) | 15,65 | 15,95 | 16,25 | 16,55 | 16,85 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $m$ (g)  | 4     | 6     | 8     | 10    | 12    |
| $P$ (N)  |       |       |       |       |       |

18.1 Compléter le tableau en calculant chaque fois le poids  $P$ . On donne  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

18.2 Tracer le graphe  $P = f(l)$ .

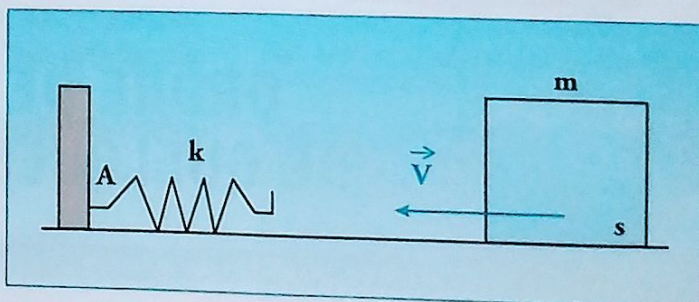
En déduire la raideur  $k$  du ressort et sa longueur à vide  $l_0$ .

18.3 On tire légèrement sur l'extrémité B pour faire passer la longueur du ressort de 16,80 cm à 18,20 cm.

Quel est le travail accompli ?

19 Un ressort à spires non jonctives, parfaitement élastique, de masse négligeable, de constante de raideur  $k$  et d'axe horizontal, a une de ses extrémités fixée en A. Le ressort, initialement à vide, est comprimé de  $a_0 = 1$  cm, par un solide lancé vers lui avec une vitesse  $V$  (voir figure). Pour maintenir le ressort dans cet état, on exerce sur lui une force de 3 N.

19.1 Calculer la constante de raideur  $k$  du ressort.



19.2 Calculer le travail de la tension du ressort lors de la compression.

En déduire le travail fourni par le solide au ressort.

19.3 À partir de l'état final (raccourcissement précédent), on raccourcit à nouveau le ressort de  $a_1 = 1$  cm en appuyant sur le solide. Calculer le travail de la tension du ressort pendant le déplacement. En déduire le travail de la force exercée par le solide sur le ressort.

# **TRAVAIL ET PUISSANCE DES FORCES EN ROTATION**

2

### Remarque

Le signe du moment dépend du sens positif de rotation, choisi arbitrairement.

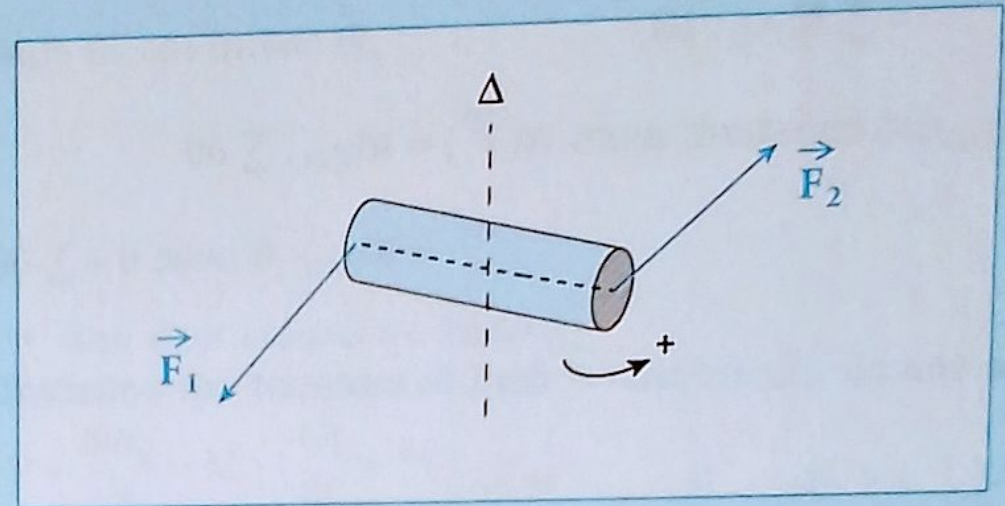
## EXERCICE D'APPLICATION

Sur un tire-bouchon, on exerce un couple de forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ , situées dans un plan perpendiculaire à l'axe  $\Delta$  du tire-bouchon. L'intensité commune des deux forces  $F_1 = F_2 = 100 \text{ N}$ , et la distance séparant leur droite d'action est de 5 cm.

Calculer le moment du couple par rapport à l'axe  $\Delta$ .

### SOLUTION

$$M_c = F \times d \rightarrow M_c = 100 \times 5 \cdot 10^{-2} \\ = 5 \text{ Nm}$$



## Vérifions nos connaissances

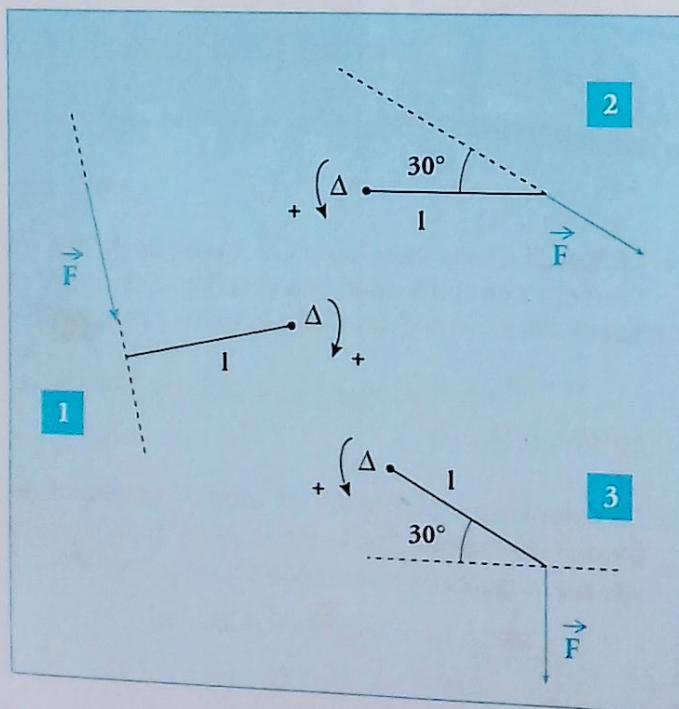
- 1 Répondre par vrai ou par faux, et justifier la réponse :
- 1.1 La vitesse angulaire permet de repérer un solide en rotation autour d'un axe fixe.
  - 1.2 La vitesse angulaire dépend de la distance du point à l'axe de rotation.
  - 1.3 Dans un mouvement de rotation, tous les points ont la même vitesse angulaire instantanée, mais pas le même vecteur vitesse instantanée.
  - 1.4 Dans un couple de forces, les intensités des forces sont égales.
  - 1.5 Le travail d'une force en rotation est indépendant de la position de l'axe.
  - 1.6 Le travail d'un couple de forces est toujours positif.
  - 1.7 La puissance d'une force appliquée sur un solide mobile autour d'un axe n'est égale au produit du moment de la force par le vecteur vitesse angulaire que si cette force est constante.

2 La fraise d'un dentiste effectue 100 000 tours par minute. Calculer la vitesse angulaire de la fraise et en déduire la vitesse linéaire d'un point de la périphérie si le diamètre de la fraise est  $d = 2 \text{ mm}$ .

3 Le centre d'inertie C de la planète Jupiter décrit autour du Soleil un cercle de rayon  $R = 7,8 \cdot 10^8 \text{ km}$  en 4333 jours.

- 3.1 Calculer la vitesse angulaire moyenne de C.
- 3.2 Calculer la vitesse linéaire de C.

4 On applique une force de moment constant  $M = 5 \text{ N} \cdot \text{m}$  à un solide mobile autour d'un axe fixe  $\Delta$ . Calculer le travail de cette force si le solide effectue une rotation de  $60^\circ$  autour de l'axe.



5 Déterminer, pour chacun des cas de figure ci-dessous :

- 5.1 la distance de l'axe  $\Delta$  à la droite d'action de la force  $\vec{F}$ ,
- 5.2 le moment de la force  $\vec{F}$  par rapport à l'axe fixe  $\Delta$ .

On donne  $F = 20 \text{ N}$  et  $l = 4 \text{ cm}$ .

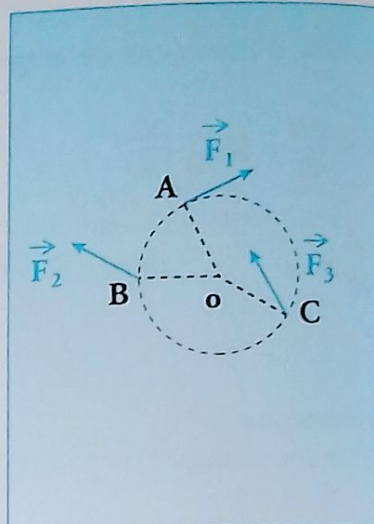
6 Un solide quelconque de poids  $\vec{P}$  est mobile autour d'un axe horizontal  $\Delta$ . À quelle condition la puissance instantanée du poids  $\vec{P}$  est-elle constamment nulle ?

7 Une roue horizontale tourne autour d'un axe  $\Delta$  vertical passant par son centre O. Elle est soumise à trois forces  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  et  $\vec{F}_3$  (voir croquis).

On donne :

- $F_1 = F_2 = F_3 = 10 \text{ N}$ ,
- rayon de la roue  $R = 20 \text{ cm}$ ,
- $(\vec{OA}, \vec{F}_1) = 90^\circ$ ,
- $(\vec{BO}, \vec{F}_2) = 150^\circ$ ,
- $(\vec{CO}, \vec{F}_3) = 30^\circ$ .

Calculer le travail effectué par chacune de ces forces pour une rotation de la roue de 10 tours. Les moments des différentes forces restent constants au cours de la rotation.

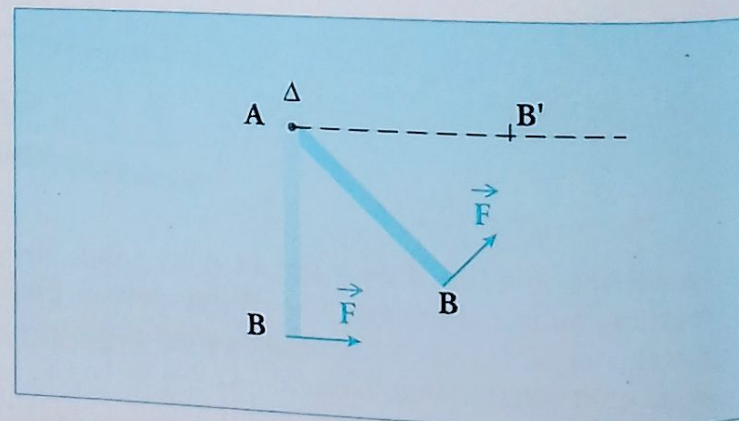


8 Un moteur porte les indications suivantes :

- moment du couple moteur :  $140 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,
- vitesse de rotation :  $4800 \text{ t} \cdot \text{min}^{-1}$ .

- 8.1 Calculer la puissance du moteur.
- 8.2 Calculer le travail accompli en 15 minutes.

9 Une tige AB de longueur  $l$ , de masse  $m$  est mobile autour d'un axe  $\Delta$  passant par A. On applique en B une force  $\vec{F}$  perpendiculaire à AB. La tige tourne alors lentement jusqu'à la position horizontale ( $\vec{F}$  reste perpendiculaire à AB pendant



la rotation).

9.1 Le travail accompli par  $\vec{F}$  lors de cette rotation est : (Encadrer l'expression exacte.)

- a)  $W = F \cdot l \cdot \pi/2$
- b)  $W = F \cdot l$
- c)  $W = F \cdot BB'$
- d)  $W = F \cdot l \cdot \pi/4$

9.2 Le travail du poids  $\vec{P}$  de la tige pendant cette rotation est : (Encadrer l'expression exacte.)

- a)  $W' = -P \cdot l$
- b)  $W' = -P \cdot l/2$
- c)  $W' = -P \cdot l \cdot \pi/2$
- d)  $W' = -P \cdot l \cdot \pi/4$

# EXERCICES

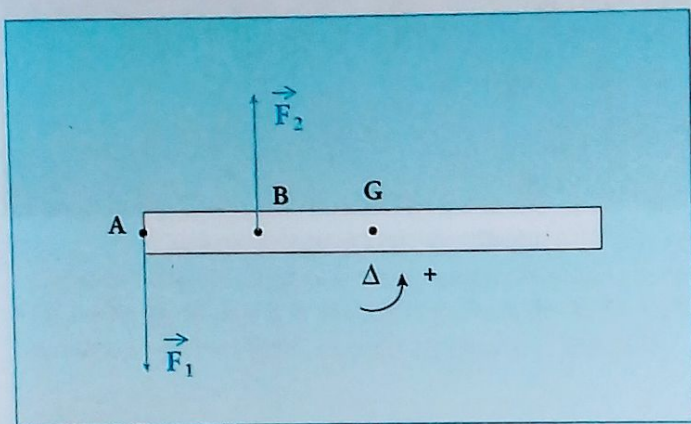
## Appliquons nos connaissances

**10** En supposant que les aiguilles d'une montre ont des mouvements uniformes :

**10.1** Déterminer les vitesses angulaires  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  et  $\omega_3$  de la trotteuse (aiguille des secondes), de la grande aiguille (des minutes) et de la petite aiguille (des heures).

**10.2** Calculer la vitesse linéaire de l'extrémité de la petite aiguille de longueur  $l = 0,8$  cm ( $l$  représente la distance entre l'axe et l'extrémité).

**11** On applique un couple de forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  à une barre mobile autour d'un axe  $\Delta$  qui lui est perpendiculaire.  $\Delta$  passe par le centre d'inertie  $G$  de la barre comme l'indique la figure ci-dessous.



**11.1** Dans quel sens tourne la barre ?

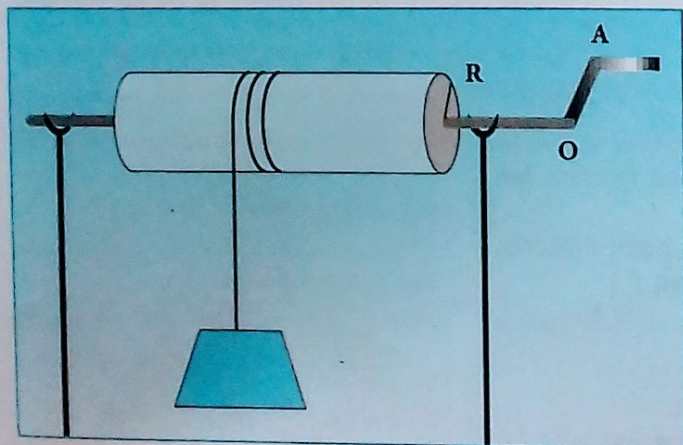
**11.2** Calculer le moment du couple pour  $F_1 = 10$  N et  $AB = 20$  cm.

**12** Une machine à laver essore le linge en tournant à 500 tours par minute.

**12.1** Calculer le moment du couple moteur si le moteur de la machine développe une puissance de 3000 W.

**12.2** Calculer le travail fourni par le moteur durant un essorage de 5 minutes.

**13** On utilise un treuil dans un puits de mine pour monter une charge de 750 kg à vitesse constante.



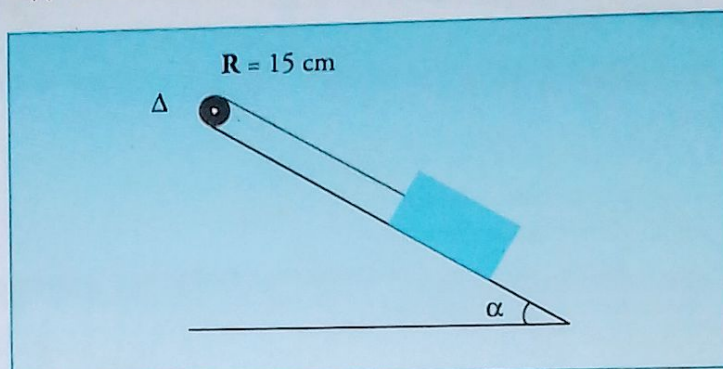
Le rayon du cylindre horizontal sur lequel s'enroule la corde est  $R = 3$  m et la profondeur du puits est de 640 m. On donne  $g = 9,8$  N  $\cdot$  kg $^{-1}$ .

**13.1** Calculer le travail du poids de la charge.

**13.2** Un moteur actionne ce treuil. En déduire le moment du couple moteur.

**13.3** Calculer la puissance développée par le moteur si la montée dure 3 minutes.

**14** Une poulie de rayon  $r = 15$  cm tourne à une vitesse constante grâce à un moteur. Elle sert à monter, à l'aide d'une corde enroulée dans sa gorge, une charge de masse  $m = 200$  kg sur un plan incliné faisant un angle  $\alpha = 30^\circ$  par rapport à l'horizontale (voir figure ci-dessous).



L'axe de la poulie est parallèle au support et orthogonal à la corde. On considère que les frottements et la masse de la poulie sont négligeables et on donne  $g = 10$  N  $\cdot$  kg $^{-1}$ .

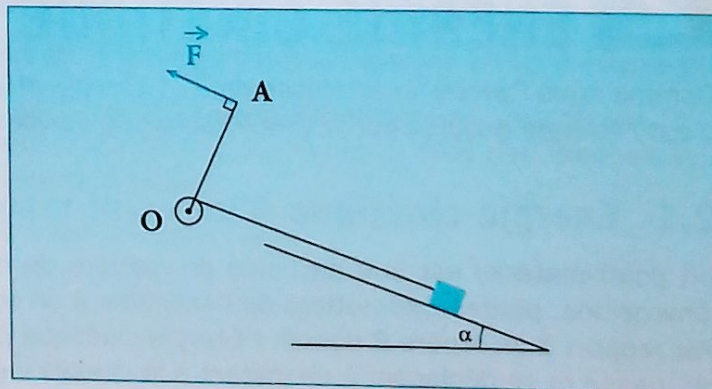
**14.1** Déterminer et représenter la force exercée par la corde sur la poulie.

**14.2** Calculer le moment du couple exercé par le moteur.

**14.3** Calculer la puissance développée par le moteur sachant que la charge monte à la vitesse  $V = 0,5$  m  $\cdot$  s $^{-1}$ .

**15** Un treuil est constitué d'une poulie de rayon  $R$  solidaire d'une manivelle  $OA$  de longueur  $l$ . Une force  $\vec{F}$  d'intensité constante, s'exerçant perpendiculairement en  $A$  à  $OA$ , permet de faire monter une charge  $m$  sur un plan incliné.

On donne  $\alpha = 20^\circ$ ;  $m = 50$  kg;  $l = 0,50$  m;  $R = 10$  cm.



**15.1** Calculer  $F$  sachant que  $m$  remonte lentement à vitesse constante.

**15.2** Calculer le travail de  $\vec{F}$  au bout de 20 tours de manivelle. Quelle est, pendant ce temps, la longueur  $x$  parcourue par  $m$  ?

PHYSIQUE

3

# ÉNERGIE CINÉTIQUE

## THÉORÈME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE

# EXERCICES

## Vérifions nos connaissances

1 Répondre par vrai ou par faux, et justifier la réponse :

1.1 L'énergie cinétique d'un solide est d'autant plus grande que sa vitesse est grande.

1.2 Tout solide en mouvement possède de l'énergie cinétique.

1.3 L'énergie cinétique d'un même mobile est la même lorsque le mouvement est étudié dans deux repères différents.

1.4 L'énergie cinétique d'un solide en rotation ne dépend que de la masse du solide et de sa vitesse angulaire.

1.5 Lorsqu'un gardien de but arrête un ballon, il reçoit du travail.

2 Pour avoir un ordre de grandeur, calculer dans les cas suivants, l'énergie cinétique :

2.1 Une balle de tennis de masse 60 g est lancée sans effet à la vitesse de  $72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

2.2 Un coureur de vitesse de masse 75 kg court à la vitesse de  $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

2.3 Un camion de 10 t roule à la vitesse de  $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

2.4 Un Boeing 747 de masse 350 t vole à la vitesse de  $950 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

3 Parmi les résultats numériques suivants, lesquels vous paraissent plausibles ?

3.1 Automobile .....  $E_c = 2,5 \cdot 10^5 \text{ J}$ .

3.2 Coureur à pied .....  $E_c = 2 \cdot 10^3 \text{ J}$ .

3.3 Disque laser .....  $E_c = 8 \cdot 10^8 \text{ J}$ .

4 Calculer le moment d'inertie  $J_O$  d'un cerceau de masse  $M = 100 \text{ g}$  et de rayon  $R = 10 \text{ cm}$  par rapport à l'axe de rotation  $\Delta$  passant par son centre.

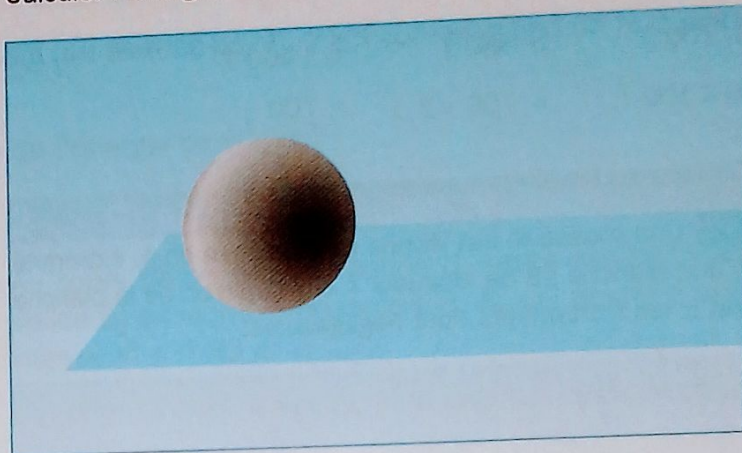
5 Calculer l'énergie cinétique d'une poulie qui effectue 600 tours par minute et dont le moment d'inertie par rapport à son axe vaut  $J_O = 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ .

6 Une sphère pleine, de rayon  $R = 5 \text{ cm}$ , glisse en translation à la vitesse de  $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Quelle serait sa vitesse angulaire si elle tournait avec la même énergie cinétique autour d'un de ses diamètres ?

7 On démontre qu'une masse  $m$  lancée verticalement du sol avec une vitesse de  $11,4 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  ne retombe pas sur terre (cette vitesse est appelée vitesse de libération de la terre). Calculer l'énergie cinétique d'une masse  $m = 1 \text{ kg}$  animée d'un mouvement de translation de vitesse  $11,4 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ . Comparer cette énergie à celle d'un train de 325 tonnes lancé à  $72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

8 Un disque homogène de masse  $m = 50 \text{ g}$ , de rayon  $R = 20 \text{ cm}$ , tourne autour d'un axe  $\Delta$  passant par son centre.  $\Delta$  est perpendiculaire au plan du disque. Calculer l'énergie cinétique du disque lorsqu'il est lancé à la vitesse de  $5 \text{ t} \cdot \text{s}^{-1}$ .

9 Une bille homogène de masse  $m = 20 \text{ g}$ , de rayon  $R$ , roule sans glisser sur un plan horizontal. La vitesse de son centre d'inertie est  $V = 50 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ . Calculer l'énergie cinétique de cette bille.



## Appliquons nos connaissances

10 Pour chasser les oiseaux dans une rizière, un enfant utilise une fronde constituée d'un fil long de 80 cm au bout duquel est accroché un projectile de masse 60 g. Le mouvement de la fronde est circulaire uniforme avec la vitesse  $v = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

10.1 Calculer le moment d'inertie de la fronde sachant que la masse du projectile est ponctuelle et que la masse du fil est négligeable.

10.2 Calculer son énergie cinétique.

11 Une automobile dont le moteur est coupé, de masse  $m = 800 \text{ kg}$ , animée d'un mouvement de translation rectiligne, descend une piste dont la pente est de 2% (dénivellation de 2 m pour une distance parcourue de 100 m).

Les forces de frottement sont équivalentes à une force constante  $\vec{f}$  d'intensité 150 N et opposée au vecteur vitesse. Après un parcours de 200 m, calculer :

11.1 la somme des travaux des forces appliquées à l'automobile considérée comme point matériel,

11.2 la vitesse de l'automobile après le parcours de 200 m sachant que, à l'instant initial, sa vitesse est de  $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . On donne  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

12 Un projectile, de masse  $m = 6 \text{ g}$ , est animé d'un mouvement rectiligne uniforme. Lancé avec une vitesse  $v = 200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , il pénètre et s'immobilise dans un sac de sable. En supposant que le mouvement se fait sur un plan horizontal, sans frottement :

12.1 Calculer l'énergie cinétique du projectile avant le choc.

12.2 Montrer qu'après réception du projectile, le système (sac de sable, projectile), de masse  $M = 60 \text{ kg}$ , est animé d'un mouvement dont on précisera les caractéristiques.

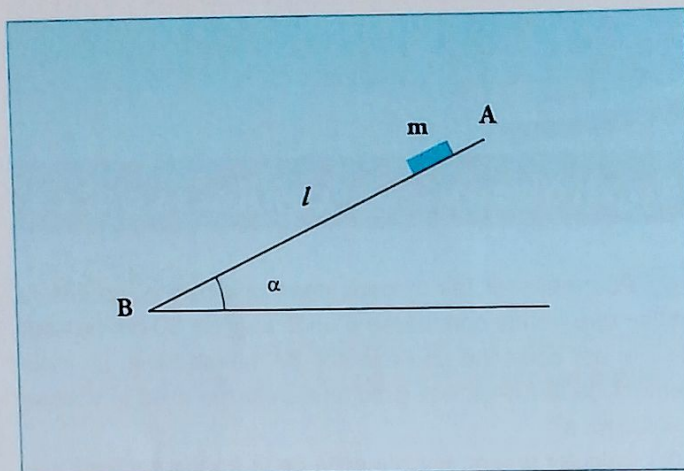
12.3 Calculer la nouvelle énergie cinétique  $E'_c$  du système. Conclure.

**13** Une masse ponctuelle  $m$  animée d'une vitesse  $\vec{V}$  a une énergie cinétique  $E_c = 700 \text{ J}$ .  
L'énergie cinétique d'une masse  $m'$  ponctuelle animée d'une vitesse  $\vec{V}'$  telles que  $m' = 2m$ ;  $V' = \frac{V}{2}$  est :

- a) 700 J      b) 350 J      c) 1400 J  
d) 2100 J      e)  $700\sqrt{2} \text{ J}$       f)  $\frac{700}{\sqrt{2}} \text{ J}$

Choisissez la valeur numérique exacte.

**14** Une masse  $m$  est lâchée sans vitesse en A, extrémité d'une planche AB de longueur  $l$ . L'inclinaison de la planche est  $\alpha$  les frottements sont négligeables.



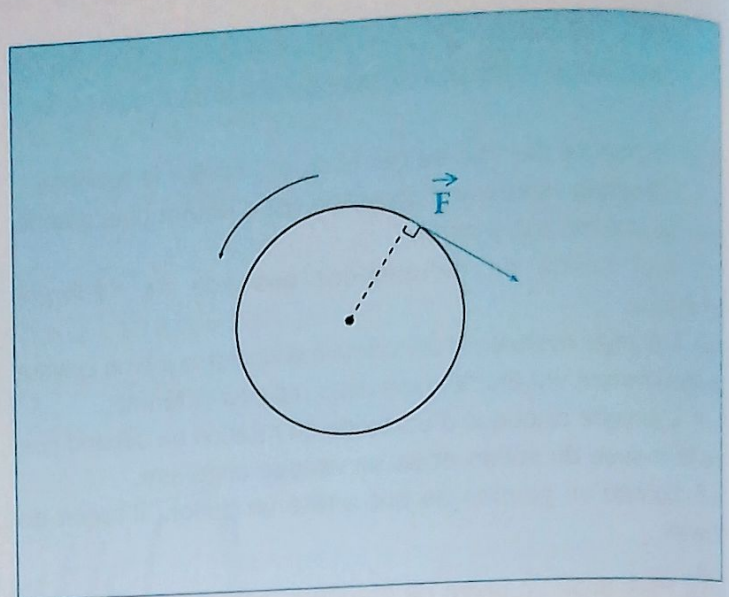
- Lorsque  $\alpha = 30^\circ$ ,  $m$  arrive en B à une vitesse  $V_B = 4 \text{ m.s}^{-1}$ .
  - Lorsque  $\alpha = 60^\circ$ ,  $m$  arrive en B avec une vitesse  $= V'$ .
- Quelle est, parmi les relations suivantes, celle qui existe entre  $V_B$  et  $V'$  ? :

- a)  $V' = V_B \cdot \sin 60^\circ$       b)  $V' = V_B \sqrt{\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ}}$   
c)  $V' = V_B \cdot \frac{\cos 60^\circ}{\cos 30^\circ}$       d)  $V' = V_B \sqrt{\frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ}}$

**15** Un véhicule de masse  $m = 800 \text{ kg}$  est lâché sans vitesse d'un point A d'une route AB inclinée de  $10^\circ$  par rapport au plan horizontal (le moteur est arrêté, les freins desserrés). Il arrive en B au bas de la pente avec une vitesse  $V_B = 15 \text{ m.s}^{-1}$ . Calculer l'intensité des forces de frottement entre la chaussée et les pneus. Ces forces sont supposées équivalentes à une force unique  $\vec{f}$  en sens contraire du déplacement.

- La résistance de l'air est négligeable.
- L'énergie cinétique de rotation des roues est négligeable devant l'énergie cinétique de translation du véhicule.
- On donne  $AB = 100 \text{ m}$  et  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ .

**16** Un disque D tourne autour d'un axe  $\emptyset$  passant par son centre à raison de  $N = 30 \text{ t.s}^{-1}$  Il est freiné par une force  $\vec{F}$ , tangente au disque, d'intensité constante. Le rayon du disque est  $R = 5 \text{ cm}$ .



Calculer  $F$  sachant que le disque effectue 10 tours entre le début du freinage et l'immobilisation complète. On donne le moment d'inertie du disque par rapport à l'axe  $\emptyset$ :  $J_\emptyset = 2 \cdot 10^{-2} \text{ kg.m}^2$ .

**17** Une masse  $m = 200 \text{ g}$  est lâchée sans vitesse à la verticale d'un clou C planté verticalement dans une planche. La masse  $m$  initialement à une hauteur  $h$  du clou, arrive sur le clou avec une vitesse  $\vec{V}$  et rebondit avec une vitesse  $\vec{V}'$ . On donne :

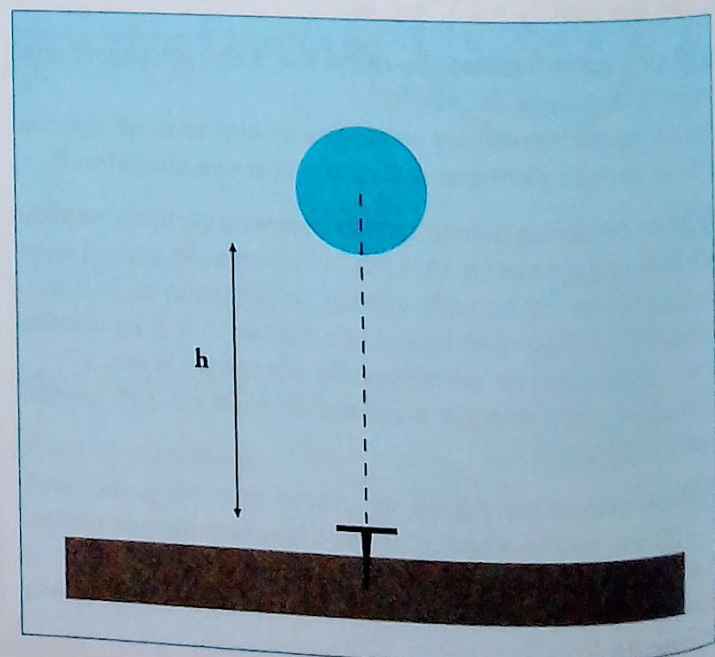
$$V' = \frac{V}{3}; h = 2 \text{ m}; g = 10 \text{ m.s}^{-2}$$

**17.1** Calculer  $V'$ .

**17.2** L'énergie cinétique perdue par  $m$  au cours du choc est communiquée au clou. Après le choc, celui-ci s'enfonce de  $l = 0,8 \text{ cm}$ .

La résistance de la planche à l'enfoncement du clou est une force  $\vec{f}$  verticale supposée constante.

Calculer  $f$  (le poids du clou est négligeable devant  $f$ ).



PHYSIQUE

4

ÉNERGIE POTENTIELLE  
ÉNERGIE MÉCANIQUE

# EXERCICES

4 Un pot de fleur de masse  $m = 2 \text{ kg}$  tombe d'un balcon, d'une hauteur de 4 m.

4.1 Calculer la variation d'énergie potentielle.

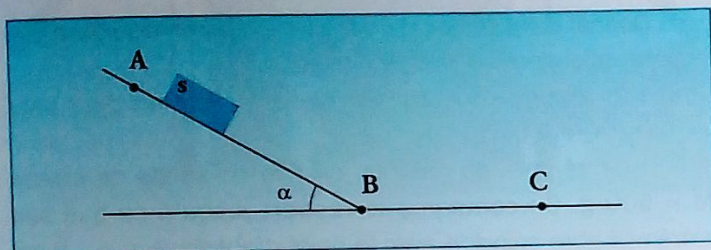
4.2 En déduire la variation d'énergie cinétique, le système étant conservatif.

4.3 Lâchée sans vitesse initiale, quelle est la vitesse du pot de fleur lorsqu'il arrive au sol?

## Appliquons nos connaissances

5 Une piste a pour profil ABC. La partie AB = 10 m est inclinée d'un angle  $\alpha = 30^\circ$  par rapport au plan horizontal. La partie BC est horizontale. Un solide S de masse  $m = 200 \text{ g}$  est lâché en A sans vitesse initiale.

On considère le mouvement du solide entre A et B. Les frottements sont nuls. On donne  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .



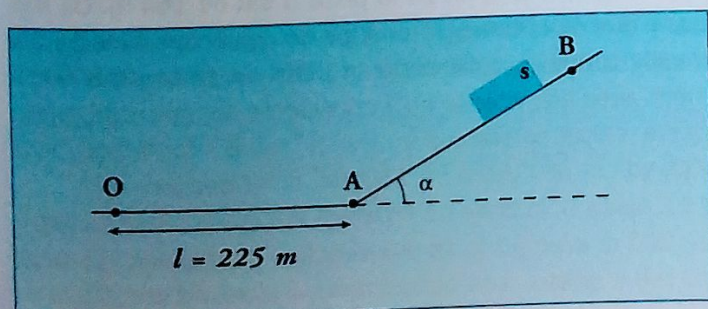
5.1 Quelle forme d'énergie possède le solide en A? Calculer sa valeur.

5.2 Quelle forme d'énergie possède le solide en B? Calculer sa valeur.

5.3 Déduire la vitesse de S en B.

5.4 On considère le mouvement de S entre B et C. Les frottements sont équivalents à une force  $\vec{f}$  parallèle au vecteur vitesse  $\vec{V}$  et de sens contraire. S s'arrête en C. BC = 2 m. Calculer l'intensité de  $\vec{f}$ .

6 Lors du démarrage, une voiture initialement au repos, de masse  $M = 1000 \text{ kg}$ , part de O et arrive en A à la vitesse  $V = 54 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . La partie OA, longue de 225 m, est rectiligne et horizontale.



6.1 Y-a-t-il eu variation d'énergie durant la période de démarrage? Si oui, préciser laquelle?

6.2 Calculer l'intensité F de la force motrice supposée constante et parallèle au déplacement, les frottements étant négligés.

6.3 Le trajet étant effectué en 30 secondes, quelle est la

puissance moyenne développée par le moteur du véhicule?

6.4 Arrivée en A à la vitesse de  $54 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , la voiture aborde en roues libres ( $F = 0 \text{ N}$ , freins desserrés, frottements négligés), une montée de pente 30 % (dénivellation de 3 m pour une distance parcourue de 100 m). La voiture s'arrête au point B (on donne  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Calculer la distance AB.

6.5 Quelle forme d'énergie possède la voiture dans cette position B par rapport à A?

7 Soit un plan incliné faisant un angle  $\alpha = 45^\circ$  par rapport à l'horizontale. On lance vers le haut et suivant la ligne de plus grande pente, à partir d'un point A, un solide de masse m avec la vitesse initiale  $v = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . On néglige les frottements.

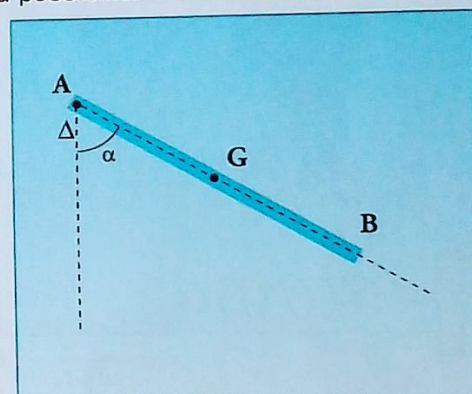
7.1 Calculer la distance parcourue par le solide lorsqu'il atteint l'altitude maximale.

7.2 En réalité, il existe des forces de frottements dont l'effet est équivalent à une force unique  $\vec{f}$  parallèle à la ligne de plus grande pente et d'intensité égale à la moitié de l'intensité du poids  $\vec{P}$  du solide.

Quelle est alors l'abscisse du point le plus haut atteint par le solide lancé dans les mêmes conditions ( $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ )?

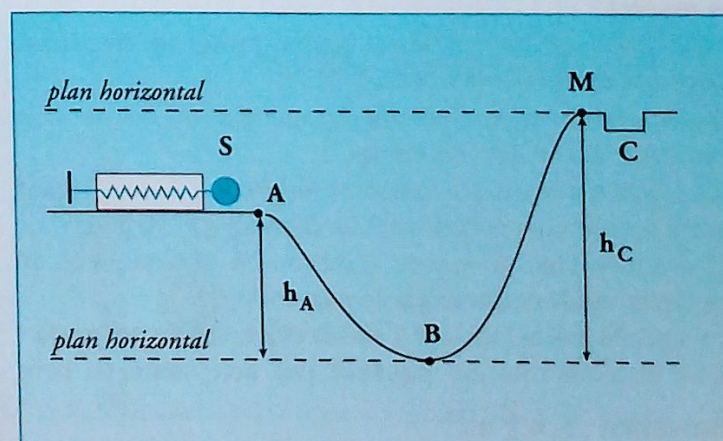
8 Une barre homogène AB, de masse  $M = 10 \text{ kg}$ , de longueur  $l = 1 \text{ m}$ , a la possibilité d'osciller sans frottement autour d'un axe fixe  $\Delta$  horizontal proche de l'extrémité A.

On lâche la barre sans vitesse initiale dans la position où elle forme un angle de  $60^\circ$  avec la verticale. Calculer l'énergie cinétique de la barre et la vitesse de son centre d'inertie G lorsqu'elle passe par la position verticale.



On prendra :  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,  $J_s = \frac{1}{3} M l^2$  (moment d'inertie de la barre par rapport à l'axe  $\Delta$ ).

9 Un jeu d'enfant consiste en un ressort R à spires non jointives, à axe horizontal, que l'on comprime plus ou moins.



Le ressort sert à propulser un petit solide S sur la piste ABM de façon à le loger dans une case C. Le solide de masse  $m = 60 \text{ g}$  est guidé sans frottement sur la trajectoire entièrement située dans un plan vertical.  $h_A = 0,30 \text{ m}$  et  $h_C = 0,50 \text{ m}$ .

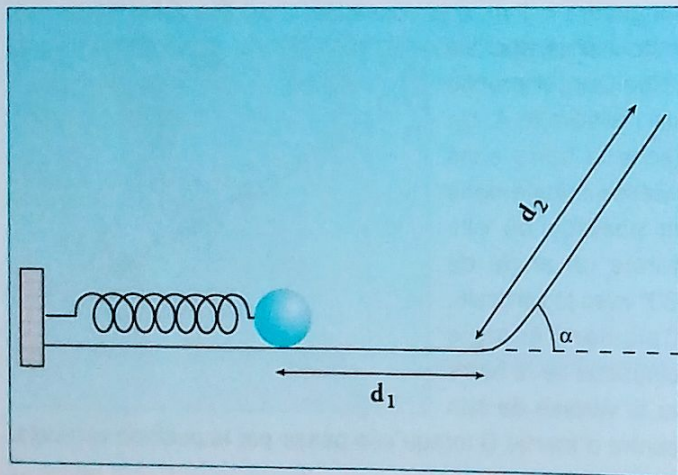
9.1 Quelle énergie faut-il fournir au solide pour qu'il arrive dans la case C avec une vitesse nulle ?

9.2 Le ressort, de masse négligeable, a une constante de raideur  $k = 150 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ . Calculer le raccourcissement de ce ressort ( $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

10 Un ressort élastique de raideur  $k$  peut être comprimé. Un dispositif convenable permet de le libérer, et le ressort propulse ainsi une bille parfaitement sphérique de rayon  $r = 2 \text{ cm}$ , de masse  $m = 100 \text{ g}$ , qui roule sans glisser sur le support.

La bille, après séparation du ressort, parcourt la distance  $d_1 = 20 \text{ cm}$  sur le plan horizontal. Ensuite, elle aborde un plan incliné d'un angle  $\alpha = 30^\circ$  par rapport au plan horizontal. Elle parcourt une distance  $d_2$  sur le plan incliné, puis rebrousse chemin.

On suppose les frottements négligeables sur le plan horizontal et sur le plan incliné.



10.1 Sachant que le raccourcissement  $x$  du ressort est proportionnel à la force  $F$  exercée par l'opérateur. Calculer  $k$  si  $F = 2 \text{ N}$  et  $x = 10 \text{ cm}$ .

Quel est le travail effectué par l'opérateur pour raccourcir ainsi le ressort ?

10.2 Le ressort comprimé est libéré. Quelle est, au départ, l'énergie cinétique de la bille ?

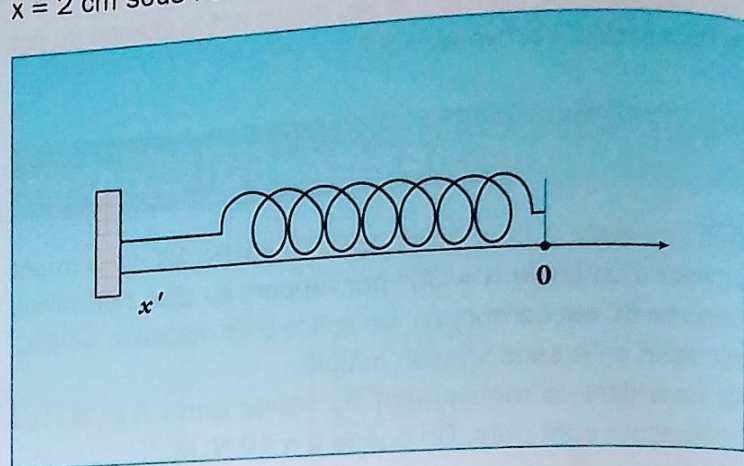
Quelle est l'énergie cinétique au moment où elle termine son trajet sur le plan horizontal ?

10.3 Quelle distance  $d_2$  parcourt la bille sur le plan incliné avant de rebrousse chemin ? On prendra  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

10.4 Quelle était la vitesse angulaire de la bille après un parcours de  $d'_2 = 10 \text{ cm}$  sur le plan incliné ?

On rappelle que le moment d'inertie d'une sphère par rapport à un axe de rotation passant par son centre a pour expression :  $J_O = \frac{2}{5} mr^2$ .

11 Un ressort à spires non jointives, de masse négligeable, peut fonctionner aussi bien en compression qu'en dilatation le long d'un axe  $X'OX$  horizontal. Il a une extrémité libre qui coïncide avec l'origine  $O$  de l'axe. Ce ressort s'allonge de  $x = 2 \text{ cm}$  sous l'effet d'une force  $F = 100 \text{ N}$ .



11.1 Donner l'expression de son énergie potentielle élastique pour un allongement  $x$  quelconque.

Tracer le graphe de cette énergie en fonction de  $x$  pour  $x \in [-9 \text{ cm}, +9 \text{ cm}]$ .

À l'extrémité libre du ressort, on fixe un solide de masse  $M = 500 \text{ g}$ . On comprime le ressort jusqu'à ce que son extrémité libre coïncide avec le point d'abscisse  $x_0 = -9 \text{ cm}$  et on lâche le système dans cette position sans vitesse initiale. On suppose les frottements négligeables.

11.2 Calculer l'énergie cinétique du système (ressort-solide) en fonction de  $x$  et tracer son graphe dans le même système d'axes que précédemment.

11.3 Montrer que la masse va osciller entre deux positions extrêmes dont on déterminera les abscisses  $x$ .

11.4 Calculer la vitesse du solide lorsqu'il passe par l'origine de l'axe au cours de ses oscillations.

12 Données :  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  ;  $m = 200 \text{ kg}$ .

12.1 La piste de bobsleigh qui a servi pour les jeux Olympiques 1992 à La Plagne (Savoie) a une longueur de  $1\,700 \text{ m}$  et comporte dix-neuf virages. La dénivellation entre le point le plus haut A et la fin de la piste B est de  $164 \text{ m}$ . On suppose que le bobsleigh, chargé de deux conducteurs, de masse totale  $m$ , glisse sur la piste de glace sans frottement, avec une vitesse en A considérée comme négligeable. Quelle serait sa vitesse en  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$  en B ? En réalité, cette vitesse est de l'ordre de  $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Conclure.

12.2 Après B, la piste se prolonge par une montée rectiligne de  $200 \text{ m}$  avec  $30 \text{ m}$  de dénivellation pour que le bobsleigh puisse s'arrêter. Les conducteurs s'assoient et mettent en action un frein. Ils n'ont pas le droit de freiner pendant l'épreuve elle-même. Quelle doit être l'intensité de l'ensemble des forces de freinage si le bobsleigh arrive en haut de la montée avec une vitesse de  $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  ? On supposera ces forces d'intensité constantes et parallèles à la montée et on prendra, pour la vitesse en B, la valeur réelle.

# ESPACE CHAMP ÉLECTROSTATIQUE

5

## OBJECTIFS

évidence la force électrostatique  
elles  
charges

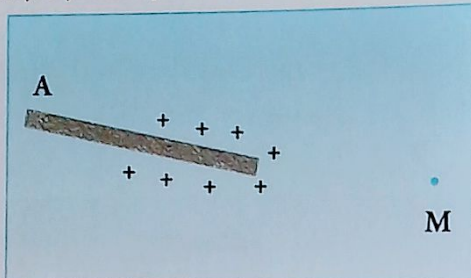
## Vérifions nos connaissances

1 Répondre par vrai ou par faux, et justifier la réponse :

- 1.1 La force électrostatique est une force à distance.
- 1.2 L'électrostatique est l'étude des charges électriques en mouvement.
- 1.3 Un corps peut être électrisé seulement par frottement.
- 1.4 Le champ électrostatique créé par une charge électrique ne dépend pas du signe de celle-ci.
- 1.5 Le champ électrostatique en un point M dépend de la charge-test que l'on place en M pour montrer son existence.

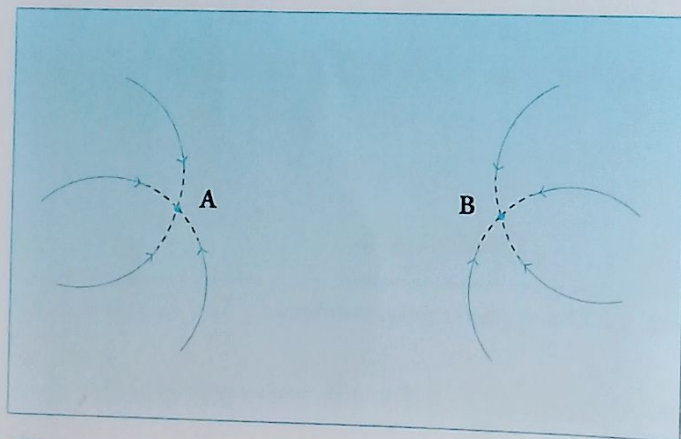
2 Dessiner, de façon approximative, quelques lignes du champ électrostatique produit par le bâton de verre A frotté avec un drap.

Représenter le vecteur champ électrostatique en un point M, placé dans le voisinage du bâton.

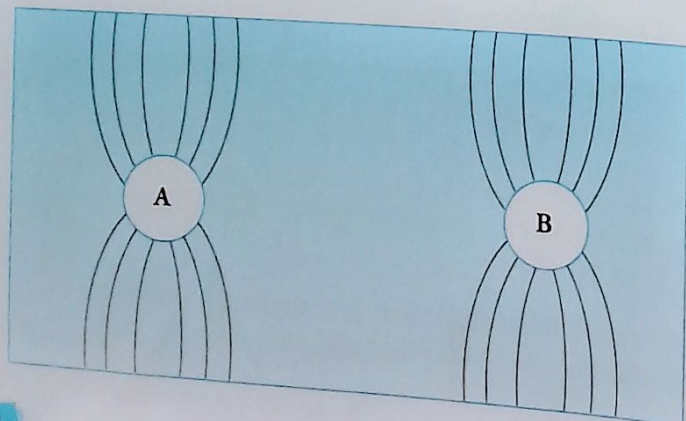


3 Deux charges ponctuelles  $q_A$  et  $q_B$  sont fixes en A et B. On a dessiné quelques lignes du champ électrique produit par la source ( $q_A$ ,  $q_B$ ).

Déterminer le signe de  $q_A$  et de  $q_B$ .

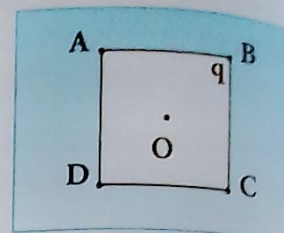


4 Sur le spectre électrostatique ci-dessous, préciser les signes possibles des charges  $q_A$  et  $q_B$ , ainsi que le sens correspondant des lignes de champ.



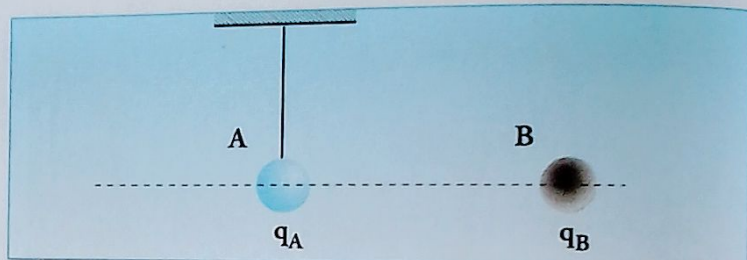
## Appliquons nos connaissances

5 Soit un carré A B C D de centre O. Représenter le vecteur champ électrostatique créé au centre O si les quatre charges ponctuelles  $q_A$ ,  $q_B$ ,  $q_C$  et  $q_D$  sont identiques (positives).



6 La boule d'un pendule électrostatique porte une charge  $q = 0,5 \mu\text{C}$ . Quelle est l'intensité du champ électrostatique  $\vec{E}$  horizontal pour que le fil fasse un angle de  $30^\circ$  avec la verticale ? On donne : masse de la boule  $m = 3 \text{ g}$  et  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

7 Une petite boule A de dimension négligeable, de masse  $m = 0,5 \text{ g}$ , est suspendue à un fil isolant. Soit  $q_A$  la charge de la boule A. On approche de A une boule B portant la charge  $q_B = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ . La boule A s'éloigne de la boule B. À l'équilibre, A et B sont sur une même horizontale.

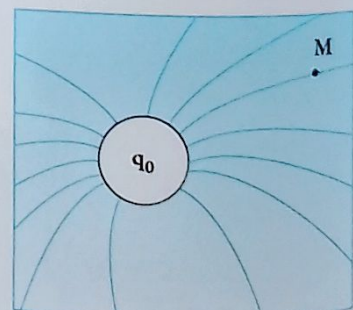


7.1 Calculer l'intensité de la force  $\vec{F}_{B/A}$  (action de B sur A) si le fil de suspension de A fait un angle de  $30^\circ$  avec la verticale ( $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

7.2 Quel est le signe de la charge  $q_A$  portée par la boule A, sachant que  $|q_A| = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  ?

7.3 Calculer l'intensité du champ électrique produit par la boule B à l'endroit où se trouve la boule A. Dessiner ce vecteur sur l'axe horizontal.

8 Une charge électrique ponctuelle  $q$ , libre de se déplacer, est introduite dans un espace champ électrostatique produit par une charge  $q_0$  distincte de  $q$ .



8.1 La charge  $q_0$  est positive. Dessiner de façon approximative le vecteur champ électrostatique au point M où se trouve la charge  $q$ .

8.2  $q_0$  est négative. Dessiner le vecteur champ électrostatique au point M.

9 Deux charges ponctuelles négatives  $q_1$  et  $q_2$  sont placées en deux points A et B. Représenter le vecteur champ électrostatique :

9.1 au point N milieu de AB,

9.2 en un point P quelconque du plan médiateur de AB.

On peut se contenter de dire :

- le point M est au potentiel  $V_M$
- le point N est au potentiel  $V_N$

Potentiel électrique de référence

(Voir B.U.P. n°608, p. 201)

# EXERCICES

## Vérifions nos connaissances

1 Répondre par vrai ou par faux, et justifier la réponse :

- 1.1 Le travail de la force électrostatique dépend des chemins suivis par une charge pour aller de A à B.
- 1.2 Le vecteur champ électrostatique  $\vec{E}$  en un point M est perpendiculaire aux surfaces équipotentielles.
- 1.3 La variation de l'énergie potentielle d'une charge ne dépend que du déplacement.
- 1.4 Le travail de la force électrostatique n'est jamais nul quand on déplace une charge soumise à un champ.
- 1.5 Un électron initialement au repos se déplace dans le sens des potentiels croissants.

2 Quelle est l'énergie potentielle électrostatique d'une charge  $q = -10^{-6}$  C placée en un point où le potentiel est  $V = 1$  kV.

3 Une particule, portant la charge électronique  $q = 10^{-8}$  C et placée dans un champ électrostatique uniforme, se déplace d'un point A de potentiel  $V_A = 80$  V à un point B de potentiel  $V_B = -120$  V.

- 3.1 Calculer le travail de la force électrostatique au cours du déplacement AB.
- 3.2 Ce travail dépend-il du chemin suivi entre A et B ?

4 Calculer, en MeV, l'énergie acquise par une particule d'hélium ( ${}^4_2\text{He}^{+2}$ ) accélérée sous une ddp de  $10^6$  V.

## Appliquons nos connaissances

5 Dans un champ électrostatique  $\vec{E}$ , des ions  $\text{Fe}^{3+}$  émis sans vitesse initiale en A atteignent le point B avec une vitesse  $V_B$ . Des ions  $\text{Fe}^{2+}$  sont aussi émis en A sans vitesse initiale.

On donne :  $AB = 0,20$  m ;  $m_{\text{Fe}^{2+}} = m_{\text{Fe}^{3+}} = 9,32 \cdot 10^{-26}$  kg ; charge élémentaire  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C.

Dire si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses, et justifier les réponses :

5.1 Le champ électrostatique  $\vec{E}$  créé entre A et B est dirigé de A vers B.

5.2 La valeur du champ électrostatique ne dépend que de la distance entre les plaques A et B.

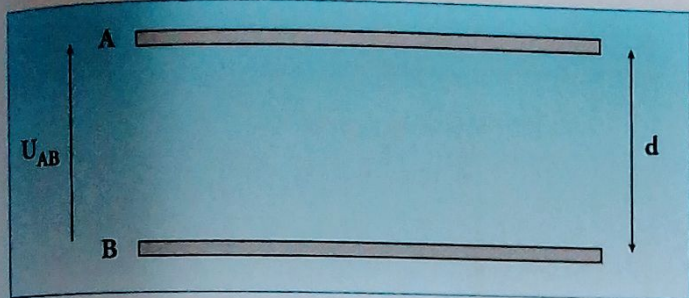
5.3 L'énergie cinétique des ions  $\text{Fe}^{3+}$  et celle des ions  $\text{Fe}^{2+}$  sont égales en B.

5.4 L'énergie potentielle électrostatique des ions  $\text{Fe}^{3+}$  en A est égale à celle des ions  $\text{Fe}^{2+}$  en A (on prendra le potentiel en B égal à zéro).

5.5 En B, l'énergie totale des ions  $\text{Fe}^{3+}$  est inférieure à celle des ions  $\text{Fe}^{2+}$ .

6 Une goutte d'huile électrisée négativement est en équilibre entre deux plaques métalliques planes, parallèles et horizontales A et B lorsqu'on établit une ddp entre A et B ( $U_{AB} = 1000 \text{ V}$ ).

On donne  $d = 2,5 \text{ cm}$  (distance entre les plaques). La goutte d'huile est sphérique, le rayon est  $r = 1,8 \mu\text{m}$  et la masse volumique  $\rho = 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

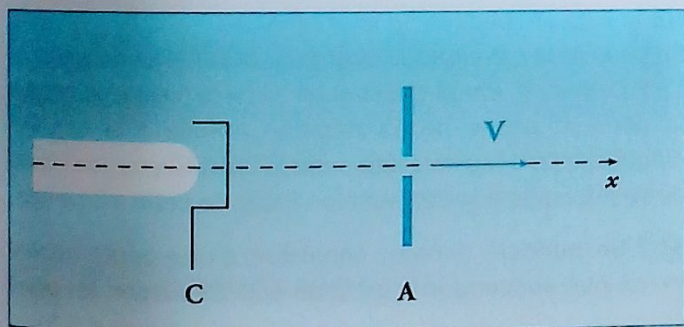


6.1 Quel doit être le signe des charges portées par les plaques A et B ?

6.2 Calculer l'intensité du champ électrostatique uniforme  $\vec{E}$  qui règne entre les plaques A et B.

6.3 Calculer la charge électrique  $q$  portée par la goutte d'huile.

7 Dans un tube de télévision, la cathode chaude C émet des électrons avec une vitesse initiale nulle. Ces électrons se propagent jusqu'à l'anode A percée d'un trou. La distance entre les deux plaques C et A est égale à  $2 \text{ cm}$ . On établit entre A et C une différence de potentiel  $|U| = 2500 \text{ V}$ , créant un champ électrostatique uniforme  $\vec{E}$ .



7.1 Indiquer sur un schéma les branchements à effectuer sur un générateur pour que les électrons soient accélérés de C vers A. Donner le signe de  $U_{CA}$ .

7.2 Donner les caractéristiques du champ électrostatique  $\vec{E}$  entre les deux plaques C et A.

7.3 Comparer les intensités de la force électrostatique sur 1 électron et du poids d'un électron. Que peut-on en conclure ?

7.4 Calculer la vitesse des électrons à la sortie du trou fait dans l'anode. On donne : masse de l'électron  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ; charge de l'électron  $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

8 Une charge ponctuelle  $q$  est déplacée de A à B dans un espace champ électrique. Le vecteur champ en A est  $\vec{E}_A$ , le

vecteur champ en B est  $\vec{E}_B$  (avec  $E_A \neq E_B$ ).

Le travail de la force électrique s'exerçant sur  $q$  lors de ce déplacement est (choisissez les expressions exactes) :

a)  $W = q\vec{E}_A \cdot \vec{AB}$

b)  $W = q(V_A - V_B)$

c)  $W = q(V_B - V_A)$

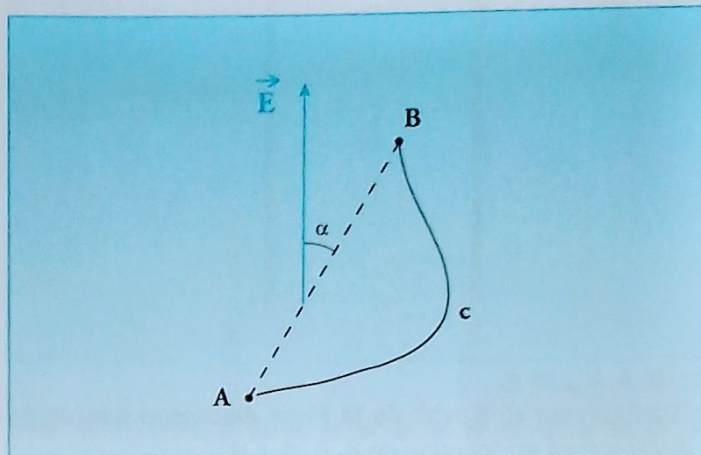
d)  $W = q(\vec{E}_A - \vec{E}_B)$

e)  $W = q(\vec{E}_B - \vec{E}_A)$

f)  $W = q\vec{E}_B \cdot \vec{AB}$

g)  $W = q\left(\frac{\vec{E}_B - \vec{E}_A}{2}\right) \cdot \vec{AB}$

9 Dans un champ électrostatique uniforme vertical ascendant une charge ponctuelle  $q$  est déplacée de A à B suivant

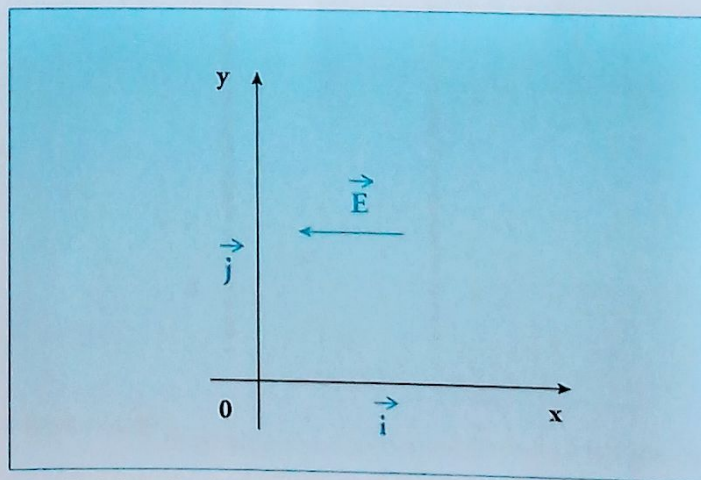


un chemin curviligne (voir croquis).

Exprimer le travail de la force électrique durant ce déplacement. On envisagera le cas où  $q > 0$  et le cas où  $q < 0$ .

On donne  $E = 100 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ ;  $AB = 10 \text{ cm}$ ;  $(\vec{AB}, \vec{E}) = \alpha = 30^\circ$ ;  $|q| = 10^{-5} \text{ C}$ .

10 Dans un certain domaine de l'espace muni d'un repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  règne un champ électrique uniforme  $\vec{E} = -200 \vec{i}$ .  $E$  est en  $\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$ .



10.1 Préciser les lignes équipotentielles du champ.

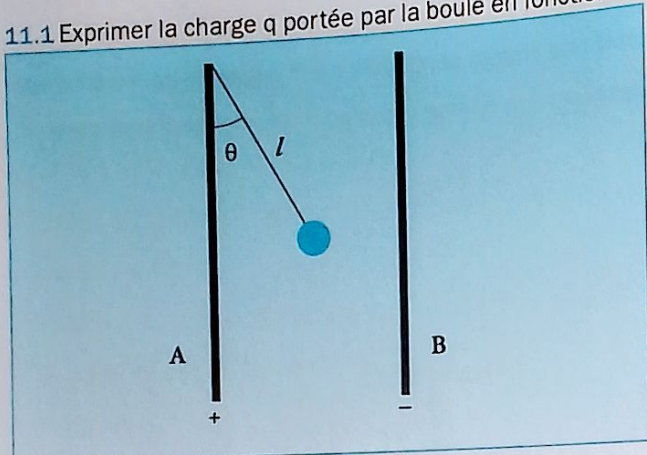
10.2 Trouver le travail effectué par la force électrique  $\vec{F}$  s'exerçant sur une charge ponctuelle  $q$  lorsque celle-ci est déplacée de A à B, puis de B à C, puis de C à D.

On donne  $q = -10^{-6} \text{ C}$  et les coordonnées des points en cm : A (2, 5); B (2, -5); C (0, 10); D (-5, 5).

**11** Deux plaques métalliques planes A et B, verticales parallèles présentent entre elles un écartement  $d = 10 \text{ cm}$ , faible par rapport à leurs dimensions. Le long de A pend un fil nylon de longueur  $l = 5 \text{ cm}$ , portant à son extrémité inférieure une boule métallisée ponctuelle de masse  $m$  et de poids  $p = mg$ .

On relie A au pôle (+) et B au pôle (-) d'une machine électrostatique que l'on actionne. Il s'établit ainsi entre A et B une tension  $U_{AB}$ , et le fil s'écarte de A d'un angle  $\theta$ .

**11.1** Exprimer la charge  $q$  portée par la boule en fonction de



$m$ ,  $\theta$ ,  $d$ ,  $U_{AB}$  et  $g$ .

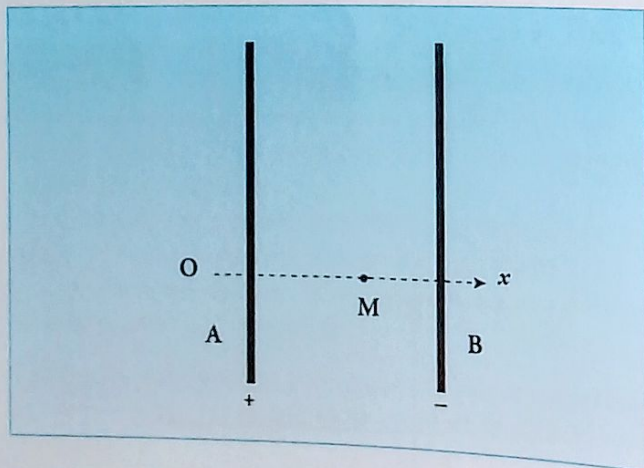
**11.2** Exprimer le travail de la force électrique lors de ce déplacement en fonction de  $q$ ,  $\theta$ ,  $d$ ,  $l$ ,  $U_{AB}$ .

**11.3** Calculer numériquement  $q$  et le travail  $W$ .

On donne  $U_{AB} = 10\,000 \text{ V}$ ;  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ ;  $\theta = 30^\circ$ ;  $m = 0,50 \text{ g}$ .

**11.4** On enlève le fil de nylon et la boule. La ddp entre A et B demeure inchangée, il en est de même de l'écartement et de leur disposition.

Ox est un axe perpendiculaire aux plaques. On connecte B



au sol par l'intermédiaire d'une prise de terre.

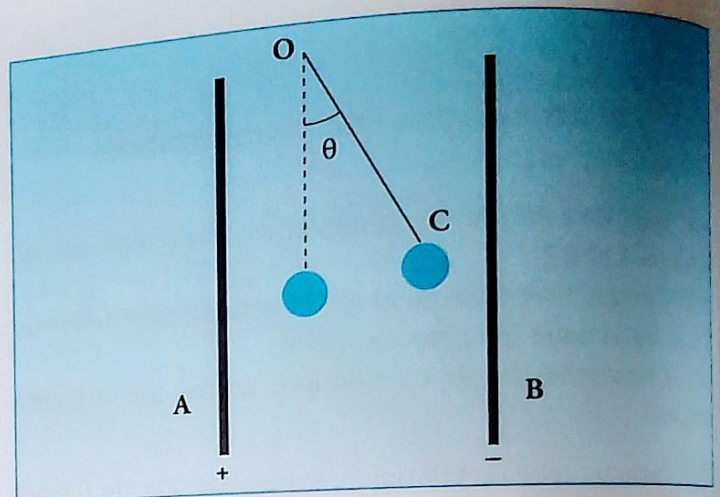
Exprimer en fonction de  $(x)$  le potentiel  $V_M$  en tout point M de Ox situé entre A et B.

On pose  $OM = x$ .

**12** On considère un pendule simple constitué par un fil inélastique OC de longueur  $l = 0,40 \text{ m}$  et de masse négligeable. L'extrémité O est fixée. L'extrémité A supporte

une petite bille en cuivre assimilable à un point matériel de masse  $m = 1 \text{ g}$ . L'intensité de pesanteur du lieu est  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ .

Le pendule est placé entre deux plaques métalliques planes verticales parallèles A et B séparées par une distance  $d$ . La bille porte une charge  $q$ . La plaque A est reliée à la borne (+) d'un générateur de haute tension continue, et B est reliée à la borne (-). La tension entre A et B est  $U$ . Le pendule s'écarte d'un angle  $\theta$  vers la plaque B (on donne  $U = 25\,000 \text{ V}$ ;  $d = 20 \text{ cm}$ ;  $\theta = 14^\circ$ ).



**12.1** Quelle est la nature du champ électrique entre ces plaques? Calculer son intensité, préciser sa direction et son sens.

**12.2** Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la bille.

**12.3** Exprimer l'intensité de la force électrique  $\vec{F}$  qui s'exerce sur la bille en fonction de  $m$ ,  $g$  et  $\theta$ .

En déduire la valeur de la charge  $q$ , préciser son signe.

**12.4** Calculer le travail effectué par la force électrique lorsque le pendule passe de sa position initiale à la position d'équilibre. En déduire la ddp entre le point G, position initiale de la bille, et le point G' position finale de cette même bille.

**13** Un pendule simple, constitué d'une petite sphère métallique suspendue à un fil de soie très léger, est placé entre deux plaques verticales A et C distantes de  $d = 5 \text{ cm}$ . On crée une tension  $U_{AC} = 1,8 \cdot 10^2 \text{ V}$  entre ces plaques. Le pendule s'écarte de sa position d'équilibre et adopte une nouvelle position dans laquelle le fil de soie fait un angle  $\alpha = 10^\circ$  avec la verticale.

**13.1** Sur un schéma, représenter toutes les forces extérieures appliquées à la sphère (la sphère est attirée par la plaque négative).

**13.2** Calculer la valeur de la charge portée par la sphère. On donne :

- longueur du fil  $l = 20 \text{ cm}$ ,

- masse de la sphère  $m = 30 \text{ g}$ ,

- et  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$ .

**13.3** Calculer la variation de l'énergie potentielle de pesanteur du système sphère dans le champ de pesanteur.

**13.4** Calculer la variation de l'énergie potentielle électrostatique du système chargé dans le champ électrostatique.

# **PUISSANCE ET ÉNERGIE ÉLECTRIQUES**

**7**

# EXERCICES

## Vérifions nos connaissances

- 1 Répondre par vrai ou par faux, et justifier la réponse :
  - 1.1 Un accumulateur peut fonctionner en récepteur.
  - 1.2 La force contre-électromotrice d'un électrolyseur est toujours constante.
  - 1.3 Un récepteur branché en inverse est équivalent à un générateur.
  - 1.4 La loi d'Ohm s'applique à une diode.
  - 1.5 Le kilowattheure est une unité de puissance.
  - 1.6 La puissance électrique reçue par un générateur est toujours négative.
  - 1.7 Si trois résistances sont branchées en parallèle, elles dissipent la même puissance par effet Joule.
  - 1.8 Tous les générateurs ont une caractéristique linéaire.
  - 1.9 Toute l'énergie cédée par un ventilateur sert à augmenter l'énergie de la pièce dans laquelle il se trouve.

2 La caractéristique d'un dipôle a pour équation  $U_{PN} = -0,01 I + 2$

- 2.1 Donner la nature du dipôle (générateur ou récepteur).
- 2.2 Donner la tension à vide et la résistance interne  $r$ .
- 2.3 Représenter le schéma équivalent du dipôle.

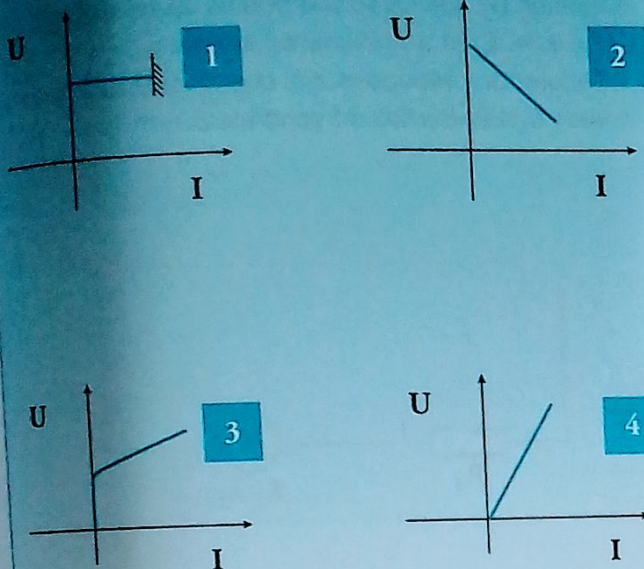
3 Compléter les phrases suivantes :

- 3.1 Dans un récepteur, le courant ... les potentiels tandis que dans un générateur, il ... les potentiels.
- 3.2 Un moteur électrique transforme une partie de l'énergie ... en énergie ... .
- 3.3 Un électrolyseur transforme une partie de l'énergie ... en énergie ... .
- 3.4 Un accumulateur transforme une puissance ... qui se répartit en puissance ... et en puissance ... .

4 Un électrolyseur reçoit une puissance  $P = 120 \text{ W}$  lorsqu'il est alimenté par un courant d'intensité  $I = 10 \text{ A}$ . Calculer la f.c.é.m.  $E'$  et la résistance interne  $r'$  de cet électrolyseur, sachant que la puissance dissipée par effet Joule est de  $100 \text{ W}$ .

# EXERCICES

5 On dispose de quatre dipôles différents (pile, électrolyseur, conducteur ohmique, générateur de tension).



Identifier chaque dipôle à partir de sa caractéristique.

- 5.1 ...  
5.2 ...  
5.3 ...  
5.4 ...

6 Pour préparer de l'aluminium par électrolyse, on applique aux électrodes une tension de 5 V. La f.c.é.m. de l'électrolyseur vaut 2,8 V, l'intensité du courant qui circule dans la cuve est de 12062 A. Calculer :

- 6.1 la puissance transférée sous forme chimique,  
6.2 la puissance transférée sous forme thermique,  
6.3 le rendement énergétique du récepteur.

## Appliquons nos connaissances

7 Un petit moteur de jouet, de résistance interne  $r' = 0,1 \Omega$ , est soumis à une tension continue  $U_{AB} = 19 \text{ V}$ . Il est parcouru par un courant d'intensité  $I = 140 \text{ mA}$  et tourne à raison de 720 tours par minute.

- 7.1 Calculer la f.c.é.m.  $E'$  pour ce régime de fonctionnement.  
7.2 Calculer :  
a) la puissance électrique transférée sous forme mécanique,  
b) le moment du couple moteur, supposé constant, disponible sur l'arbre,  
c) la puissance totale fournie au moteur,  
d) le rendement du moteur.

8 Une lampe de poche comporte :

- une pile marquée 4,5 V,
- une ampoule de bornes A et B marquée 3,5 V ; 0,2 A,
- un interrupteur.

Lorsque la lampe est allumée, les mesures donnent :  $U_{AB} = 3,6 \text{ V}$  ;  $I = 0,2 \text{ A}$ .

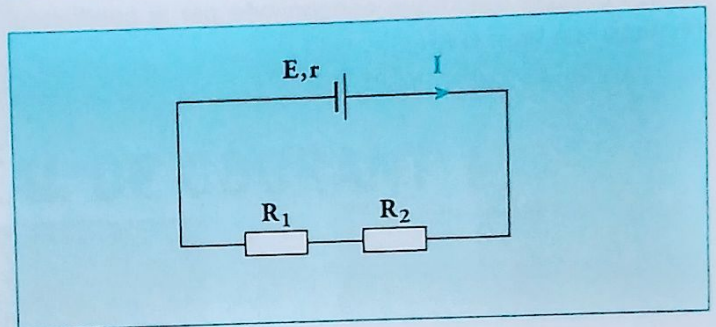
8.1 Que signifient les indications portées sur la pile et l'ampoule ?

8.2 Calculer la résistance  $R$  de l'ampoule et la résistance interne de la pile.

8.3 Calculer :

- a) la puissance totale fournie par la pile,  
b) la puissance consommée par l'ampoule,  
c) la puissance consommée par la pile.

9 Deux conducteurs ohmiques de résistance  $R_1$  et  $R_2$  sont montés en série entre les bornes d'un générateur de f.é.m.  $E = 12 \text{ V}$  et de résistance interne  $r = 2 \Omega$ .



9.1 Calculer  $R_2$ . On donne  $R_1 = 6 \Omega$  et  $I = 1 \text{ A}$ .

9.2 Calculer l'énergie dissipée par effet Joule pendant 10 secondes dans le générateur.

9.3 Calculer les puissances consommées dans  $R_1$  et  $R_2$ .

9.4 Montrer que la somme des deux puissances précédentes est égale (en valeur absolue) à la puissance disponible aux bornes du générateur.

9.5 On remplace les résistances  $R_1$  et  $R_2$  par les résistances  $R'_1$  et  $R'_2$ , avec  $R'_1 = 10 \Omega$  et  $R'_2 = 6 \Omega$ .  $R'_1$  et  $R'_2$  sont montées en parallèle entre les bornes du même générateur. Calculer :

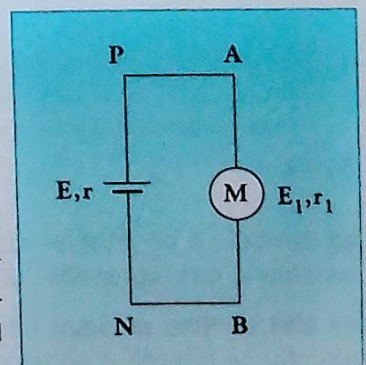
- a) la résistance équivalente de  $R'_1$  et  $R'_2$  montées en parallèle,  
b) l'intensité du courant dans le circuit.

10 Un générateur de f.é.m.  $E = 12 \text{ V}$  et de résistance interne  $r = 1 \Omega$  alimente un moteur

de f.c.é.m.  $E_1 = 8 \text{ V}$  et de résistance interne  $r_1 = 2 \Omega$ .

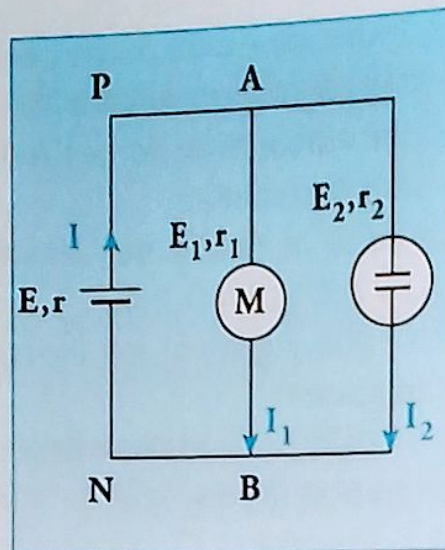
10.1 Calculer l'intensité du courant qui traverse ce circuit.

10.2 Calculer la puissance fournie au circuit extérieur par le générateur et le rendement mécanique maximal du moteur.



**10.3** Une cuve à électrolyse ( $E_2 = 2\text{ V}$  et  $r_2 = 6\ \Omega$ ) est placée en dérivation aux bornes du moteur.

- déterminer les intensités des courants dans chaque récepteur et dans le générateur,
- calculer la puissance fournie au circuit extérieur par le générateur.



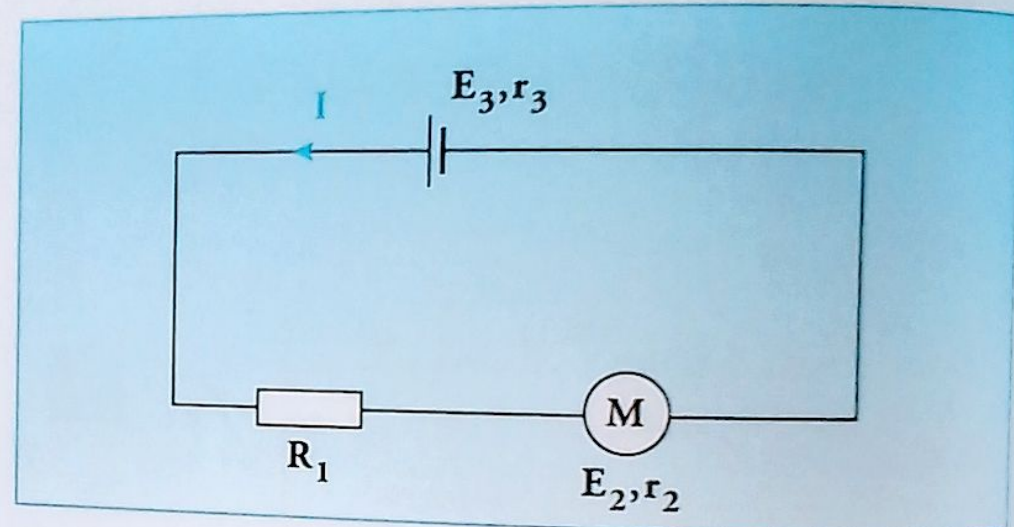
**11** Soit un circuit électrique comprenant en série les appareils suivants :

- un conducteur ohmique de résistance  $R_1 = 5\ \Omega$ ,
- un moteur de f.c.é.m.  $E_2$  et de résistance interne  $r_2$ ,
- un générateur de f.é.m.  $E_3$  et de résistance interne  $r_3$ .

**11.1** En cinq minutes de fonctionnement en régime permanent, l'énergie électrique consommée par le conducteur ohmique est  $W_1 = 6\text{ kJ}$ .

Calculer :

- l'intensité  $I$  du courant électrique,
  - la tension  $U_1$  aux bornes du résistor.
- 11.2** Le moteur consomme une puissance électrique  $P_2 = 36\text{ W}$ , son rendement est de 0,9. Calculer :
- la tension  $U_2$  appliquée aux bornes du moteur,
  - sa f.c.é.m.  $E_2$  et sa résistance interne  $r_2$ .
- 11.3** Déduire des réponses aux questions 11.1 b et 11.2 a, la tension  $U_3$  aux bornes du générateur.



PHYSIQUE

8

# LES CONDENSATEURS

**OBJECTIFS**

caractéristiques

CE02W CE02W CE02W  
4700µF

## Vérifions nos connaissances

1 Répondre par vrai ou par faux, et justifier la réponse :

1.1 Entre les armatures d'un condensateur, les électrons traversent le diélectrique.

1.2 Les deux armatures d'un condensateur chargé ont la même charge.

1.3 La charge d'un condensateur est égale à la somme des charges portées par chaque armature.

1.4 La capacité d'un condensateur dépend de la tension à ses bornes.

1.5 À tension constante, quand on rapproche les armatures d'un condensateur plan, on diminue sa charge.

1.6 À l'intérieur d'un condensateur, il règne un champ électrostatique uniforme.

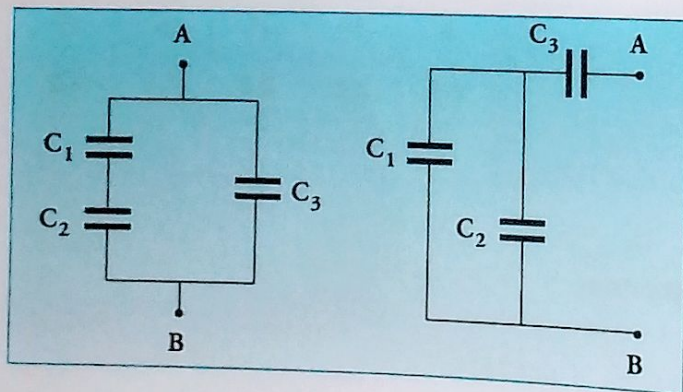
1.7 Dans un circuit associant des condensateurs en série, la capacité équivalente est égale à la somme des capacités de chaque condensateur.

1.8 On peut prendre en pleine main et sans aucun danger un condensateur chargé dans un circuit électrique.

2 Calculer la capacité d'un condensateur, sachant que sa charge vaut  $10^{-7}$  C sous une tension de 20 V.

3 Deux condensateurs de capacités respectives  $C_1 = 0,10 \mu\text{F}$  et  $C_2 = 0,60 \mu\text{F}$  sont montés en parallèle. Calculer la capacité  $C$  du condensateur équivalent.

4 Calculer la capacité  $C$  du condensateur équivalent dans chacun des schémas suivants :



On donne :  $C_1 = 2 \mu\text{F}$ ;  $C_2 = 5 \mu\text{F}$ ;  $C_3 = 10 \mu\text{F}$ .

## Appliquons nos connaissances

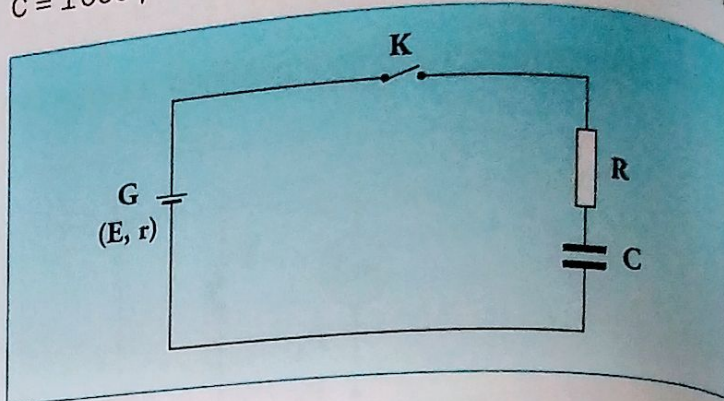
5 Les armatures d'un condensateur plan sont séparées par une lame d'air de 2 mm d'épaisseur. La surface de chaque armature est de  $20 \text{ cm}^2$ . On soumet ce condensateur à une tension de 2000 V.

5.1 Quelles sont les charges portées par les deux armatures ?

5.2 Calculer l'énergie emmagasinée par ce condensateur.

5.3 Donner les caractéristiques du champ électrique régnant entre les armatures.

6 On décide de charger un condensateur de capacité  $C = 1000 \mu\text{F}$  à l'aide d'un générateur  $G$  de f.é.m.  $E = 15 \text{ V}$ .



6.1 Calculer, immédiatement après la fermeture de l'interrupteur  $K$  du circuit :

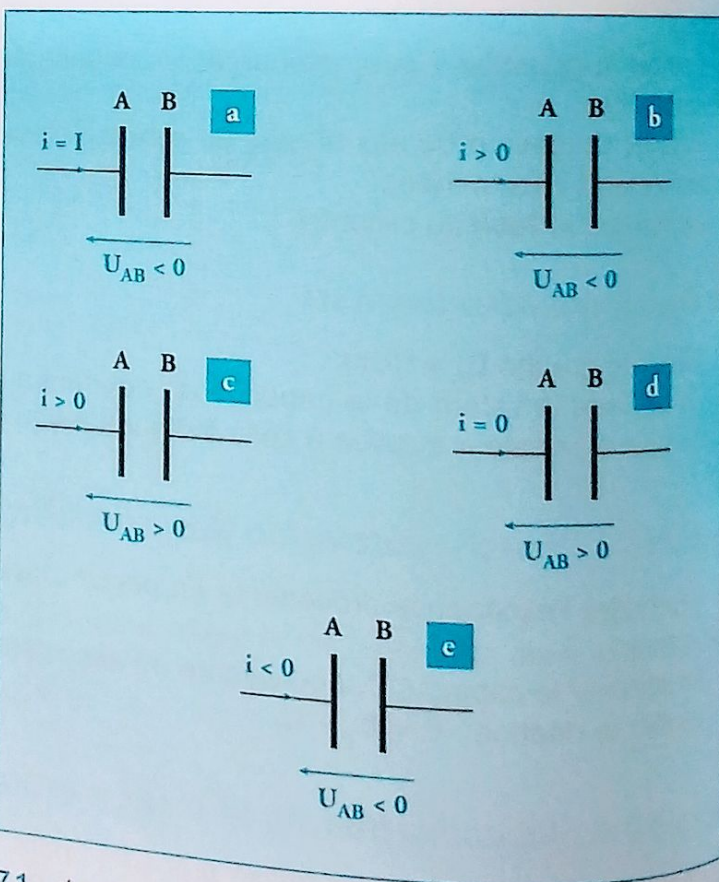
- la tension aux bornes du condensateur,
- l'intensité du courant dans le circuit,
- la tension aux bornes du conducteur ohmique de résistance  $R = 15 \text{ k}\Omega$ , et la tension aux bornes du générateur.

6.2 Déterminer, en fin de charge :

- la tension aux bornes du conducteur ohmique,
- la tension aux bornes du condensateur,
- la charge du condensateur,
- l'énergie emmagasinée dans le condensateur.

7 On dispose des schémas ci-dessous :

Préciser, dans chaque cas, si le condensateur est en train :



7.1 de se charger,

7.2 de se décharger,

7.3 où si la charge reste constante.

Sur les schémas, la lettre  $i$  indique une intensité quelconque, alors que la lettre  $I$  indique une intensité constante positive.

# L'AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL

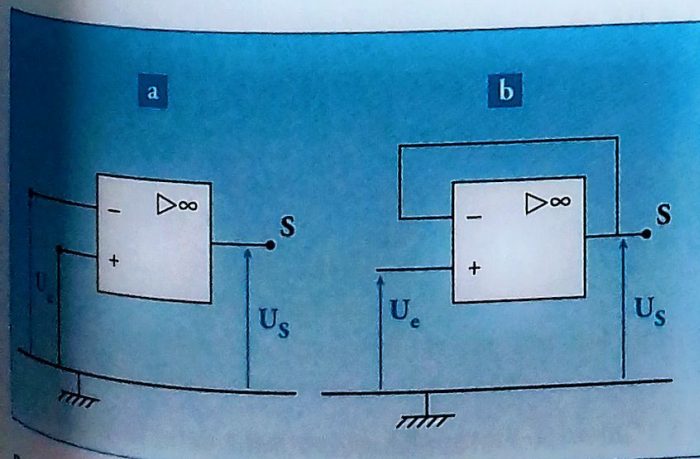


# EXERCICES

## Vérifions nos connaissances

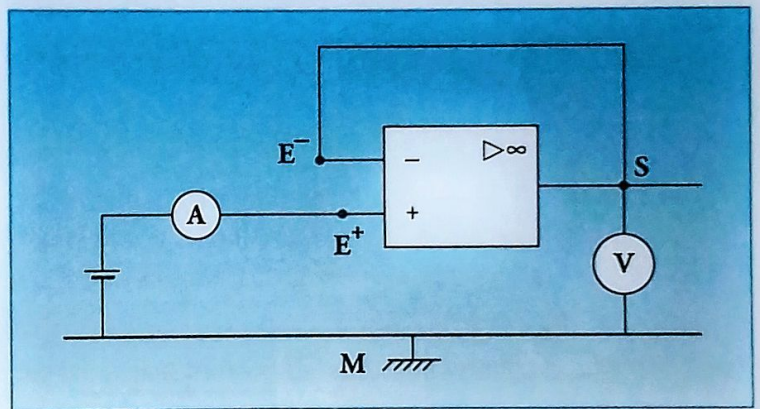
- 1 Répondre par vrai ou par faux, et justifier la réponse :
  - 1.1 Les huit bornes de l'A.O. sont identiques.
  - 1.2 L'A.O. est alimenté par deux tensions continues symétriques.
  - 1.3 La tension d'entrée de l'A.O. est toujours appliquée au même point.
  - 1.4 Avec le montage suiveur réalisé en régime linéaire  $U_s = U_e$  pour des tensions continues. Cette égalité est-elle vraie pour des tensions variables ?
  - 1.5 Le gain d'un amplificateur inverseur est :  $G = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ .
  - 1.6 Dans un A.O. fonctionnant en régime saturé  $|U_s| = V_{\text{sat}}$  : la tension de sortie est égale en valeur absolue à la tension de saturation.

- 2 On dispose de deux montages comme il est indiqué sur la figure ci-dessous :



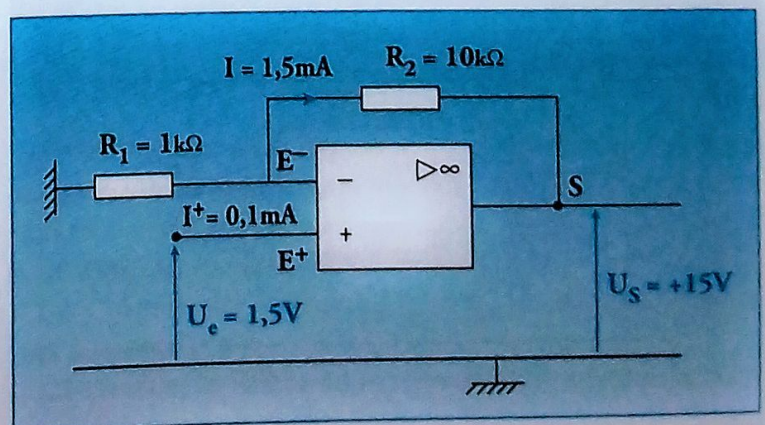
Préciser, pour chaque montage, si l'A.O. fonctionne en régime linéaire ou saturé.

- 3 Un amplificateur opérationnel supposé parfait est utilisé dans le montage de la figure ci-dessous où le générateur est une pile ( $E = 4,5 \text{ V}$ ;  $r = 1,5 \Omega$ ).

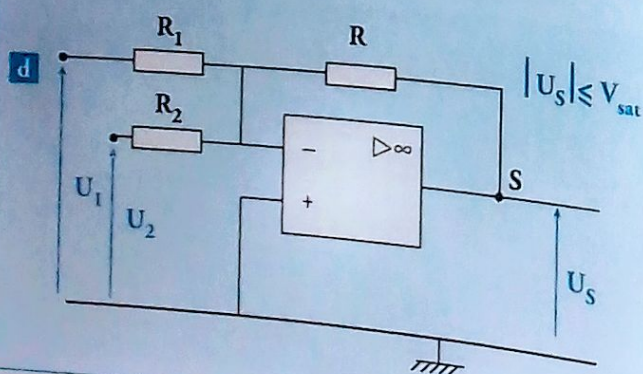
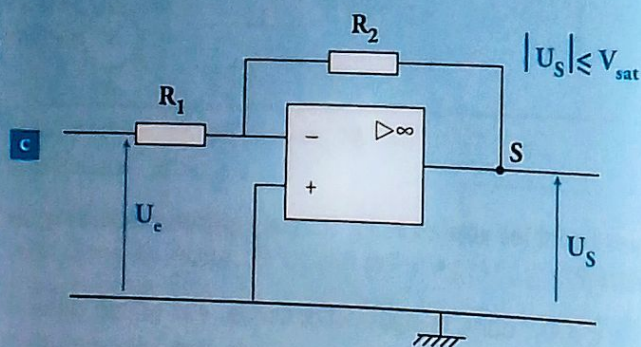
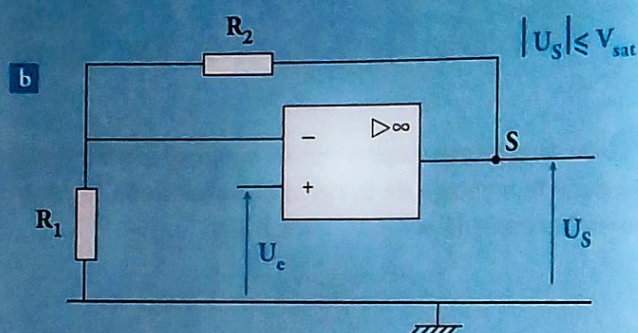
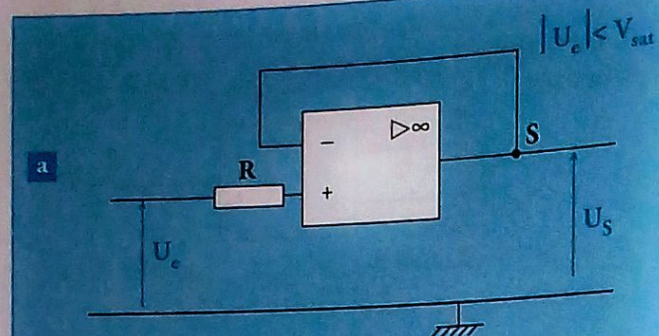


Quelle sont les valeurs indiquées par l'ampèremètre et le voltmètre ?

- 4 L'A.O., dans la figure ci-dessous, est utilisé dans un montage amplificateur non inverseur. Une pile maintient, entre  $E^+$  et la masse M, une tension  $U_e = 1,5 \text{ V}$ . Trouver les trois erreurs dans les indications de la figure.

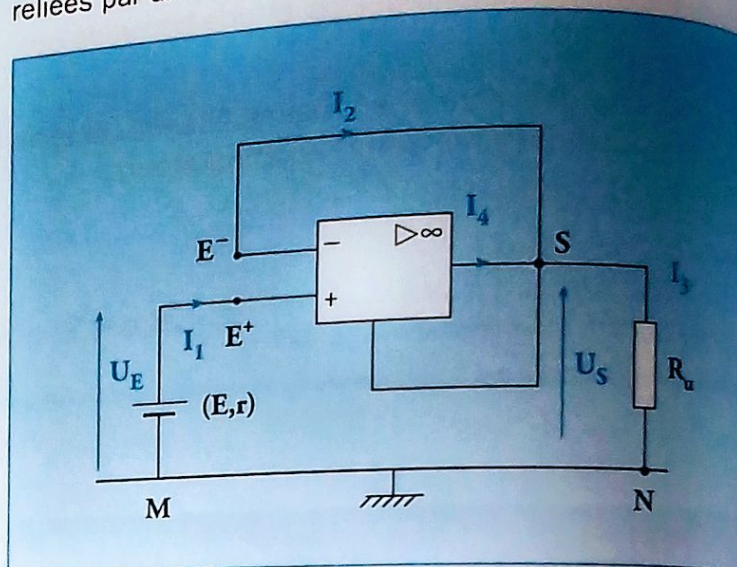


- 5 Identifier chacun des montages suivants et exprimer la relation entre la tension de sortie et la (ou les) tension(s) d'entrée.



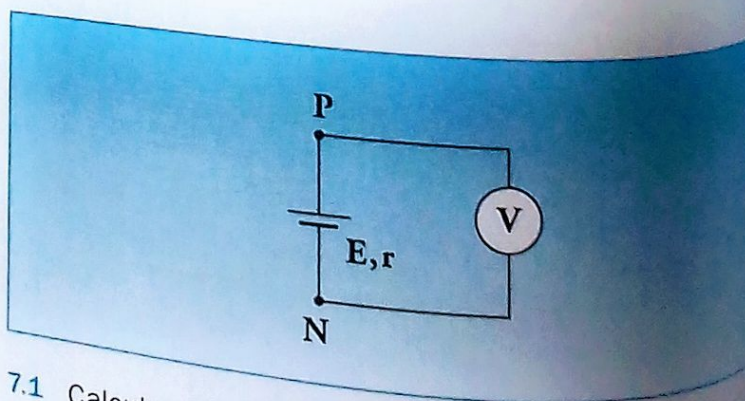
## Appliquons nos connaissances

- 6 Le montage représenté ci-après comprend un A.O. parfait, une pile de f.e.m.  $E = 4,5 \text{ V}$  et de résistance interne  $r = 10 \Omega$ , et une charge constituée par un conducteur ohmique de résistance  $R_u = 500 \Omega$ . Les bornes  $E^-$  et  $S$  sont reliées par un fil de résistance négligeable.



- 6.1 Calculer les intensités  $I_1$  et  $I_2$ . En déduire la valeur numérique de la tension  $U_E$ .  
 6.2 Quelle est la valeur de la tension de sortie  $U_s$ ? Justifier le nom de ce montage.  
 6.3 Calculer l'intensité  $I_3$  et donner le sens du courant dans la résistance  $R_u$ .  
 6.4 Quels sont le sens et l'intensité  $I_4 = I_s$  du courant débité par l'A.O. ?  
 6.5 Comment expliquez-vous qu'il sorte un courant  $I_s$  de l'A.O. alors qu'il n'entre aucun courant par les entrées  $E^+$  et  $E^-$  ?

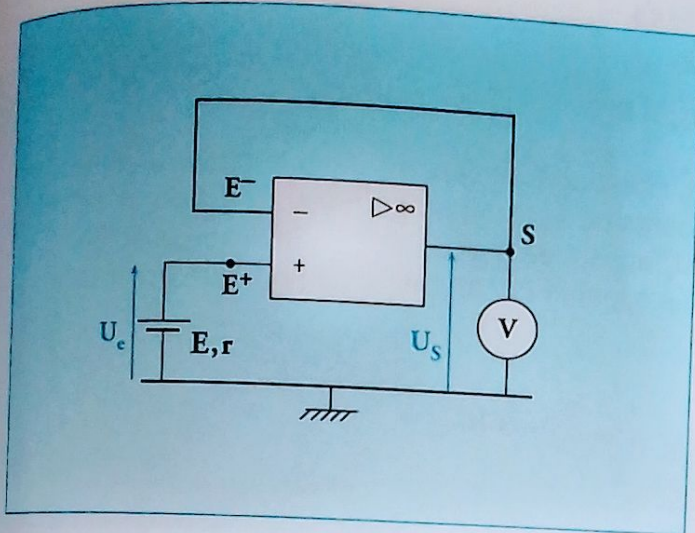
- 7 On désire transformer un voltmètre ordinaire en voltmètre électronique. Pour mesurer la f.é.m.  $E$  d'une pile Daniell dont la résistance interne  $r = 5 \Omega$ , on branche directement le voltmètre à ses bornes. On lit  $U_{PN} = 730 \text{ mV}$  sur le voltmètre dont la résistance est  $R = 10^4 \Omega$ .



- 7.1 Calculer l'intensité du courant dans le circuit et en déduire la valeur de la f.é.m.  $E$  de la pile.  
 7.2 Comparer la tension lue sur le voltmètre et la f.é.m.  $E$  de la pile.

7.3 Pourrait-on affirmer que la tension sur le voltmètre soit égale à la f.é.m. de la pile si sa résistance interne était égale à  $1 \Omega$ .

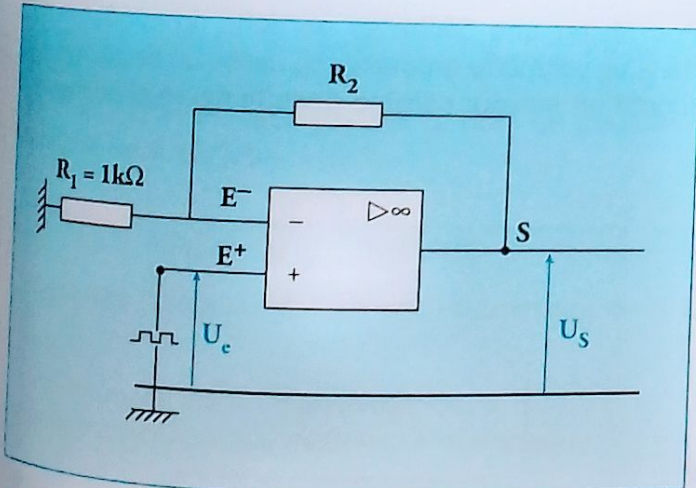
On utilise maintenant un montage suiveur pour mesurer la f.é.m. de la pile (l'ensemble A.O. suiveur parfait + voltmètre constitue un voltmètre électronique). Sur le voltmètre, on lit la tension de sortie  $U_s = 1,1 \text{ V}$ .



7.4 Quelle est la valeur de la tension d'entrée  $U_e$ ? En déduire la f.é.m.  $E$  de la pile.

7.5 Comparer les deux mesures de la f.é.m. de la pile. Conclure.

8 On désire amplifier la tension d'entrée variable d'un magnétoscope à cassettes. Le magnétoscope fournit une tension  $U_e$  variable de 0 à 100 mV.



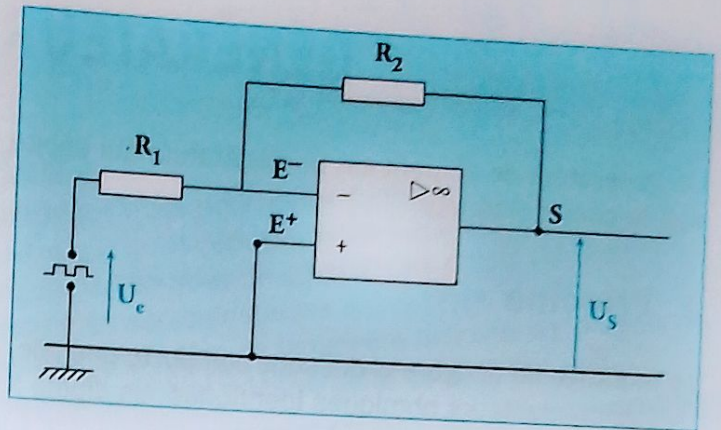
8.1 Quel type de montage faut-il utiliser pour obtenir une tension qui varie de 0 à 10 V?

8.2 On réalise le montage suivant :

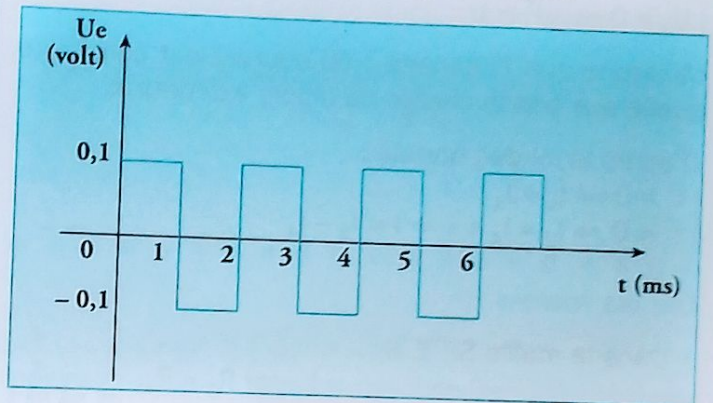
a) Donner le nom de montage et calculer  $R_2$ .  
b) En déduire l'intensité maximale du courant qui circule dans les conducteurs ohmiques.

9 Dans un montage A.O. inverseur, on donne  $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 200 \text{ k}\Omega$ . La tension de saturation de l'A.O. est de 12 V. Entre quelles limites peut se situer la tension d'entrée  $U_e$  pour que le circuit ne soit pas saturé?

10 Dans le montage ci-dessous, on donne  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ .



La tension de saturation de l'A.O. parfait est de 12 V. La représentation graphique de la tension d'entrée  $U_e$  en fonction du temps est donnée sur la figure ci-après.

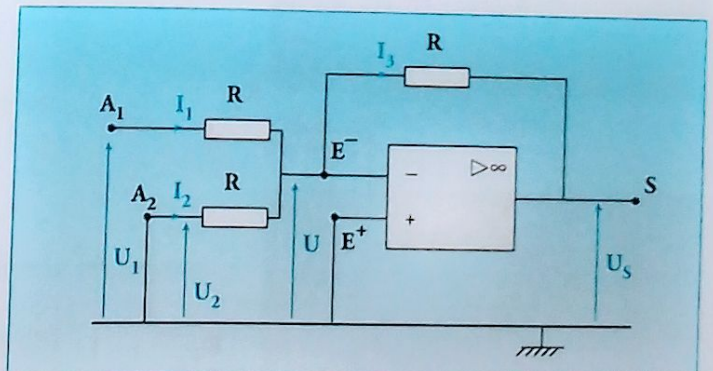


10.1 Calculer l'amplification en tension.

10.2 Entre quelles limites varie la tension de sortie  $U_s$ ?

10.3 Représenter  $U_s$  en fonction du temps.

11 On considère le montage suivant dans lequel l'A.O. parfait a une tension de saturation de 12 V.



Les résistances sont égales à  $R = 500 \Omega$ . Deux générateurs de tensions continues respectives  $U_1 = 6 \text{ V}$  et  $U_2 = 2 \text{ V}$  sont appliqués à l'entrée inverseuse.

11.1 Calculer la valeur numérique de  $U$ .

11.2 Calculer les intensités  $I_1$  et  $I_2$ . En déduire le sens des courants  $I_1$  et  $I_2$ .

11.3 Calculer la valeur de la tension  $U_s$  et justifier le nom de ce montage.

# INTRODUCTION À L'OPTIQUE

PHYSIQUE

10

## Vérifions nos connaissances

- 1 Qu'est-ce qu'une source de lumière ? Qu'est-ce qu'un récepteur de lumière ?
- 2 Quelle différence y a-t-il entre une source primaire de lumière et un objet diffusant ?
- 3 Définir les corps suivants : corps opaques, corps translucides, corps transparents.
- 4 Comment expliquer le ciel bleu observé sur la Terre ?
- 5 Quelle expérience et quelles observations de la vie courante mettent en évidence la propagation rectiligne de la lumière ?
- 6 Comment expliquer la propagation non rectiligne de la lumière dans certains milieux ?
- 7 Définir la notion de rayon, de faisceau, de pinceau.
- 8 Qu'est-ce que l'année-lumière ?
- 9 Quelles sont les caractéristiques principales d'une onde ?
- 10 Qu'appelle-t-on spectre de la lumière blanche ?
- 11 Qu'est-ce que la dispersion de la lumière par le prisme ?

## Appliquons nos connaissances

- 12 La lumière du Soleil met environ 8 minutes pour atteindre la Terre. Quelle est la distance Soleil-Terre exprimée en kilomètre, puis en année-lumière ?
- 13 Au cours d'un orage, la foudre tombe à 8 km d'un observateur.
  - 13.1 Au bout de combien de temps voit-il la lumière de l'éclair ?
  - 13.2 Au bout de combien de temps entend-il le tonnerre ? On admettra que la célérité du son est de  $345 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- 14 Un mât vertical a une hauteur  $h = 6 \text{ m}$  ; il est planté dans un terrain plat et horizontal. À un moment de la journée, l'ombre du poteau sur le sol a une longueur de  $2,4 \text{ m}$ .
  - 14.1 Quelle est l'inclinaison des rayons solaires (supposés parallèles entre eux) avec l'horizontale ?
  - 14.2 Au même instant, un manguiier a une ombre sur le sol de longueur  $3,6 \text{ m}$ . Quelle est la hauteur de l'arbre ?
- 15 La vitesse de la lumière dans le cristal de diamant est de  $1,23 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .  
En déduire l'indice de réfraction du diamant.

- 16 Si la lumière se propage dans un milieu homogène transparent donné, on définit l'indice  $n$  de réfraction de ce milieu par l'expression :

$$n = \frac{C}{C_i}$$

( $C$  étant la célérité de la lumière dans le vide et  $C_i$  la célérité de la lumière dans milieu  $i$ ).

Compléter le tableau ci-dessous :

| Milieu                                                               | Eau               | Alcool           | Diamant | Verre | Sulfate de carbone |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|---------|-------|--------------------|
| Indice                                                               |                   |                  | 2,43    | 1,7   | 1,63               |
| Célérité $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ de la lumière dans le milieu | $2,25 \cdot 10^8$ | $2,2 \cdot 10^8$ |         |       |                    |

- 17 Orion, nébuleuse de la galaxie la plus proche du Soleil est située à  $1,6 \cdot 10^{16} \text{ km}$  de notre système solaire.
  - 17.1 Que vaut cette distance en année-lumière ?
  - 17.2 Combien de temps met la lumière émise par la nébuleuse d'Orion pour atteindre notre système solaire ?
- 18 Une lumière bleue monochromatique a pour longueur d'onde  $460 \text{ nm}$  dans le vide.
  - 18.1 Calculer sa fréquence.
  - 18.2 Cette lumière se propage dans de l'alcool d'indice 1,36.
    - a) Quelle est la longueur d'onde dans l'alcool ?
    - b) La couleur change-t-elle dans l'alcool ?
- 19 Une radiation émise par une lampe à vapeur de sodium a une longueur d'onde dans le vide  $\lambda = 589 \text{ nm}$ .
  - 19.1 Cette radiation est-elle visible ? Si oui, quelle est sa couleur ?
  - 19.2 Calculer sa fréquence.
  - 19.3 Quelle est la période de la vibration correspondante ?
- 20 Dans un milieu transparent, la longueur d'onde de la radiation jaune de sodium vaut  $\lambda = 587,5 \text{ nm}$ .
  - 20.1 Quel est l'indice de réfraction du milieu, sachant que dans le vide  $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$  ?
  - 20.2 Quelle serait la longueur d'onde de cette même radiation dans le diamant d'indice  $n = 2,42$  ? Quelle en serait alors la couleur ?
- 21 Étude d'une éclipse de Soleil.
  - 21.1 Donner deux conditions pour qu'une éclipse de Soleil ait lieu. Faire un schéma.
  - 21.2 Préciser ce que sont : une éclipse totale, une éclipse annulaire, une éclipse partielle.
  - 21.3 Une éclipse totale peut durer : 1 heure, 4 minutes ou 10 secondes ?
  - 21.4 Quel est l'intérêt pour des scientifiques d'observer une éclipse, à part le plaisir de voir le Soleil « sortir une fois de plus vainqueur de son combat avec la Lune » ?



# RÉFLEXION ET RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE

OBJECTIFS

réflexion et diffusion.  
la réfraction.

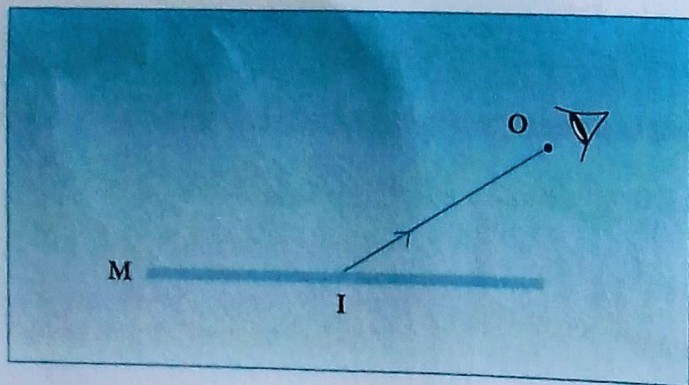


## Vérifions nos connaissances

- 1 Qu'appelle-t-on réflexion d'un rayon lumineux?
- 2 Qu'est-ce qu'une réfraction?
- 3 Énoncer les lois de Descartes concernant la réflexion et la réfraction.
- 4 Quelle est la nature de l'image d'un objet réel donné par un miroir plan?
- 5 À quelle condition l'angle limite de réfraction existe-t-il?
- 6 À quelle condition y a-t-il réflexion totale?
- 7 La lumière passe du verre à l'air. Calculer la valeur en degrés de l'angle de réfraction limite.
- 8 Citer quelques applications de la réflexion totale.

## Appliquons nos connaissances

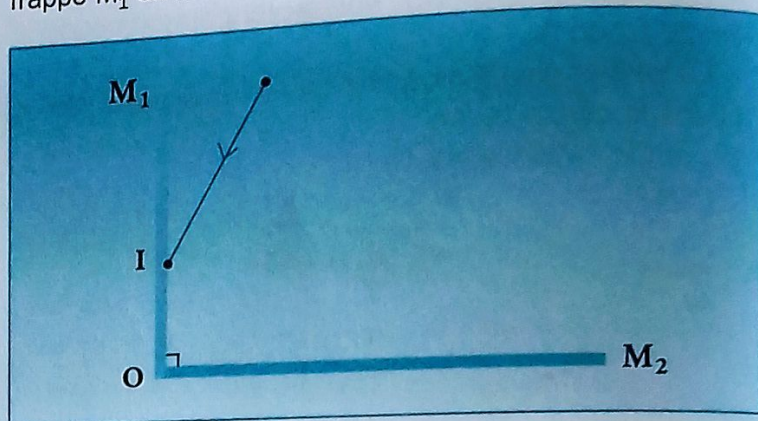
- 9 Une personne d'une taille de 1,60 m, dont les yeux se trouvent à 1,50 m du sol, se tient debout devant un miroir plan vertical.
- 9.1 Quelle est la hauteur minimale du miroir permettant à cette personne de se voir en entier?
- 9.2 Quelle est la hauteur du miroir par rapport au sol?
- 9.3 Le résultat dépend-il de la distance entre la personne et le miroir?
- 10 Un œil O reçoit le rayon lumineux IO qui s'est réfléchi sur le miroir plan M.



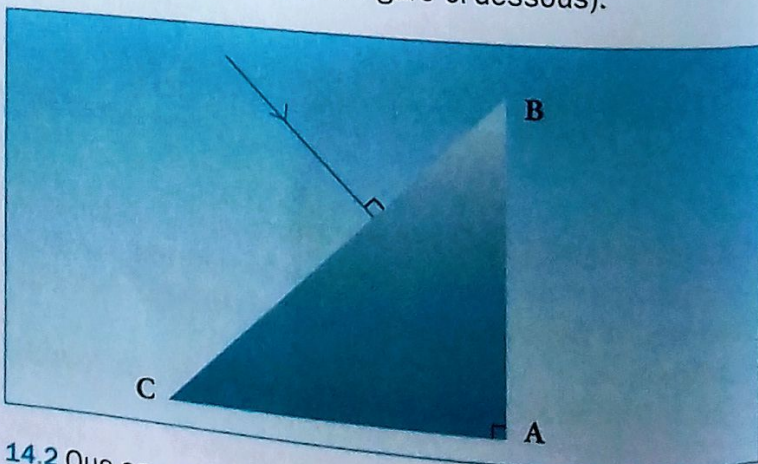
- 10.1 Tracer le rayon incident SI correspondant (expliquer la construction géométrique).
- 10.2 Où doit-on placer une source lumineuse ponctuelle S pour être sûr que la lumière émise puisse, après réflexion sur le miroir M, atteindre l'œil?
- 11 Un rayon lumineux tombe en I sur la surface plane de séparation d'une vitre en verre d'indice  $n = 1,5$ , d'épaisseur  $e = 5$  cm. L'angle d'incidence  $i$  est égal à  $45^\circ$ .
- 11.1 Tracer la marche de ce rayon à travers la vitre (on néglige toute réflexion interne).

- 11.2 Le rayon émerge du verre en I'. Déterminer l'angle que fait sa direction avec la normale en I'.
- 11.3 Déterminer la longueur du déplacement latéral que subit le rayon lumineux (cela revient à calculer la longueur du segment IK, K étant le pied de la perpendiculaire abaissée de I sur le prolongement du rayon émergent).

- 12 On accole deux miroirs plans  $M_1$  et  $M_2$  de sorte que leurs surfaces réfléchissantes fassent un angle de  $90^\circ$  (voir figure ci-dessous). Un rayon lumineux issu d'une source S frappe  $M_1$  en I.



- 12.1 Tracer le rayon réfléchi sur  $M_1$  puis sur  $M_2$ .
- 12.2 Montrer que le rayon incident et le second rayon réfléchi sont parallèles et de sens contraire quelle que soit la valeur de l'angle d'incidence de SI sur  $M_1$ .
- 13 Un rayon lumineux passe de l'air dans l'eau avec un angle d'incidence  $i = 60^\circ$ , l'angle de réfraction  $t$  est de  $40^\circ$ .
- 13.1 Déterminer l'indice de réfraction de l'eau.
- 13.2 On immerge une source lumineuse de sorte que la lumière se propage d'abord dans l'eau et arrive sur la surface de séparation eau-air sous un angle d'incidence  $i' = 60^\circ$ . Obtiendra-t-on un rayon réfracté dans l'air? Pourquoi?
- 14 Soit un prisme de verre de section principale ABC ( $\hat{A} = 90^\circ$ ;  $\hat{B} = \hat{C} = 45^\circ$ ) dont l'indice de réfraction est  $n = 1,5$ .
- 14.1 Montrer qu'un rayon lumineux frappant normalement la face BC du prisme en ressort parallèlement à lui-même, mais en sens contraire (voir figure ci-dessous).



- 14.2 Que se passe-t-il lorsque le rayon lumineux entre dans le prisme par la face AC, perpendiculairement à cette dernière?

# EXERCICES

15 Un pinceau de lumière blanche frappe, sous une incidence de  $80^\circ$ , la surface plane de séparation entre l'air et un verre. Dans le verre, les indices de réfraction sont :

- $n_r = 1,618$  (radiation rouge),
- $n_j = 1,629$  (radiation jaune),
- $n_v = 1,652$  (radiation violette).

15.1 Mettre en évidence le phénomène de réfraction à l'aide d'un schéma.

15.2 Donner les valeurs respectives des angles de réfraction.

15.3 Calculer l'indice du verre pour la radiation orange sachant que le pinceau réfracté correspondant forme avec la surface de séparation un angle de  $40^\circ 33'$ .

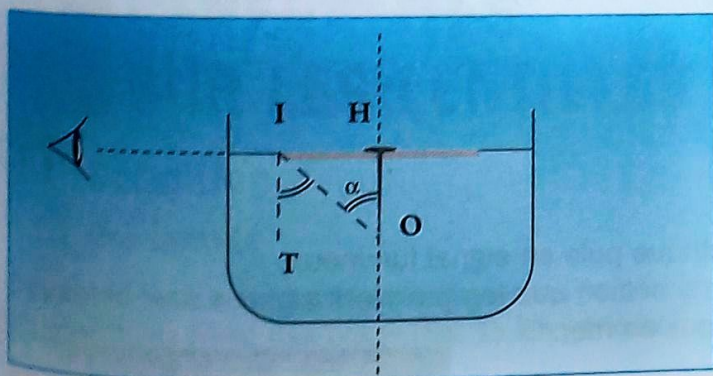
15.4 Calculer l'écart angulaire entre le pinceau rouge et le pinceau violet.

16 Un rayon incident SI frappant une surface plane donne un rayon réfléchi IR et un rayon réfracté IT.

Calculer l'angle d'incidence  $i$  de sorte que le rayon réfléchi IR et le rayon réfracté IT soient perpendiculaires. On désignera par  $n_2$  l'indice du second milieu.

Application :  $n_1 = 1$  (air) ;  $n_2 = 1,52$  (verre).

17 On fait flotter sur le liquide contenu dans un verre une rondelle de liège circulaire de 3,6 cm de rayon = IH. On plante une épingle de longueur  $h = 5$  cm au centre de la rondelle et on l'immerge dans le liquide. Un observateur qui regarde au ras de la surface liquide voit la pointe de l'épingle.



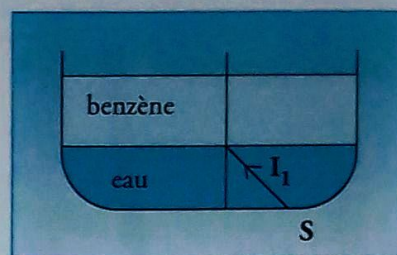
17.1 Comment expliquer cette observation ?

17.2 Montrer que l'indice  $n$  de réfraction du liquide peut se calculer à l'aide de l'expression  $\sin \alpha = \frac{1}{n} = \frac{HI}{OI}$ .

17.3 De quel liquide s'agit-il ?

| Liquide              | Eau  | Alcool | Benzine |
|----------------------|------|--------|---------|
| Indice de réfraction | 1,33 | 1,36   | 1,50    |

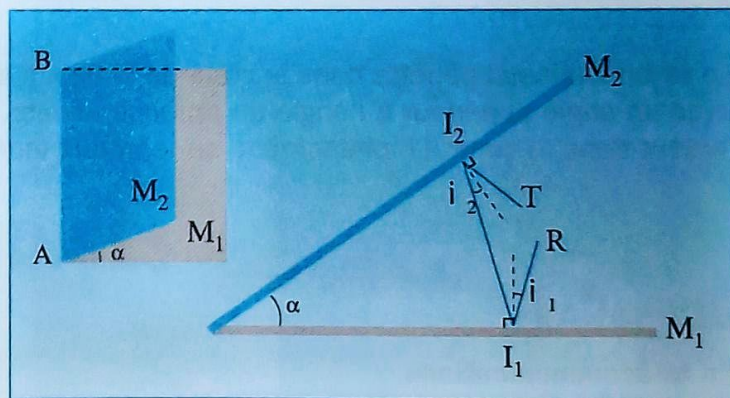
18 Une cuve transparente contient une couche d'eau d'indice  $n = 1,33$  et une couche de benzène d'indice  $n = 1,66$ , toutes superposées. Un rayon lumineux, issu d'un point S du fond de la cuve, se propage dans l'eau puis dans le benzène et enfin dans l'air. En fixant à  $45^\circ$  la valeur de l'angle  $i_1$  (angle d'incidence sur la surface de séparation eau-benzène).



18.1 Calculer les valeurs des angles d'incidence et de réfraction pour les dioptries eau-benzène et benzène-air.

18.2 On supprime la couche de benzène. Quelles sont alors les valeurs respectives des angles d'incidence et de réfraction à travers le dioptrie eau-air ?

19 On place deux miroirs identiques  $M_1$  et  $M_2$  de façon à obtenir un angle  $\alpha$  entre eux (voir figures). Un rayon  $RI_1$  arrive sur le miroir  $M_1$  sous une incidence  $i_1$ . Puis ce rayon arrive sur le miroir  $M_2$ , en  $I_2$ , sous une incidence  $i_2$ . Le rayon émergent est  $I_2T$ .



19.1 Tracer, sur un schéma soigné, la marche des rayons  $RI_1$ ,  $I_1I_2$  et  $I_2T$ .

19.2 Déterminer  $i_2$  en fonction de  $i_1$  et de  $\alpha$ .

19.3 On appelle déviation  $D$  l'écart angulaire entre les rayons  $RI_1$  et  $I_2T$ .

a) Déterminer  $D$  en fonction de  $\alpha$ .

b) Pour quelle valeur de  $\alpha$  la déviation  $D$  est-elle égale à un angle droit ?

**LES LENTILLES MINCES**

**12**

# EXERCICES

## Vérifions nos connaissances

- 1 Qu'appelle-t-on une lentille sphérique ?
- 2 À quelle condition une lentille sphérique peut-elle être considérée comme mince ?
- 3 Quelles sont les caractéristiques d'une lentille mince ?
- 4 Comment utiliser une lentille mince pour former une image nette ?
- 5 Comment construit-on l'image d'un objet à travers une lentille mince ?
- 6 Qu'appelle-t-on relation de conjugaison d'une lentille convergente ? Donner son expression.
- 7 Qu'appelle-t-on grandissement d'une lentille mince ? Donner son expression.
- 8 Quelle est l'expression de la vergence de deux lentilles minces accolées ?

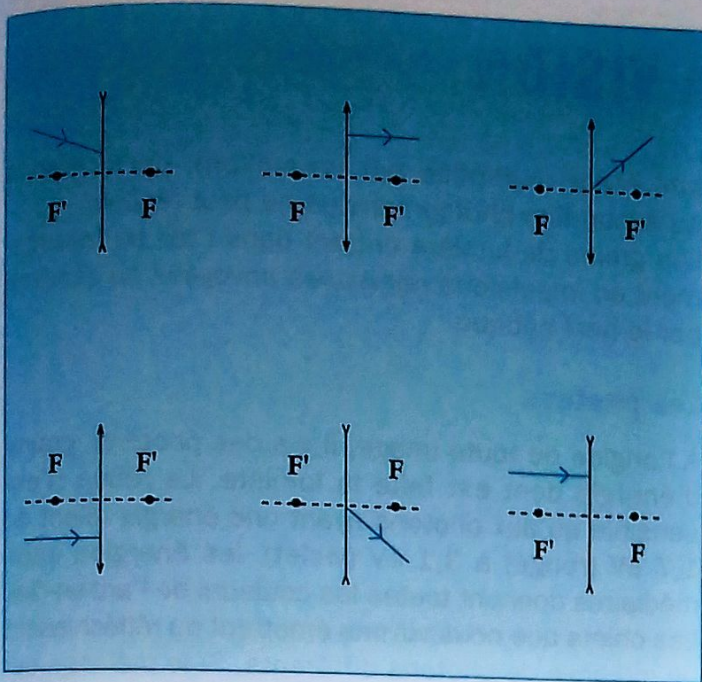
## Appliquons nos connaissances

- 9 Préciser la nature de ces lentilles minces.  
(C = convergente ; D = divergente)

| Lentilles          |  |  |  |  |  |  |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Nature<br>(C ou D) |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |

- 10 À 8 cm d'une lentille convergente de distance focale  $f = 5$  cm, on place un objet AB de 2 cm de long, perpendiculairement à l'axe.
  - 10.1 Calculer la vergence de la lentille.
  - 10.2 Sur une figure, construire l'image A'B' de AB en utilisant un rayon passant par chaque foyer.
  - 10.3 Déterminer la grandeur de l'image.
  - 10.4 Vérifier les résultats de la construction par le calcul.

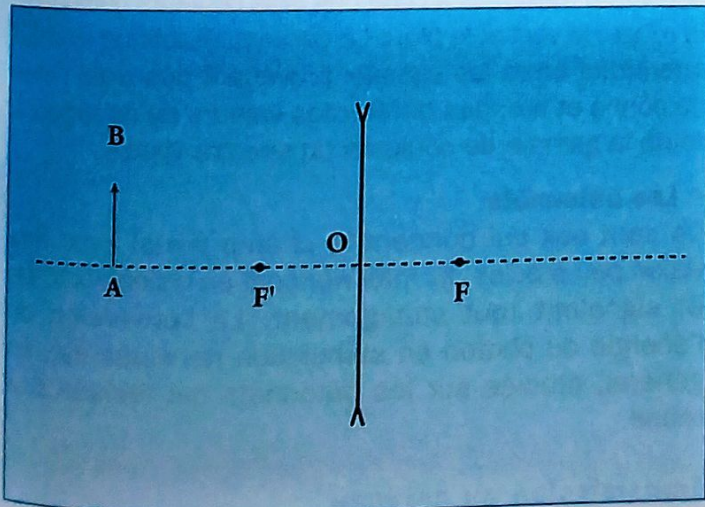
- 11 Compléter le tracé des rayons dans les figures suivantes :



- 12 La distance focale d'une lentille convergente L est de 6 cm, un petit objet plan AB est représenté par une flèche lumineuse AB de 4 cm de haut, posé sur l'axe principal, à 9 cm du centre optique O de la lentille.

- 12.1 Schématiser le dispositif expérimental.  
12.2 Quelle est la vergence C de la lentille ?  
12.3 Effectuer la construction graphique à l'échelle 1/2 de l'image A'B' de l'objet AB à travers la lentille.  
12.4 À quelle distance doit-on placer un écran B pour recueillir l'image ? Quel est le grandissement de la lentille ?

- 13 Une lentille divergente a une vergence  $C = 14,28 \delta$ . Un petit objet AB est constitué par une flèche lumineuse AB de 5 cm de haut, placée sur l'axe principal, à 15 cm du centre optique O de la lentille (voir schéma).



- 13.1 Schématiser cette lentille en utilisant une échelle 1/2.  
13.2 Quelle est sa distance focale ?  
13.3 Tracer le trajet de deux rayons lumineux issus de la pointe B de la flèche.

- 13.4 Où doit-on placer l'œil pour observer l'image A'B' de la flèche ?

- 14 On dispose de quatre lentilles  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  et  $L_x$  ayant respectivement pour distances focales  $f_1 = 10$  cm,  $f_2 = 40$  cm,  $f_3 = 20$  cm et  $f_x = x$  cm.

La lentille  $L_x$  a pour vergence  $C_x = -4 \delta$ .

- 14.1 Calculer la distance focale  $f_x$ .

- 14.2 Calculer les vergences des lentilles  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ .

On accole la lentille  $L_1$  à la lentille  $L_x$ .

- 14.3 Calculer la vergence C et la distance focale f de la lentille équivalente L ainsi obtenue.

- 14.4 Déterminer par construction graphique, à l'échelle 1/4, la taille et la nature de l'image A'B' d'un objet AB de 4 cm de haut, placé à 30 cm de la lentille L (en avant de la lentille).

- 15 Un système optique est constitué de deux lentilles convergentes  $L_1$  et  $L_2$  de même axe optique. Leurs distances focales sont respectivement de 2 cm et de 5 cm.

La distance  $O_1O_2$  entre les centres optiques est égale à 9 cm.

Un objet lumineux AB de 1 cm de haut est placé 3 cm devant  $L_1$ , perpendiculairement à l'axe, le point A étant situé sur cet axe.

- 15.1 Faire un schéma du dispositif en construisant l'image  $A_1B_1$  donnée par la lentille  $L_1$ .

- 15.2 Déterminer graphiquement  $\overline{O_1A_1}$   $\overline{A_1B_1}$  puis retrouver ces résultats par le calcul.

L'image  $A_1B_1$  est un objet réel par la lentille  $L_2$ .

- 15.3 Construire son image  $A_2B_2$  donnée par cette lentille.

- 15.4 L'image obtenue est-elle réelle ou virtuelle ? droite ou inversée ? plus petite ou plus grande ?

- 15.5 À l'aide de la formule de conjugaison calculer  $\overline{O_2A_2}$  et  $\overline{A_2B_2}$ .

- 16 Un œil, assimilé à une lentille convergente, ne peut voir nettement les objets situés à plus de 75 cm ; le cristallin est trop convergent, l'image se forme en avant de la rétine.

Quelle est la vergence de la lentille à utiliser pour observer nettement un objet situé à 1,2 m (on considère que la lentille est accolée au cristallin).

- 17 L'accommodation est le mécanisme par lequel l'œil effectue automatiquement la mise au point du système optique de sorte que l'image de l'objet observé se forme sur la rétine. Quand les muscles du cristallin vieillissent, ils perdent leur souplesse et l'œil voit de moins en moins bien. C'est la presbytie ; elle survient en général au-delà de quarante ans.

Quelles sont les vergences des lentilles à doubles foyers utilisées pour corriger un œil qui n'accomode plus du tout, qui ne voit que les objets situés à 1 m ?

- 17.1 pour observer les objets éloignés,

- 17.2 pour lire le journal à 30 cm.