

## A. Optique géométrique

### Sources lumineuses et propagation de la lumière

#### O1 Les unités en astronomie

L'année-lumière (a.l.) est une unité astronomique utilisée essentiellement dans les manuels de vulgarisation. Les astronomes, pour exprimer les distances à l'échelle du système solaire, utilisent plutôt l'unité astronomique (u.a.). Elle correspond à la distance moyenne Terre Soleil :  $1 \text{ u.a.} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$ .

- Exprimer l'unité astronomique en années -lumière. *(1 u.a. = 1,59 \cdot 10^5 a.l.)*
- Déterminer, en km, u.a. et a.l., les distances suivantes :
  - distance Terre-Lune :  $3,84 \cdot 10^5 \text{ km}$  ;
  - distance Terre-nébuleuse de la Lyre : 2300 a.l.;
  - distance Pluton-Soleil :  $5,9 \cdot 10^9 \text{ km}$ . *( $d_{TL} = 3,84 \cdot 10^5 \text{ km} = 2,56 \cdot 10^{-3} \text{ ua} = 4,1 \cdot 10^{-8} \text{ al}$  ;  
 $d_{Tn} = 2\,300 \text{ al} = 2,18 \cdot 10^{16} \text{ km} = 1,45 \cdot 10^8 \text{ ua}$  ;  $d_{PS} = 5,9 \cdot 10^9 \text{ km} = 39,3 \text{ ua} = 6,24 \cdot 10^{-4} \text{ al}$ )*

#### O2 Réflecteurs

Des réflecteurs à rayon laser ont été déposés à la surface de la Lune lors des différentes missions lunaires Apollo. Depuis la Terre, on vise un réflecteur à l'aide d'un faisceau laser et on mesure la durée  $\Delta t$  séparant l'émission de la réception. Lors d'une expérience, on a trouvé:  $\Delta t = 2,51 \text{ s}$ .

- Déterminer la distance entre les surfaces des deux astres. *( $d = 3,77 \cdot 10^8 \text{ m}$ )*
- En déduire la distance entre leurs centres. *( $d' = 3,85 \cdot 10^8 \text{ m}$ )*

*Données* : rayon de la Lune  $R_L = 1,74 \cdot 10^3 \text{ km}$ .

#### O3 La chambre noire

La chambre noire est l'ancêtre de l'appareil photographique ; elle est constituée d'une boîte en forme de pavé peinte en noir ; une de ses faces est percée d'un petit trou O; la face opposée est remplacée par un écran translucide destiné à recevoir la pellicule. La distance séparant les deux faces est  $e = 30 \text{ cm}$ . Face à O, à une distance  $d = 15 \text{ cm}$ , on place un objet plan AB de hauteur  $h = 2,0 \text{ cm}$ , fortement éclairé.

- Qu'observe-t-on sur l'écran de la chambre noire ? Établir la relation entre la hauteur de la tache lumineuse observée et la hauteur de l'objet. Calculer la valeur numérique de la hauteur de la tache lumineuse observée. *(image renversée de hauteur  $h' = 4 \text{ cm}$ )*
- On soulève l'objet AB verticalement de  $2,0 \text{ cm}$  vers le haut. Dans quel sens et de combien se déplace la tache lumineuse sur l'écran ? *(image décalée vers le bas d'une distance  $4 \text{ cm}$ )*

**Réflexion et réfraction de la lumière****O4 Deux miroirs accolés à 90°**

On accole deux miroirs plans  $M_1$  et  $M_2$  de sorte que leurs surfaces réfléchissantes fassent un angle de  $90^\circ$ . Un rayon lumineux, issu d'une source  $S$ , frappe  $M_1$  en  $I$ .

- Tracer le rayon réfléchi sur  $M_1$  puis sur  $M_2$ .
- 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  $M_1$ .

**O5 Miroir à accrocher au mur**

Face à un miroir plan vertical se trouve un observateur de hauteur  $1,80$  m et dont les yeux se situent à  $1,70$  m du sol. Quelle longueur minimale doit avoir le miroir et à quelle distance minimale du sol doit se trouver son bord inférieur pour que l'observateur s'y voie en entier ?

$$(l_{\text{miroir}} = 0,90 \text{ m} ; h = 0,85 \text{ m})$$

**O6 Dioptré air - eau**

Un rayon lumineux passe de l'air dans l'eau avec un angle d'incidence  $\alpha_1 = 60^\circ$  ; l'angle de réfraction  $\alpha_3$  est de  $40^\circ$ .

- Déterminer l'indice de l'eau.  $(n_{\text{eau}} = 1,35)$
- On immerge une source lumineuse de façon que la lumière se propage d'abord dans l'eau et arrive sur la surface de séparation avec un angle d'incidence  $\alpha_1 = 60^\circ$ . Obtiendra-t-on un rayon réfracté dans l'air ? Pourquoi ?  
*(réflexion totale  $\rightarrow$  angle d'incidence limite vaut  $47,9^\circ$ )*

**O7 Dioptré air - verre**

Quelle déviation subit un rayon lumineux lorsqu'il traverse une surface plane séparant l'air et un verre d'indice  $n = 1,52$  ?

- Le rayon passe de l'air au verre, l'angle d'incidence valant  $\alpha_1 = 50^\circ$ .  $(\alpha_2 = 19,7^\circ)$
- Le rayon passe du verre à l'air, l'angle d'incidence valant  $\alpha_1 = 30^\circ$ .  $(\alpha_2 = 19,5^\circ)$

**O8 lame à faces parallèles**

Le rayon d'un faisceau de lumière monochromatique issu d'un laser est dirigé sur une lame de verre à faces parallèles. Pour cette lumière, l'indice du verre est  $1,47$ .

- Calculer l'angle de réfraction  $r_1$  lorsque la lumière pénètre dans le verre avec un angle d'incidence  $i_1 = 40^\circ$ .  $(r_1 = 25,9^\circ)$
- Avec quel angle d'incidence  $i_2$  la lumière atteint-elle la surface de sortie séparant le verre et l'air ?  $(i_2 = 25,9^\circ)$
- Calculer l'angle de réfraction lorsque la lumière sort du verre.  $(r_2 = 40,0^\circ)$
- Comparer les directions des rayons incident et émergent.  $(\text{rayons //})$
- Aurait-on pu trouver le résultat sans faire un calcul ?

## Les lentilles minces

### O9 Lentille mince convergente

Un objet lumineux AB de 6 cm de hauteur est placé, perpendiculairement à l'axe principal d'une lentille mince convergente de distance focale 5 cm, à 20 cm devant celle-ci. Le point A est sur l'axe principal.

- Déterminer, en utilisant les formules des lentilles, la position, la nature (réelle ou virtuelle), le sens et la hauteur de l'image  $A_0B_0$ . ( $q = 6,7\text{cm}$ , réelle, inversée,  $i = 2\text{cm}$ )
- Effectuer ensuite une construction géométrique et vérifier les résultats obtenus par le calcul. Tracer la marche d'un pinceau lumineux issu de B, point de l'objet non situé sur l'axe principal.

### O10 Lentille mince convergente

Un objet lumineux AB, de longueur 5 cm, est placé perpendiculairement à l'axe principal d'une lentille mince convergente de distance focale 25 cm ; le point A est sur l'axe principal. Déterminer, par le calcul, la position, la nature, le sens et la grandeur de l'image, puis vérifier les résultats par une construction géométrique dans les quatre cas suivants :

- l'objet est à 2 m de la lentille ;
  - l'objet est à 50 cm de la lentille ;
  - l'objet est à 20 cm de la lentille ;
  - l'objet est à 15 cm de la lentille.
- (a)  $q = 28,6\text{cm}$ ,  $i = 0,714\text{cm}$  ; (b)  $q = 3,33\text{cm}$ ,  $i = 0,333\text{cm}$  ; (c)  $q = -100\text{cm}$  ;  $i = -25\text{cm}$  ; (d)  $q = -37,5\text{cm}$ ,  $i = -12,5\text{cm}$ )

### O11 Lentille mince convergente

Soit un objet de taille  $o = 3\text{cm}$ , une lentille convergente de distance focale  $f$  et l'image de l'objet à travers cette lentille. Soit la taille de l'image  $i = 1\text{cm}$ . L'objet est dans un plan perpendiculaire à l'axe optique. La distance entre l'objet et son image est  $D = 160\text{ mm}$ .

- Faire un schéma précis de ce système et détermine graphiquement la position de la lentille ainsi que sa distance focale.
- Retrouver par le calcul la distance focale de la lentille. ( $f = 30\text{ mm}$ )

### O12 Lentille mince convergente

Un objet se trouve à 800 mm de son image créée à travers une lentille de distance focale  $f = 150\text{ mm}$ .

- Déterminer par le calcul les positions possibles de la lentille pour ce problème.
- Que peut-on dire sur les grossissements dans les deux cas ?  
( $p = 200\text{ mm}$  et  $g = 3$  ou  $p = 600\text{ mm}$  et  $g = 1/3$ )

### O13 Caméra aérienne

Une caméra aérienne survolant la Terre à une altitude de 4000 m et contient une lentille mince convergente de distance focale 50 cm. La caméra produit une image de format 18 cm sur 18 cm d'une ville. Déterminer la surface photographiée. ( $1,44\text{ km}$  sur  $1,44\text{ km}$  ;  $S = 2,073\text{ km}^2$ )

### O14 Appareil photographique

Un appareil photographique contient une lentille convergente de distance focale de 5 cm.

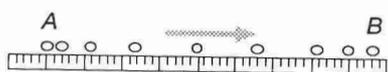
- Déterminer pour les distances objet suivantes ( $\infty$ , 20 m, 10 m, 5 m, 2 m, 1m) les distances image correspondantes.
- On photographie un arbre situé à une distance infinie, puis un autre arbre à une distance de 10 m. Est-ce que la lentille sort de l'appareil ou bien rentre dans l'appareil ? Expliquez.

## B. Mécanique

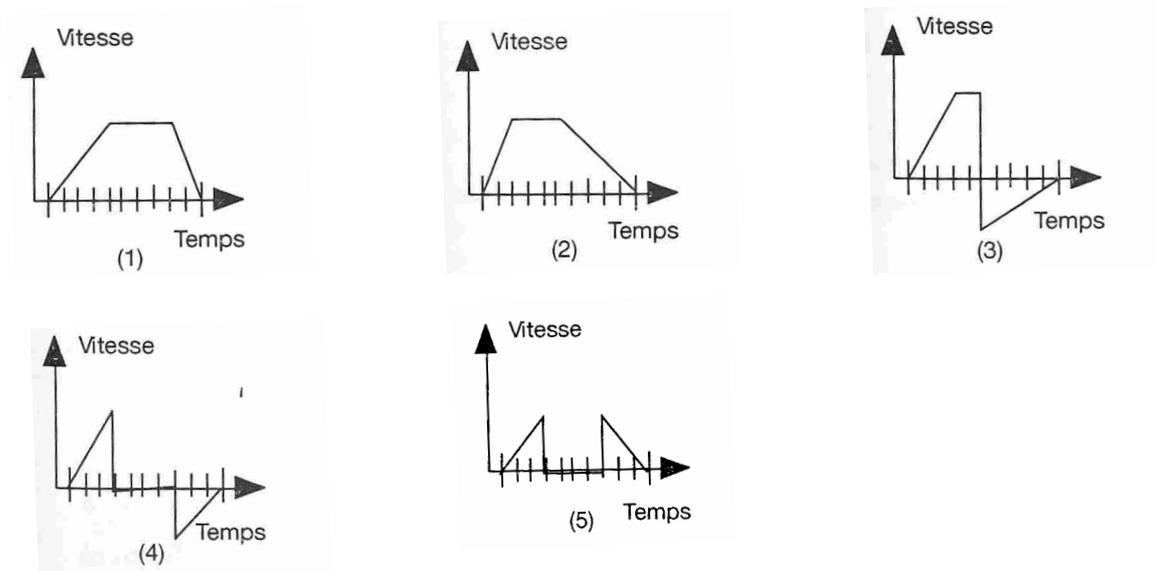
### Cinématique

#### C1 Étude stroboscopique d'un mouvement

Le diagramme ci-dessous représente les positions d'un même mobile entre son départ A et son arrêt B, notées à intervalles de temps réguliers (comme sur une photographie stroboscopique).



Quel est le diagramme vitesse-temps qui figure le mieux ce mouvement ?



#### C2 Avion à pédales

En 1979, Brian Allen parcourait la distance séparant Folkestone, en Grande-Bretagne, du Cap Gris-Nez, en France, à bord de l'avion à pédales Gossamer Albatross. Il parcourut une distance en ligne droite de 38,5 km en 2 h 49 min. Quelle était sa vitesse moyenne ?

$$(v_m = 13,7 \text{ km/h} = 3,80 \text{ m/s})$$

#### C3 Dupond et Dupont

Dupond et Dupont font une randonnée à bicyclette à travers l'Oesling. Avant de partir, Dupond se plaint de la longueur et de la difficulté du parcours vallonné, long de 50 km. Dupont lui répond : «Étant donné que nous reviendrons en fin de promenade à notre lieu de départ, nous aurons autant de montées que de descentes. Après chaque effort durant la montée, tu pourras te reposer en descendant en roue libre. Ainsi, si tu montes à une vitesse de 5 km/h, tu pourras descendre les côtes à 45 km/h, ce qui donnera une vitesse moyenne de 25 km/h. Nous serons donc de retour dans 2 heures.»

Dupont a-t-il raison ?

Au bout de combien de temps seront-ils de retour ?

$$(\Delta t = 5,56 \text{ h})$$

**C4 Étude qualitative de mouvements rectilignes.**

Complétez, pour les mouvements rectilignes suivants, le tableau suivant :

	position $x$ en fonction du temps $t$ : $x(t)$	composante de la vitesse selon $x$ : $v_x$ en fonction du temps $t$ : $v_x(t)$	Courte description du mouvement
1			
2			
3	Courte description du mouvement		

**C5 Accélération moyenne**

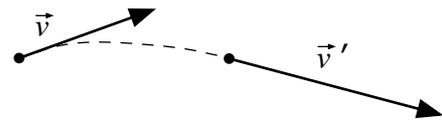
Déterminez l'accélération moyenne dans chacun des cas suivants.

- Un DC10 partant du repos atteint sa vitesse de décollage de 360 km/h en 50 s.
- Un avion Corsair de la marine s'approche d'un porte-avions à 180 km/h et il est arrêté par un filet en 4 s.
- Une capsule d'entraînement atteint 1440 km/h en 2 s.

$$(a_x = 2 \text{ m/s}^2 ; a_x = -12,5 \text{ m/s}^2 ; a_x = 200 \text{ m/s}^2)$$

**C6 Vecteur accélération**

La figure ci-contre montre les vecteurs vitesse instantanée à deux instants séparés de 2 s. Les directions des vecteurs forment un angle de  $35^\circ$  et la valeur de la vitesse passe de 4 m/s à 6 m/s.

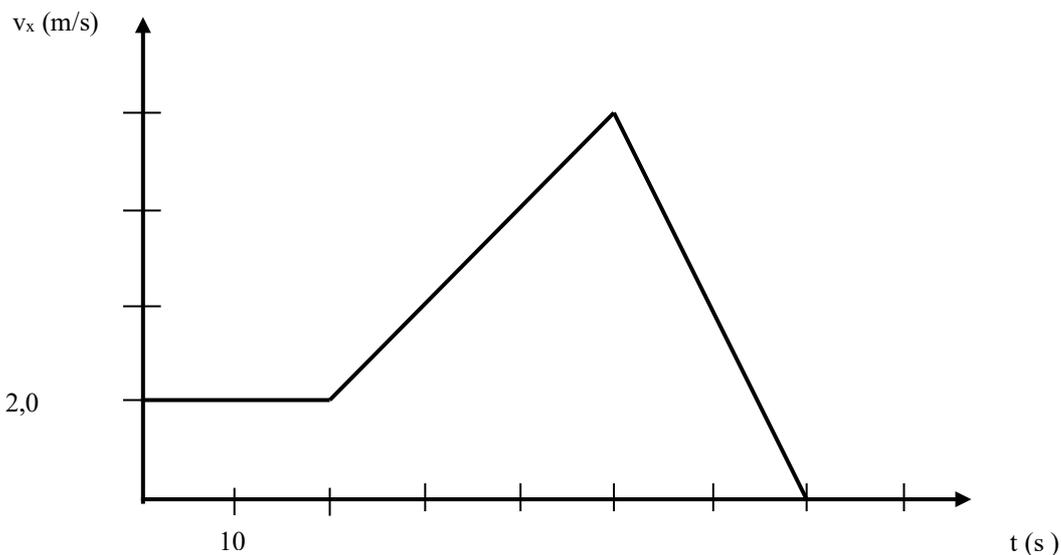


- Déterminer graphiquement le vecteur variation de vitesse. ( $\|\Delta\vec{v}\| = 3,4 \text{ m/s}$ )
- Déterminer la valeur de l'accélération. ( $a = 1,7 \text{ m/s}^2$ )

**C7**

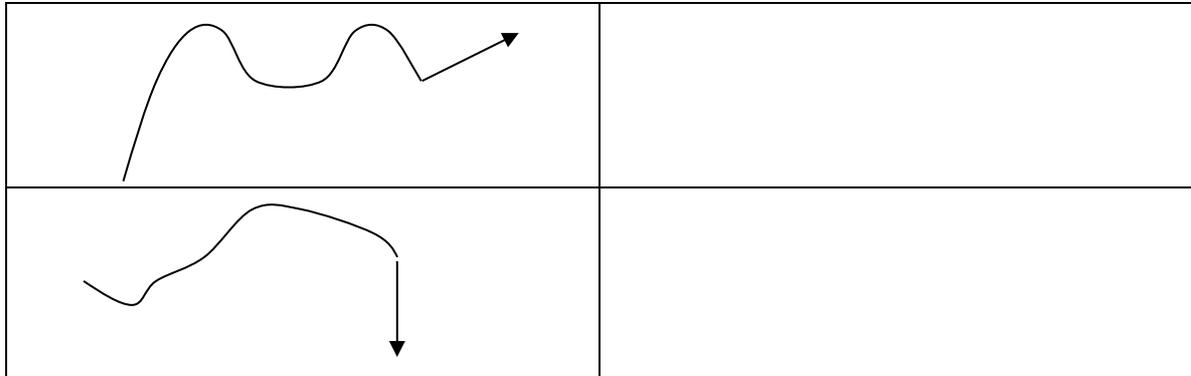
Le graphique ci-dessus montre la composante selon Ox de la vitesse d'un mobile en mouvement rectiligne en fonction du temps.

- Déterminer les accélérations des différentes phases du mouvement.  
Tracez une graphique de l'accélération en fonction du temps (à l'échelle).  
( $a_{x1} = 0 \text{ m/s}^2 ; a_{x2} = 0,2 \text{ m/s}^2 ; a_{x3} = -0,4 \text{ m/s}^2$ )
- Déterminer la distance parcourue par le mobile pendant les 50 premières secondes ?  
( $\Delta x = 190 \text{ m}$ )



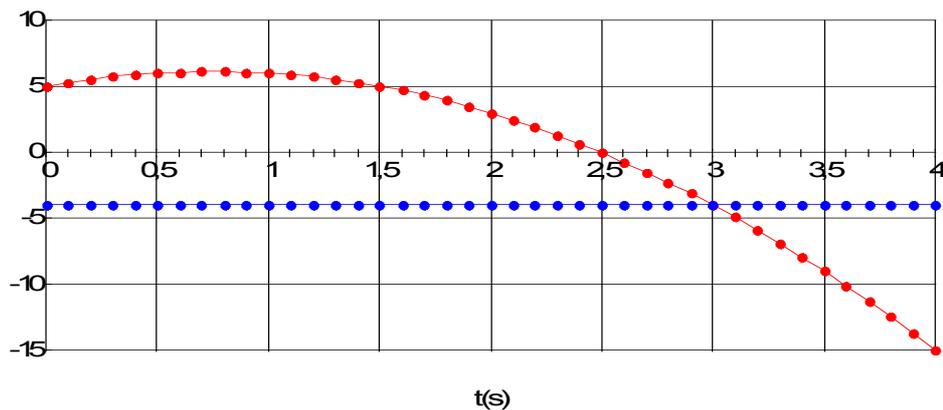
### C8 Évolutions de mouvements accélérés

Voici deux situations distinctes ; la flèche représente l'accélération. Expliquez comment vont évoluer la trajectoire et la vitesse (motivez) !



### C9 Étude graphique du MRUV

Voici l'enregistrement du mouvement d'un chariot sur un rail incliné.



- Pécisez laquelle des courbes est la position :  $x$ , respectivement la composante de l'accélération selon  $Ox$  :  $a_x$ . Motivez votre choix.
- Établissez l'expression de  $x(t)$ , de  $v_x(t)$  et de  $a_x(t)$  à partir du graphique.
- Rajoutez la composante de la vitesse selon  $Ox$  :  $v_x(t)$  sur le graphique.
- Où le mouvement est-il accéléré, où est-il freiné ? Expliquez !

$$(x(t) = -2t^2 + 3t + 5 \text{ et } v_x(t) = -4t + 3)$$

(décélération dans le sens des  $x$  croissant entre 0 et 0,75 s et accélération dans le sens des  $x$  décroissants entre 0,75 s et 4s.)

### C10 TGV

Un train à grande vitesse de masse  $m = 400$  tonnes roule sur une voie horizontale à la vitesse 252 km/h. Le conducteur provoque le ralentissement de la rame et obtient une décélération constante de  $0,75 \text{ m/s}^2$ . Calculer la distance parcourue, lorsque la vitesse du train est tombée à 108 km/h.

$$(\Delta x = 2,67 \text{ km})$$

### C11 Freinage sur autoroute

Un automobiliste roule sur un tronçon d'autoroute rectiligne à la vitesse de 130 km/h. Soudain, un obstacle fixe apparaît sur la voie à une distance  $d = 120$  m. Le conducteur freine immédiatement et réduit sa vitesse à 105 km/h au bout d'une durée  $t = 1$  s.

- Calculer la valeur de la décélération.
- Si l'on suppose que la décélération de l'automobile reste constante, à quelle distance de l'obstacle la voiture va-t-elle s'arrêter ?
- On envisage maintenant cette éventualité : le conducteur ne réagit pas tout de suite et commence à freiner une seconde après l'apparition de l'obstacle. Il impose alors à son véhicule la décélération calculée au point a).

À quelle distance de l'obstacle l'automobile va-t-elle s'arrêter ?

( $a_x = -6,94 \text{ m/s}^2$  b)  $d = 26,1 \text{ m}$  devant l'obstacle c)  $d' = 10 \text{ m}$  derrière l'obstacle => choc.)

### C12 Piétons

Deux piétons A et B se déplacent dans le même sens sur une route rectiligne. La vitesse de A est 5,4 km/h, celle de B est 3,6 km/h.

La distance qui les sépare à  $t = 0$  est 80 m, B étant en avance sur A.

- A quelle date A dépassera-t-il B ?
- Quelle sera alors la distance parcourue par chaque piéton depuis l'origine des temps ?
- Représentez sur un graphique la position des piétons en fonction du temps.

(a)  $t = 160 \text{ s}$  ; b)  $\Delta x_A = 240 \text{ m}$  et  $\Delta x_B = 160 \text{ m}$ )

### C13 Paris-Luxembourg

A Luxembourg, un voyageur prend à 06.00h du matin le train pour Paris. Ce train roule à une vitesse de 100 km/h. A 07.00h, un second voyageur part de Paris en direction de Luxembourg, à la vitesse de 150 km/h. A Reims, qui se trouve à 150 km de Paris, le train tombe en panne et doit s'arrêter pendant une heure, puis repart avec la même vitesse vers le Luxembourg. Trouver graphiquement le lieu et la date de la rencontre, sachant que la distance Paris-Luxembourg vaut 400 km.

( $t = 8 \text{ h } 30$  à Reims)

### C14 Poursuite

Un automobiliste roule à la vitesse constante de 120 km/h sur une route rectiligne où la vitesse est limitée à 90 km/h. Un motard de la Police part à sa poursuite. Il démarre au moment précis où l'auto passe devant lui. Le motard est animé d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré qui le fait passer de 0 à 100 km/h en 10 s.

- Calculez la durée de la poursuite.
- Déterminez la distance parcourue lors de la poursuite.
- Interprétez les résultats sur un graphique (pas nécessairement à l'échelle).
- Calculez la vitesse du motard lorsqu'il rattrape l'auto.

(a)  $t = 24 \text{ s}$  b)  $\Delta x_M = \Delta x_A = 800 \text{ m}$  d)  $v_{xM} = 66,7 \text{ m/s} = 240 \text{ km/h}$ )

### C15 Rien ne sert de courir...

Sur le quai d'une gare, une voyageuse, en retard, court à une vitesse constante de 8 m/s pour essayer d'attraper son train. Le train démarre alors qu'elle est à une distance  $d$  du dernier wagon et décrit un MRUA d'accélération  $a = 0,5 \text{ m/s}^2$ .

- Montrez que pour  $d = 100$  m, la voyageuse ne peut pas rejoindre son train. Déterminez la distance minimale séparant la pauvre voyageuse du train.

- b) Déterminez à quelle date la voyageuse rejoint le train, si  $d = 40$  m.  
 c) Déterminez quelle devrait être la distance maximale  $d_{\max}$  pour que la voyageuse puisse atteindre le dernier wagon.  
 d) Interprétez les résultats sur un graphique (pas nécessairement à l'échelle).  
 (a)  $\Delta = 64 - 100 < 0$  pas de solut. pour l'éq. du 2<sup>e</sup> degré ;  $d_{\min} = 36$  m b)  $t = 6,20$  s (et  $t = 25,8$  s) c)  $d_{\max} = 64$  m)

### C16 : Chute libre :

Les hauteurs des plongeurs d'une piscine sont de 1m, 3m et 10m.

Si on néglige la résistance de l'air, calculer :

- a) le temps de chute pour chaque plongeur.  
 b) la vitesse du plongeur au moment de son entrée dans l'eau pour chaque plongeur

(a)  $t_1 = 0,451$  s;  $t_3 = 0,782$  s;  $t_{10} = 1,43$  s b)  $v_1 = 4,43$  m/s;  $v_3 = 7,67$  m/s  $v_{10} = 14,0$  m/s)

### C17 : Chute libre

Une pierre est lancée verticalement vers le haut à partir d'une falaise située à 30 m au-dessus du niveau de la mer avec une vitesse initiale de 30 m/s. La résistance de l'air est négligée.

- a) Quelle(s) force(s) agit/agissent sur la pierre pendant son vol ?  
 b) Décrivez le mouvement de la pierre jusqu'à ce qu'elle touche le sol.  
 c) Après combien de temps va-t-elle changer de sens ?  
 d) Calculer la hauteur atteinte par la pierre ?  
 e) Calculer la durée de vol de la pierre ?

(a) poids b) MRUV décéléré vertical jusqu'à l'arrêt au sommet ensuite MRUV accéléré vers le bas jusqu'à heurter la surface de l'eau c) avec  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>:  $t = 3,0$  s d)  $h = 45$  m au-dessus de la falaise ou 75 m au-dessus du niveau de la mer e)  $t = 6,9$  s)

### C 18 : Chute libre

On laisse tomber une pierre dans un puits profond et on entend le bruit de la chute au bout de 4,5 secondes. Nous savons que le son parcourt 340 mètres par seconde.  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>

Calculer la profondeur du puits : a) ne tenant pas compte de la vitesse du son. ( $h = 101$  m)  
 b) en tenant compte de la vitesse du son. ( $h = 90$  m)

### C19 : Chute de pierres

Anne étudie la chute de deux pierres : elle laisse tomber la première du haut d'un immeuble de hauteur  $h$  égale à 20 m sans vitesse initiale et mesure la durée de la chute. Envisager deux repères : origine au pied de l'immeuble et origine au point de lancement de la pierre.

- a) Établir les équations horaires de la pierre dans chacun des deux repères.  
 b) Déterminer la durée de chute de la pierre. Dépend-elle du repère ? ( $\Delta t = 2,02$  s)

## Dynamique

### D1 Quantités de mouvement

Comparez les valeurs des quantités de mouvement :

- d'une balle de fusil de masse 20 g et de vitesse 500 m/s, ( $p_{balle} = 10 \text{ kg m/s}$ )
- d'une boule de pétanque de masse 1 kg et de vitesse 10 m/s. ( $p_{boule} = 10 \text{ kg m/s}$ )

### D2 Étang gelé

Vous glissez sur un étang gelé et on suppose qu'il n'y a aucun frottement. Votre vitesse est de 9 m/s. Soit  $m_1$  votre masse.

- Quelle est la nature de votre mouvement ?
- Un(e) camarade, de masse  $m_2 = 0,9 m_1$ , vient vers vous, à la même vitesse et sur la même trajectoire en sens inverse. Après le choc, vous vous retrouvez immobile au milieu de l'étang. Quelle est la vitesse de votre camarade, reparti(e) en suivant la même trajectoire ?
- Comment ferez-vous pour regagner le bord de l'étang ?  
(MRU ;  $v_2 = 1 \text{ m/s}$  ; lancer un objet)

### D3 Motrice

Une motrice de masse 100 t avance à la vitesse  $v_1 = 5 \text{ m/s}$  sur des rails où l'on peut négliger les frottements.

- Elle vient percuter un wagon immobile, les deux s'accrochent et partent ensemble suivant la direction incidente de la motrice à la vitesse  $v_2 = 4 \text{ m/s}$ . Déterminer la masse du wagon ?
- Comparer l'énergie cinétique du système motrice-wagon avant et après le choc.
- La même motrice percute un wagon de masse 25 t qui progresse suivant la même direction, mais dans le sens inverse de la motrice. Les 2 partent ensemble suivant la direction et le sens incidents de la motrice à la vitesse  $v_3 = 3,2 \text{ m/s}$ . Déterminer la vitesse initiale du wagon ?

$$(m_w = 25 \text{ t} ; E_{cf}/E_{ci} = 0,8 ; v_w = 4 \text{ m/s})$$

### D4 Neutron

Un neutron vient frapper, à la vitesse  $v_n = 10^6 \text{ m/s}$ , un noyau d'hélium (particule  $\alpha$ ) immobile. Le noyau d'hélium est projeté dans le sens de  $v_n$  à la vitesse  $v_\alpha = 4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ , tandis que le neutron rebondit dans le sens inverse, à la vitesse  $v'_n = 6 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ . Quelle relation peut-on en déduire entre la masse  $m_\alpha$  du noyau d'hélium et la masse  $m_n$  du neutron (figure!)?

$$(m_\alpha/m_n = 4)$$

### D5 Réaction chimique

Dans la réaction chimique  $\text{H}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{HCl}$ , un ion hydrogène qui se déplace de gauche à droite à la vitesse de  $1,57 \cdot 10^5 \text{ m/s}$  réagit avec un ion chlore qui se déplace suivant une direction perpendiculaire avec une vitesse de  $3,4 \cdot 10^4 \text{ m/s}$ .

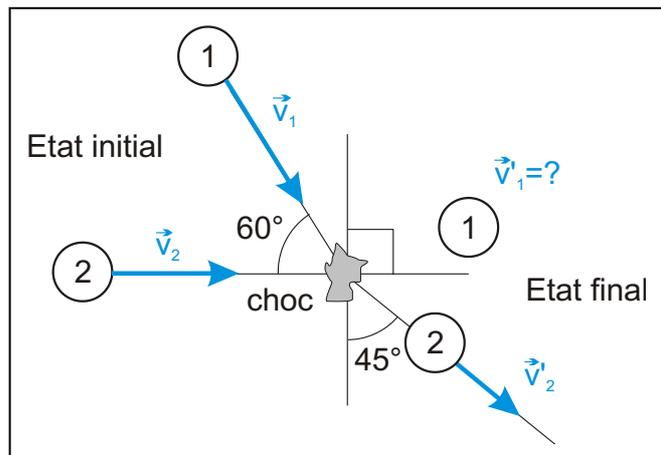
Trouver l'intensité et la direction (par rapport à la direction initiale de l'ion  $\text{H}^+$ ) de la vitesse de la molécule HCl.

$$(v'_x = 4 \ 301 \text{ m/s} ; v'_y = -33 \ 069 \text{ m/s (dévié à gauche vers le bas)} ; v' = 33 \ 347 \text{ m/s et } \alpha = -82,7^\circ)$$

**D6 Billard**

Deux boules de billard de même masse progressent suivant des directions qui font un angle de  $60^\circ$  aux vitesses respectives  $v_1 = 1 \text{ m/s}$  et  $v_2 = 0,8 \text{ m/s}$ . Après le choc, la boule (2) part avec un angle de  $45^\circ$  par rapport à sa direction initiale, à la vitesse  $v'_2 = 0,6 \text{ m/s}$ .

- Déterminez la vitesse (norme et direction et sens) de la boule (1) après le choc.
- Comparer l'énergie cinétique du système des deux boules avant et après le choc.



( $v'_{1x} = 0,876 \text{ m/s}$  ;  $v'_{1y} = -0,422 \text{ m/s}$  (dévié à droite vers le bas)  $v'_1 = 0,981 \text{ m/s}$  et  $\alpha'_1 = -26,8^\circ$  ;  $E_{cf}/E_{ci} = 0,81$ )

**D7 Décélération d'une voiture**

Par l'application d'une force de freinage  $F$  constante, la vitesse d'une voiture de masse  $m = 800 \text{ kg}$  passe de  $90 \text{ km/h}$  à  $60 \text{ km/h}$  en  $5 \text{ s}$ .

Déterminez la valeur de la décélération de la voiture et déduisez-en l'intensité de la force de freinage.

( $a_x = -1,67 \text{ m/s}^2$  et  $a = 1,67 \text{ m/s}^2$  ainsi  $F = 1,33 \text{ kN}$ )

**D8 Base-Ball**

Trouvez l'intensité de la force (supposée constante) agissant sur une balle de base-ball de  $150 \text{ g}$ , sachant que :

- elle est lancée à  $25 \text{ m/s}$  par une main qui se déplace de  $2 \text{ m}$ ; ( $F = 23,4 \text{ N}$ )
- elle est ensuite frappée par un bâton qui inverse le sens du mouvement et lui donne la vitesse de  $35 \text{ m/s}$  en  $5 \text{ ms}$ . Tracer les vecteurs vitesse et le vecteur variation de vitesse et en déduire l'accélération ; ( $F = 1800 \text{ N}$ )
- elle est attrapée par un joueur dont le gant se déplace de  $15 \text{ cm}$  après que la balle ait ralenti jusqu'à  $20 \text{ m/s}$  durant son vol. ( $F = 413 \text{ N}$ )

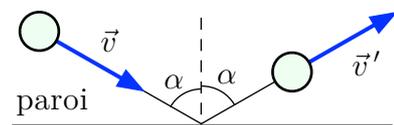
**D9 Choc élastique**

Un atome d'argon frappe une paroi de son récipient avec une vitesse de valeur  $1,8 \cdot 10^5 \text{ m/s}$  et rebondit avec la même vitesse. Les directions des vecteurs vitesse font le même angle  $\alpha = 30^\circ$  avec la normale au point d'impact. La durée de l'interaction est  $2 \cdot 10^{-5} \text{ s}$ .

Déterminez les caractéristiques de la force exercée sur la paroi (direction, sens, intensité).

Donnée : masse molaire de l'argon  $39,948 \text{ g/mol}$ .

( $F = 1,03 \cdot 10^{15} \text{ N}$ )



**D10 Fusée Saturne**

Une fusée Saturne V a une masse de  $2,7 \cdot 10^6$  kg et une poussée de  $3,3 \cdot 10^7$  N. Déterminer son accélération verticale initiale ?  
( $a_z = 2,41 \text{ m/s}^2$ )

**D11 Savonnette**

Une savonnette de masse  $m = 50$  g glisse sur un plan incliné d'un angle  $\alpha = 15^\circ$  par rapport à l'horizontale. On néglige les frottements. Déterminer l'accélération de la savonnette.  
( $a_x = 2,54 \text{ m/s}^2$  ;  $R = 0,474 \text{ N}$ )

**D12 Fillette**

Une fillette de masse 30 kg monte en patins à roulettes un plan incliné à  $10^\circ$  à 15 km/h. En supposant qu'elle ne fait aucun effort pour maintenir sa vitesse, déterminer la distance parcourue sur le plan incliné avant de s'arrêter. On néglige le frottement. ( $\Delta x = 5,10 \text{ m}$ )

**D13 Voiture**

Une voiture de masse 850 kg passe de 72 km/h à 90 km/h en 5 s. Quelle est sa force motrice dans les cas suivants :

- Elle accélère sur sol horizontal. (On néglige les forces de frottement.)
- Elle accélère sur un plan incliné montant faisant un angle de  $15^\circ$  avec l'horizontale. (On néglige les forces de frottement.)
- Elle accélère sur un plan incliné montant faisant un angle de  $15^\circ$  avec l'horizontale et subit une force de frottement de 1500 N opposée au mouvement.

$$(F_{mot} = 850 \text{ N} ; F_{mot} = 3008 \text{ N} ; F_{mot} = 4508 \text{ N})$$

**D14 Cycliste**

1) Un cycliste démarre sur un sol horizontal et atteint une vitesse de 36 km/h au bout de 20 s.

- Déterminer son accélération.
- La masse du cycliste est de 80 kg, celle de la bicyclette de 15 kg. On suppose que les frottements mécaniques et la résistance de l'air sont assimilables à une force opposée au déplacement, de norme 40 N. Déterminer la force motrice qu'il doit développer.

2) Ce cycliste descend maintenant une pente en roue libre (les frottements étant les mêmes que sous 1)). Partant sans vitesse initiale, il atteint une vitesse de 10 m/s au bout de 200 m. Déterminer l'inclinaison de la pente.

$$(a_x = 0,5 \text{ m/s}^2 ; F_{mot} = 87,5 \text{ N} ; \alpha = 3,92^\circ)$$

## Travail et puissance

### T1 Automobile

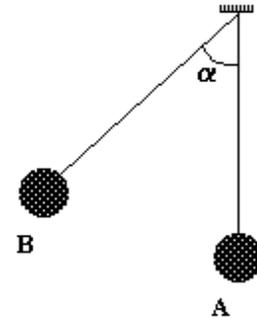
Une automobile de masse 1100 kg roule à vitesse constante sur un tronçon rectiligne de 2 km, puis monte une pente de 8 % pendant 1500 m. On supposera que les forces de frottement qui s'opposent au déplacement gardent une valeur constante de 1850 N tout au long du trajet.

- Calculez le travail du poids sur le trajet complet.
- Calculez le travail de la force de frottement sur le trajet complet.

$$(W_{AC}(P) = -1,29MJ, W_{AC}(F_{frott}) = -6,48 MJ)$$

### T2 Pendule simple

Un pendule simple est constitué d'une boule de masse 50 g accrochée au bout d'un fil de longueur 30 cm, de masse négligeable. La boule reçoit en A une impulsion qui la fait remonter jusqu'en B, de telle manière que le pendule fait alors un angle  $\alpha = 30^\circ$  avec la verticale.



- Calculez le travail du poids de la boule entre A et B.
- Quel est le travail entre A et B de la force exercée par le fil sur la boule ? Motivez !
- Quel serait le travail du poids de la boule, si le pendule faisait un tour complet ? Expliquez !

$$(W_{AB}(P) = -19,7mJ; W_{AB}(T) = 0; W_{tour}(P) = 0)$$

### T3 Puissance d'une machine

Déterminer la puissance moyenne fournie par une machine qui soulève une caisse de 500 kg à une hauteur de 20 m en 60 s.

$$(P = 1,64 kW = 2,22 ch)$$

### T4 Pente

Une voiture de 1000 kg monte une pente de 3 % à 20 m/s. Déterminer la puissance nécessaire à développer par la voiture, sans tenir compte du frottement.

$$(P = 5,9 kW = 8,00 ch)$$

### T5 Turbine

De l'eau coule d'un réservoir avec un débit de 3000 kg/min vers une turbine qui se trouve 120 m plus bas. Si le rendement de la turbine est de 80 %, déterminer la puissance fournie par la turbine.

$$(P = 47,1 kW)$$

### T6 Voiture

Une voiture de masse 1,5 tonnes roule à vitesse constante de 108 km/h sur sol horizontal.

- Faites le bilan des forces qu'elle subit (y compris le frottement) et précisez quelles forces font un travail moteur, lesquelles un travail résistant, lesquelles un travail nul.
- La force de frottement vaut 1800 N. Calculez le travail du poids et de la force motrice sur un trajet de 10 km.
- Calculez la puissance de la voiture.
- Reprenez les points a), b) et c) en supposant que la voiture monte un col de pente constante de 12%.

$$(a) F_{mot} \rightarrow W_{moteur}, F_{frott} \rightarrow W_{résistant}, P \text{ et } R_{sol} \rightarrow W_{nul}; W(\text{poids}) = 0J; b) W(F_{mot}) = 18MJ; P(F_{mot}) = 54 kW; c) F_{mot} \rightarrow W_{moteur}, F_{frott} \text{ et } P \rightarrow W_{résistant}, R_{sol} \rightarrow W_{nul}; d) W(P) = -17,7 MJ, W(F_{mot}) = 35,7 MJ; P(F_{mot}) = 107 kW$$

## Energie

### E1 Proton

Un proton ( $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg) dont la vitesse est de  $5 \cdot 10^6$  m/s traverse un film métallique d'une épaisseur de 0,01 mm et émerge avec une vitesse de  $2 \cdot 10^6$  m/s. Déterminer l'intensité moyenne de la force qui s'est opposée à la traversée du film ?  $(F = 1,75 \cdot 10^{-9}$  N)

### E2 Pendule simple

Une bille de masse 20 g est suspendue à l'extrémité d'un fil de longueur  $L = 80$  cm. On écarte le fil d'un angle  $\alpha = 40^\circ$  de sa position d'équilibre et on abandonne la bille sans vitesse initiale. Déterminer la vitesse  $v$  de la bille lorsqu'elle passe par sa position d'équilibre.

$$(v = 1,92 \text{ m/s} = 6,90 \text{ km/h})$$

### E3 Parachutiste

Un parachutiste de masse 90 kg est en chute à la vitesse  $v_0 = 190$  km/h. Il ouvre son parachute et sur une distance verticale de 120 m sa vitesse est réduite à  $v$  par l'action d'une force de résistance d'intensité 1900 N. Représenter toutes les forces et déterminer la vitesse  $v$ .

$$(v = 8,56 \text{ m/s} = 30,8 \text{ km/h})$$

### E4 Perle

La figure montre une perle glissant sur un fil.

- Déterminer la hauteur  $h_1$  si la perle, partant au repos de A, atteint une vitesse de 200 cm/s au point B? Ne pas tenir compte du frottement.
- On suppose maintenant que  $h_1 = 50$  cm,  $h_2 = 30$  cm et que la distance de A à C est de 400 cm. Une perle de 3,0 g est lâchée en A, glisse jusqu'en C et s'arrête. Déterminer l'intensité de la force de frottement qui s'oppose au mouvement ?

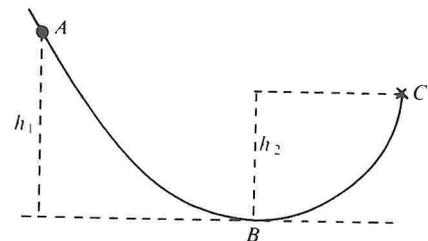


Fig. 6-8

$$(a) h_1 = 20,4 \text{ cm} \quad (b) F_{\text{frott}} = 1,47 \text{ mN}$$

### E5 Flipper

Pour lancer une boule (masse 50 g) de « flipper », on comprime un ressort de raideur 200 N/m de 10 cm. Déterminer la vitesse de la boule lorsqu'elle aborde le virage au bout d'une course de 1,5 m après qu'elle ait quitté le ressort. Dans les deux cas suivants, on néglige le frottement entre la boule et le support.

- si le flipper est horizontal ?  $(v = 6,32 \text{ m/s})$
- s'il fait un angle de  $5^\circ$  avec l'horizontale ?  $(v = 6,10 \text{ m/s})$

### E6 Ceinture de sécurité

- Calculer l'énergie cinétique d'un passager de masse  $m = 60$  kg circulant en voiture à  $v = 70$  km/h.  $(E_c = 11,3 \text{ kJ})$
- Au cours d'un choc, la vitesse de la voiture s'annule sur une distance  $d = 3,5$  m. La diminution de la vitesse du passager par rapport au référentiel terrestre est due essentiellement à l'action de la ceinture de sécurité. Déterminer la force  $\vec{F}$  exercée par la ceinture de sécurité sur le passager ?  $(F = 3,24 \text{ kN})$
- Refaire le calcul en supposant que la voiture circule initialement à  $v = 50$  km/h et conclure.  $(F' = 1,65 \text{ kN} \approx \frac{1}{2} F)$

**E7 Fusil de fléchettes**

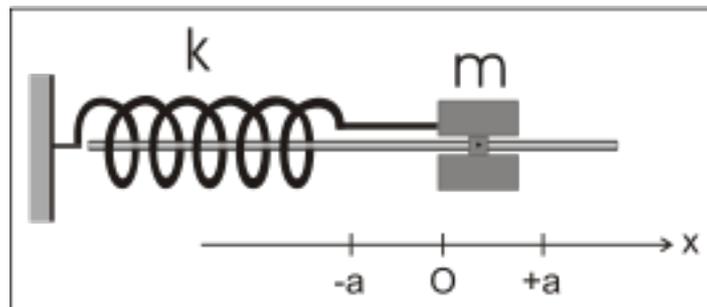
Un fusil de fléchettes comprend un ressort de raideur  $k = 250 \text{ N/m}$ , de longueur à vide  $l_0 = 12 \text{ cm}$  et qui, comprimé par la fléchette de masse  $25 \text{ g}$ , ne mesure plus que  $l = 4,0 \text{ cm}$ .

- a) Déterminer la vitesse à la sortie du fusil de la fléchette dans le cas d'un tir horizontal :
- (1) sans tenir compte du frottement entre fléchette et fusil et
  - (2) en tenant compte d'une force de frottement de  $0,15 \text{ N}$ .
- b) Déterminer l'altitude maximale peut-elle atteindre dans le cas d'un tir vertical ? Faire le calcul sans tenir compte du frottement entre fléchette et fusil ni de la résistance de l'air.

$$(v = 8,00 \text{ m/s}, v = 7,94 \text{ m/s}; h = 3,26 \text{ m})$$

**E8 Pendule élastique**

Un solide de masse  $m = 100 \text{ g}$  peut coulisser sans frottement sur une tige horizontale. Il est relié à un ressort de constante de raideur  $k$ .



A l'équilibre, son centre d'inertie est en O. Lorsqu'il oscille entre les points d'abscisses  $-a$  et  $+a$  ( $a$  valant  $5,0 \text{ cm}$ ), sa vitesse de passage à la position d'équilibre est  $v_0 = 2,0 \text{ m/s}$ .

- a) Déterminer la constante de raideur  $k$  du ressort.
- b) Déterminer la vitesse de passage au point d'abscisse  $a/2$ .

En réalité, la vitesse de passage au point d'abscisse  $a/2$  n'est que de  $1,5 \text{ m/s}$  lorsque le centre d'inertie du solide part (sans vitesse initiale) du point d'abscisse  $+a$ .

- c) Déterminer l'intensité, supposée constante, de la force de frottement.

$$(k = 160 \text{ N/m}; v = 1,73 \text{ m/s}; F_{\text{frott}} = 1,5 \text{ N})$$

## C. Électricité

### Champ électrique

#### EL1 Deux charges ponctuelles

Soit une charge ponctuelle  $q_1 = 27 \mu\text{C}$  située en  $x = 0$  et une charge  $q_2 = 3 \mu\text{C}$  en  $x = 1 \text{ m}$ .

- En quel point (autre que l'infini) la force électrique résultante exercée sur une troisième charge ponctuelle serait-elle nulle ?
- Reprenez la question avec  $q_2 = -3 \mu\text{C}$ .  $(x=0,75\text{m} ; x=1,5\text{m})$

#### EL2 Proton et électron

- Pour quelle distance la force électrique entre un proton et un électron serait-elle égale à 1 N?  $(r = 1,52 \cdot 10^{-14} \text{ m})$
- Calculer l'intensité de la force électrique s'exerçant entre l'électron et le proton dans un atome d'hydrogène sachant que leur distance est de  $10^{-10} \text{ m}$ .  $(F_{el} = 23,1 \text{ nC})$

#### EL3 Force électrique

Une charge ponctuelle  $q_1 = 3,2 \text{ nC}$  est soumise à une force électrique ayant une intensité de  $8 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ .

- Déterminez les caractéristiques du champ électrique en ce point.  $(E = 2500 \text{ N/C})$
- Quelle serait la force exercée sur une charge ponctuelle  $q_2 = 6,4 \text{ nC}$  située au même point ?  $(F_{el} = 16 \mu\text{C})$

#### EL4 Champ et forces électriques

Soit une charge  $q_1 = 3 \text{ nC}$  située à l'origine et  $q_2 = -7 \text{ nC}$  située en  $x = 8 \text{ cm}$ .

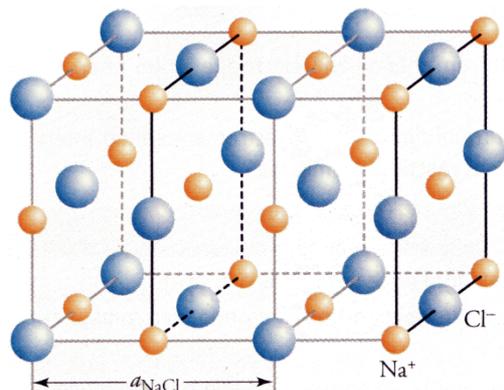
- Trouvez le champ électrique créé par  $q_1$  au point où se trouve  $q_2$ .
- Trouvez le champ électrique créé par  $q_2$  au point où se trouve  $q_1$ .
- Quelle est la force électrique exercée par  $q_1$  sur  $q_2$  ?
- Quelle est la force électrique exercée par  $q_2$  sur  $q_1$  ?  $(E_1=4213 \text{ N/C} ; E_2=9830 \text{ N/C} ; F_{1/2} = 29,5 \mu\text{N} = F_{2/1})$

#### EL5 Cristal de chlorure de sodium

Le cristal de chlorure de sodium est constitué d'un empilement ordonné d'ions. Les ions  $\text{Cl}^-$  sont aux sommets de cubes contigus d'arête  $a = a_{\text{NaCl}} = 556 \text{ pm}$  et aux centres de chaque face de ce cube. Les ions  $\text{Na}^+$  sont situés au milieu de chaque arête et au centre de chaque cube.

- Déterminer les plus petites distances entre les centres de :
  - deux ions  $\text{Cl}^-$  respectivement deux ions  $\text{Na}^+$  ;
  - un ion  $\text{Cl}^-$  et un ion  $\text{Na}^+$ .
- Déterminer la force électrique entre :
  - deux ions  $\text{Cl}^-$  les plus proches ;
  - entre un ion  $\text{Na}^+$  et un ion  $\text{Cl}^-$  les plus proches.
- Quel type de force maintient la cohésion du cristal ?

$$\left(\frac{\sqrt{2}}{2}a \text{ et } a/2 ; F_{\text{Cl}^- \text{Cl}^-} = 1,49 \text{ nN}\right)$$



## Travail et potentiel électriques

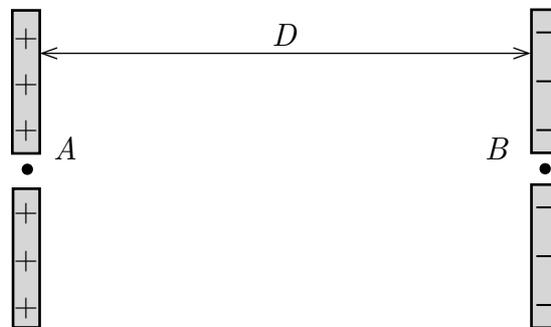
### EL6 Champ et forces électriques

Un proton se déplace en ligne droite, dans le vide, de  $A$  vers  $B$ .

- Il passe en  $A$  à la vitesse  $v_A = 2000$  km/s. Quelle est son énergie cinétique  $E_C(A)$ , en joules, puis en électrons-volts ?
- Quelle tension  $U_{AB}$  faut-il appliquer entre les points  $A$  et  $B$ , pour que le proton passe au point  $B$  à la vitesse  $v_B = 10000$  km/s ?
- Déterminer l'énergie cinétique du proton en  $B$  ainsi que la variation de l'énergie cinétique entre  $A$  et  $B$ . Conclure. ( $E_{cA} = 20,9$  keV ;  $U = 500$  kV,  $E_{cB} = 520,9$  keV)

### EL7 Particule alpha

Une particule  $\alpha$  (noyau d'hélium), produite par une source radioactive, est émise au voisinage du point  $A$  avec une vitesse initiale négligeable.



- Quelle tension  $U_{AB}$  faut-il appliquer entre les plaques distantes de  $D = 20$  cm, pour que la vitesse des particules en  $B$  soit  $v = 4 \cdot 10^5$  m/s ? ( $U_{AB} = 1659$  V)
- Calculer la vitesse des particules à mi-chemin entre  $A$  et  $B$ . ( $v = 283$  km/s)
- Donner les caractéristiques du champ électrique  $\vec{E}$  entre les plaques. Tracer quelques lignes de champ. ( $E = 8,30$  kV/m)
- Quelle force la particule subit-elle ? ( $F_{el} = 2,66 \cdot 10^{-15}$  N)
- Quelle est son accélération ? ( $a = 4 \cdot 10^{11}$  m/s<sup>2</sup>)
- Combien de temps la particule met-elle pour parcourir la distance  $AB$  ? ( $t = 1$   $\mu$ s)
- Quelle est en J, puis en eV, l'énergie cinétique d'une particule en  $B$  ? ( $E_c = 5,32 \cdot 10^{-16}$  J = 3318 eV)
- Calculer le potentiel d'un point situé à 5 cm, à 12 cm, à 18 cm de la plaque  $A$ . Calculer l'énergie potentielle d'une particule  $\alpha$  en ces points. ( $V_5 = 1244$  V ;  $V_{12} = 664$  V ;  $V_{18} = 166$  V)

### EL8 Pendule électrique

Un pendule électrique, constitué d'un fil de masse négligeable et d'une petite sphère isolante  $S$  de masse  $m = 0,2$  g, portant la charge  $q = 2 \cdot 10^{-8}$  C, est suspendu entre deux plaques métalliques verticales  $P_1$  et  $P_2$  distantes de  $d = 20$  cm.

- On établit la tension  $U = 4000$  V entre ces plaques de manière à créer entre celles-ci un champ électrique uniforme  $E$ . Quels sont la direction, le sens et l'intensité du champ  $E$ ? (On admet que ce dernier n'est pas perturbé par la présence de la charge  $q$ .)
- Faire un schéma montrant l'inclinaison subie par le pendule et calculer l'angle  $\alpha$  entre le fil et la verticale lorsque l'équilibre est atteint. Cet angle dépend-il de la position

initiale du pendule ? (On admet que la sphère  $S$  ne touche jamais l'une ou l'autre des plaques.)

- c) Le pendule est déplacé horizontalement, vers la droite, sur une distance  $x = 2$  cm à partir de la position d'équilibre précédente. Calculer le travail de la force électrique qui s'exerce sur la boule pendant ce déplacement.

$$(E=20kV/m, \alpha=11,5^\circ, W = -8 \mu J)$$

### EL9 Différence de potentiel

Une particule de charge  $q = -10^{-12}$  C est accélérée dans un champ électrique  $\vec{E}$ . Initialement au repos au point  $A$ , elle acquiert une énergie cinétique de 10 GeV au point  $B$ , après avoir parcouru une distance de 5 cm. Déduisez-en :

- a) la valeur de la différence de potentiel entre  $A$  et  $B$  ;  
b) l'intensité  $E$  du champ électrostatique.

$$(V_A - V_B = -1,602 \text{ kV} ; E = 32,0 \text{ kV/m})$$

## Condensateurs

### EL10 Source de courant

On charge un condensateur de capacité  $C = 0,8 \mu\text{F}$  à l'aide d'une source de courant qui débite, pendant le temps  $t = 2,5 \text{ s}$ , un courant d'intensité constante  $I = 22 \mu\text{A}$ .

- Quelle est la charge acquise par le condensateur ?
- Quelle est la tension entre ses armatures ?

$$(Q = 55 \mu\text{C}, U = 68,75 \text{ V})$$

### EL11 Énergie emmagasinée

Quelle doit être la capacité d'un condensateur pour qu'il emmagasine l'énergie électrostatique  $E_{\text{él}} = 10^{-4} \text{ J}$  lorsqu'on applique entre ses armatures la tension  $U = 100 \text{ V}$ ? Quelle énergie  $E_{\text{él}}$  possède-t-il lorsque la tension est  $U = 200 \text{ V}$ ?

$$(C = 2 \cdot 10^{-8} \text{ F}, E_{\text{él}} = 0,4 \text{ mJ})$$

### EL12 Capacité

Les armatures d'un condensateur plan sont distantes de  $1 \text{ mm}$ . Il règne entre les armatures un champ électrostatique uniforme  $\vec{E}$  d'intensité  $20 \text{ kV/m}$ ; la charge  $Q$  du condensateur est, dans ces conditions, égale à  $10^{-4} \text{ C}$ .

- Quelle est la valeur de sa capacité  $C$  ?
- Calculer son énergie électrostatique  $E_{\text{él}}$ .

$$(C = 5 \mu\text{F})$$

$$(E_{\text{él}} = 1 \text{ mJ})$$

### EL13 Capacité d'un condensateur plan

Les armatures d'un condensateur plan ont pour surface  $S = 50 \text{ cm}^2$  et sont distantes de  $d = 5 \text{ mm}$ . L'espace entre les armatures est constitué par de l'air. Calculer sa capacité  $C$ .

$$(C = 8,854 \text{ pF})$$

### EL14 Influence du diélectrique

Un condensateur plan comporte deux armatures de surface  $S = 200 \text{ cm}^2$ , séparées par un isolant de  $3 \text{ mm}$  d'épaisseur. Cet isolant pourra être successivement de l'air ou du mica ( $\epsilon_r = 8$ ).

On charge le condensateur sous la tension  $U = 200 \text{ V}$ . On demande dans les deux cas de :

- Calculer sa capacité.
- Déterminer sa charge.
- Quelle est l'énergie emmagasinée ? Conclure.

$$(C_{\text{air}} = 0,059 \text{ nF}; C_{\text{mica}} = 0,472 \text{ nF})$$

$$(Q = 11,8 \text{ nC}; Q = 94 \text{ nC})$$

$$(E_{\text{él}} = 1,18 \mu\text{J}, E_{\text{él}} = 9,44 \mu\text{J})$$

### EL15 Condensateur plan

Un condensateur plan est formé par des armatures de surface  $S$ , le diélectrique de permittivité  $\epsilon_r$  a pour épaisseur  $e$ . On charge ce condensateur en le laissant connecté à un générateur fournissant une tension  $U$ .

Comment varient la capacité  $C$ , la charge  $Q$  et l'énergie  $E_{\text{él}}$  du condensateur si :

- $S$  est divisée par 2 ?
- $e$  est divisée par 2 ?
- $U$  est divisée par 2 ?
- On décale l'une des armatures parallèlement à elle-même ?

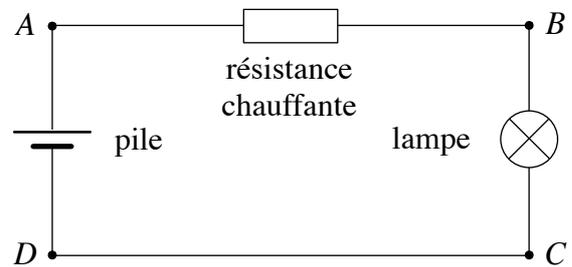
Refaire l'exercice dans le cas où on déconnecte le condensateur du générateur après l'avoir chargé sous une tension  $U$ .

## Dipôles actifs

### EL16 Circuit électrique

On considère le circuit ci-contre formé d'une pile de tension 6 V d'une résistance chauffante de valeur  $R = 10 \Omega$  et d'une lampe. L'intensité du courant est  $I = 0,45 \text{ A}$ .

- Déterminer les potentiels en  $A$ ,  $B$  et  $C$  en choisissant  $V_D = 0$ .
- Calculer la tension aux bornes de la lampe.



(a)  $V_A=6V$ ;  $V_B=1,5V$ ;  $V_C=0V$ ;  $V_D=0V$ ; b)  $U_{lampe}=1,5V$

### EL17 Générateur

La différence de potentiel aux bornes d'un générateur est de 8,75 V lorsqu'il débite un courant d'intensité 1,3 A et de 7,5 V lorsque le courant vaut 1,8 A.

Calculez la f.é.m. et la résistance interne de ce générateur.

( $r=2,5\Omega$ ;  $E=12V$ )

### EL18 Puissance en fonction de l'intensité

Un générateur a une f.é.m.  $E = 11 \text{ V}$  et une résistance interne  $r = 5,5 \Omega$ .

- Exprimez, en fonction de l'intensité  $I$  débitée :
  - la tension entre les bornes de ce générateur, ( $U = 11 - 5,5I$ )
  - la puissance utile fournie par ce générateur, ( $P_{\text{utile}} = 11I - 5,5I^2$ )
  - son rendement électrique. ( $\eta = 1 - 0,5I$ )
- Tracez la courbe représentant  $P = f(I)$ . Pour quelle valeur de l'intensité la puissance est-elle maximale ? ( $P_{\text{maximal}} \text{ si } I = 1A$ )

### EL19 Moteur électrique

Un moteur électrique a une f.c.é.m.  $E' = 100 \text{ V}$  et une résistance interne  $r' = 4 \Omega$ .

- Quelle est l'intensité de courant qui traverse le moteur si la tension à ses bornes vaut 110 V ? ( $I = 2,5A$ )
- Quelle est la tension à appliquer pour qu'il soit traversé par un courant d'intensité 4 A ? ( $U = 116 \text{ V}$ )

### EL20 Moteur électrique

Un moteur électrique de résistance  $0,8 \Omega$  est parcouru par un courant de 10 A lorsqu'il est alimenté sous une tension de 90 V.

Déterminez :

- sa f.c.é.m., ( $E' = 82V$ )
- la puissance reçue par ce moteur, ( $P_{\text{reçue}} = 900W$ )
- la puissance utile fournie par ce moteur, ( $P_{\text{utile}} = 820W$ )
- son rendement électrique. ( $\eta = 91,1\%$ )

**EL21 Accumulateur**

Un accumulateur de f.é.m.  $E = 12 \text{ V}$  et de résistance interne  $r = 1 \Omega$  alimente un moteur électrique de f.c.é.m.  $E' = 10 \text{ V}$  et de résistance interne  $r' = 2 \Omega$ .

Déterminez :

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| a) l'intensité du courant dans le circuit ;        | $(I=2/3A)$                            |
| b) la tension entre les bornes de l'accumulateur ; | $(U=11,3V)$                           |
| c) la puissance utile fournie par le moteur ;      | $(P_{\text{utile}} = 20/3 \text{ W})$ |
| d) le rendement du moteur.                         | $(\eta = 88,2\%)$                     |

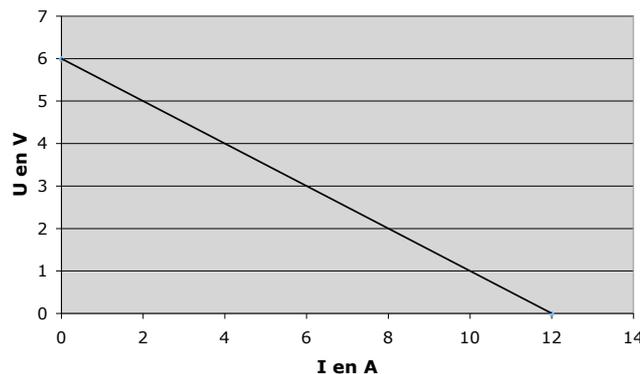
**EL22 Moteur de pompe**

Un générateur ( $E = 12 \text{ V}$  ;  $r = 0,1 \Omega$ ) alimente un moteur de pompe ( $E' = 6 \text{ V}$  ;  $r' = 0,5 \Omega$ ).

- |  |                      |
|--|----------------------|
| a) Quelle sera l'intensité de courant dans le circuit, si le moteur est directement relié au générateur ?  | $(I = 10 \text{ A})$ |
| b) Il peut arriver qu'un caillou bloque la pompe (le moteur ne tourne plus). Quelle sera alors l'intensité de courant ?  | $(I = 20 \text{ A})$ |
| c) Au-delà d'une intensité de $12 \text{ A}$ , le moteur risque de se détériorer. Quelle résistance minimale $R$ faut-il brancher en série, pour qu'en cas de blocage, l'intensité ne dépasse pas la valeur limite ? | $(R=0,4 \Omega)$     |

**EL23 Caractéristique d'un accumulateur**

On enregistre la caractéristique suivante :



- |  |                        |
|--|------------------------|
| a) Tracez le dispositif expérimental qui conduit à cette mesure.   |                        |
| b) Déduire du graphique l'intensité du courant court-circuit, et la f.é.m. et la résistance interne de l'accumulateur. | $(E=6V ; r 0,5\Omega)$ |
| c) Expliquez les transformations d'énergie qui ont lieu.   |                        |

**EL24 Génératrice**

Une génératrice de courant continu convertit une puissance mécanique de  $P_m = 1,86 \text{ kW}$  en énergie électrique. La tension à ses bornes est de  $112 \text{ V}$  et elle débite un courant électrique de  $14,2 \text{ A}$ .

- |   |  |
|---|--|
| a) Calculer la puissance électrique fournie par cette génératrice au circuit extérieur.         |  |
| b) Calculer la puissance du transfert thermique dissipé par effet Joule.                        |  |
| c) Quelles sont la f.é.m. de la génératrice ainsi que sa résistance interne $r$ ?               |  |
| d) Sous forme d'un schéma, faire un bilan d'énergie de cette génératrice en terme de puissance. |  |

$$(P_{el} = 1590 \text{ W} ; P_{th} = 270 \text{ W} ; E=131V , r = 1,34\Omega)$$

**EL25 Pile électrochimique**

On se propose de tracer la caractéristique  $U = f(I)$  d'une pile électrochimique en utilisant comme instrument de mesure deux multimètres. On dispose également d'un rhéostat et des fils de jonction nécessaires.

- Faire le schéma du montage électrique permettant d'effectuer ce tracé. Préciser le rôle de chacun des multimètres employés.
- Les différentes mesures sont consignées dans le tableau suivant :

$I$ en mA	0	100	200	300	400	500	600
$U_{PN}$ en V	4,7	4,54	4,40	4,27	4,13	3,98	3,82

Tracer la caractéristique de la pile.

- En utilisant le tracé, déterminer la f.é.m.  $E$  de la pile et sa résistance interne  $r$  et donner l'équation de la caractéristique. ( $E=4,7V$  ;  $r=1,44 \Omega$  ;  $U = 4,7-1,44I$ )
- Si la pile était mise en court-circuit, quelle serait alors l'intensité  $I_{cc}$  du courant électrique ? ( $I_{cc}=3,3 A$ )

**EL26 Moteur électrique**

Un moteur électrique ( $E' = 4 V$  ;  $r' = 4 \Omega$ ) est alimenté par un générateur ( $E = 12 V$  ;  $r = 2 \Omega$ ).

- Calculer la tension aux bornes du moteur et l'intensité qui le traverse. ( $U=28/3V$  ;  $I=4/3A$ )
- Le moteur est bloqué. Que deviennent la tension et l'intensité ? ( $U=8V$  ;  $I=2A$ )

**EL27 Cellule à électrolyse**

Une cellule à électrolyse a une f.c.é.m.  $E' = 1,6 V$  et une résistance interne  $r' = 0,1 \Omega$ .

- On applique une tension  $U_1 = 2,1 V$ . Calculer l'intensité  $I_1$  du courant qui traverse la cellule à électrolyse.
- On veut que l'intensité du courant soit  $I_2 = 8 A$ . Quelle est la tension  $U_2$  à appliquer ?
- Calculer la puissance électrique reçue par la cellule ainsi que la puissance dissipée par effet Joule.
- En déduire le rendement de la transformation d'énergie dans l'électrolyseur.
- On veut que la puissance électrique consommée par l'électrolyseur soit de  $15,5 W$ . Quelle tension faut-il appliquer ?

$$(I=5A ; U=2,4V ; P_{el} = 19,2W, P_{th} = 6,4W ; \eta = 66,7\% ; U = 2,28V)$$

**EL28 Pile**

Une pile de f.é.m.  $E = 4,5 V$  et de résistance interne  $r = 2 \Omega$  est branchée aux bornes d'un conducteur ohmique de résistance  $R$ . L'intensité du courant qui traverse le circuit est  $I = 0,3 A$ .

- Déterminer la tension aux bornes de la pile et la puissance électrique qu'elle fournit.
- Calculer la valeur de la résistance  $R$ .
- Calculer la puissance totale dissipée par effet Joule dans ce circuit.

$$(U_{pile}=3,9V, P_{el} = 1,17W ; R = 13\Omega ; P_{th} = 1,35 W)$$

**EL29 Générateur**

Un générateur de f.é.m.  $E = 33 \text{ V}$  débite un courant d'intensité  $I = 11 \text{ A}$  lorsqu'il est connecté à un conducteur ohmique de résistance  $R = 2,5 \Omega$ . Calculer :

- la puissance dissipée par effet Joule dans le conducteur ohmique, ( $P_{th} = 302,5 \text{ W}$ )
- la puissance totale disponible dans le générateur, ( $P_{chim} = 363 \text{ W}$ )
- la puissance dissipée par effet Joule dans le générateur, ( $P_{th} = 60,5 \text{ W}$ )
- la résistance interne du générateur. ( $r = 0,5 \Omega$ )

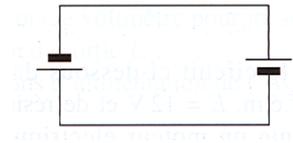
**EL30 Deux piles**

On considère le circuit suivant formé de deux piles de même f.é.m.  $E = 4,5 \text{ V}$  et de même résistance interne  $r = 1,5 \Omega$ .

Calculer:

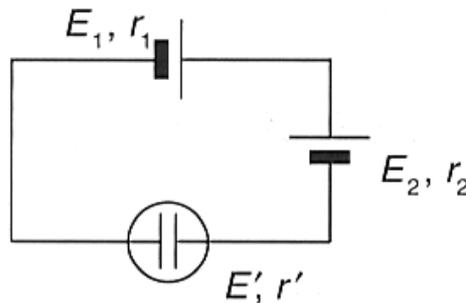
- l'intensité du courant qui traverse le circuit ;
- la puissance totale dissipée par effet Joule.
- Reprendre les mêmes questions après avoir inversé le sens de l'une des deux piles.

$$(I = 3 \text{ A}, P_{therm} = 27 \text{ W}, I = 0 \text{ A})$$

**EL31 Circuit électrique**

On considère le circuit suivant comportant l'association en série de deux accumulateurs ( $E_1, r_1$ ) et ( $E_2, r_2$ ), et d'un électrolyseur ( $E', r'$ ) :

$E_1 = 12 \text{ V}$  ;  $r_1 = 4 \Omega$  ;  $E_2 = 4 \text{ V}$  ;  $r_2 = 3 \Omega$  ;  $E' = 3 \text{ V}$  ;  $r' = 2 \Omega$ .



- Déterminer le sens et l'intensité du courant dans le circuit.
- Comment fonctionne l'accumulateur 2 ?

Calculer:

- la puissance totale fournie par l'accumulateur 1 ;
- la puissance électrique reçue par l'accumulateur 2 ;
- la puissance électrique reçue par l'électrolyseur.

$$(I = 0,55 \text{ A}, P_{tot\ fournie\ 1} = 6,67 \text{ W}, P_{\acute{e}l\ fournie\ 1} = 5,43 \text{ W}, P_{\acute{e}l\ re\c{c}ue\ 2} = 3,15 \text{ W}, P_{\acute{e}l\ re\c{c}ue\ e'} = 2,28 \text{ W})$$

## D. Électromagnétisme

### EM1 Champs magnétiques

Un solénoïde est branché à un générateur de courant.

- Effectuer un schéma du montage et y insérer le générateur, le courant électrique à travers la bobine, les lignes de champ magnétique ainsi que les pôles des deux faces de la bobine.
- Déterminer la valeur du champ magnétique si le solénoïde a une longueur de 5 cm, contient 1000 spires et est parcouru par un courant d'intensité 6 A. ( $B=151 \text{ mT}$ )

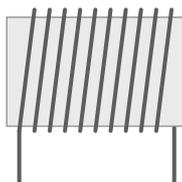
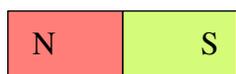
### EM2 Superposition de deux champs magnétiques

Un solénoïde de 60 cm de long comporte 650 spires. Son axe est horizontal et perpendiculaire au plan du méridien magnétique terrestre. Au centre de ce solénoïde, on place une petite aiguille aimantée horizontale, mobile librement autour d'un axe vertical.

- En absence de courant électrique dans le solénoïde, préciser l'orientation de l'aiguille.
- Un courant d'intensité  $I$  traverse le solénoïde. La petite aiguille dévie d'un angle de  $78^\circ$  par rapport à sa position initiale.
  - Interpréter l'expérience.
  - Préciser sur un schéma clair le sens de circulation du courant et justifier la nouvelle position de l'aiguille.
- Déterminer l'intensité du courant dans le solénoïde. ( $I=69,1 \text{ mA}$ )

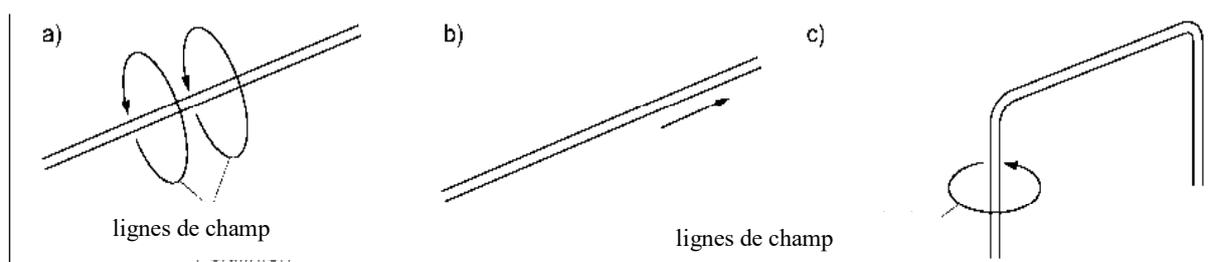
### EM3 Superposition de deux champs magnétiques

Un aimant droit crée en un point  $P$  à l'intérieur d'un solénoïde de 140 spires et de longueur 16 cm un champ magnétique de valeur 2,5 mT. Déterminer le sens et l'intensité du courant électrique qui va annuler le champ magnétique en  $P$ . ( $I = 2,27 \text{ A}$ )



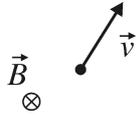
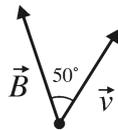
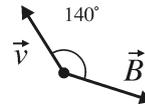
### EM4 Champ magnétique

Déterminez dans les 3 cas ci-dessous, soit le sens du courant électrique soit le sens des lignes de champ magnétiques tout au long du conducteur.



**EM5 Force de Lorentz**

Déterminer dans les cas suivants la direction, le sens et l'intensité de la force de Lorentz si  $v = 2 \cdot 10^4$  m/s,  $B = 0,1$  T et  $|q| = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C.

a)  $q < 0$ b)  $q > 0$ c)  $q > 0$ d)  $q < 0$ 

$$(f_m = 3,2 \cdot 10^{-16} \text{ N}; f_m = 3,2 \cdot 10^{-16} \text{ N}; f_m = 2,45 \cdot 10^{-16} \text{ N}; f_m = 2,06 \cdot 10^{-16} \text{ N})$$

**EM6 Force de Laplace**

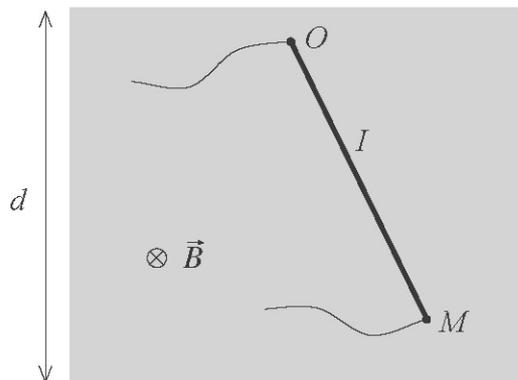
Un fil en cuivre de longueur  $l = 50$  cm est traversé par un courant d'intensité  $I = 10$  A. Il se trouve dans un plan horizontal et est perpendiculaire à la direction Sud-Nord magnétique. L'inclinaison du champ magnétique terrestre est  $i = 60^\circ$ .

Déterminer la direction et l'intensité de la force de Laplace.

$$(F = 0,2 \text{ mN})$$

**EM7 Force de Laplace**

Un conducteur en cuivre de masse  $m$  et de longueur  $OM$ , mobile autour de  $O$ , est placé entre les pôles d'un aimant en U. Il est parcouru par un courant électrique d'intensité  $I$ . Le champ magnétique uniforme s'étend sur une distance  $d$ .



a) Déterminer le sens du courant électrique.

(de  $O$  vers  $M$ )

b) Représenter sur une figure les forces qui agissent sur le conducteur.

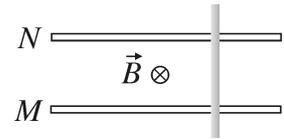
c) Calculer l'angle  $\theta$  formé par la tige avec la verticale, sachant que :

$$m = 100\text{g}, OM = 25 \text{ cm}, I = 2\text{A} \text{ et } B = 800 \text{ mT.}$$

$$(\theta = 24,1^\circ)$$

## EM8 Tige sur rails

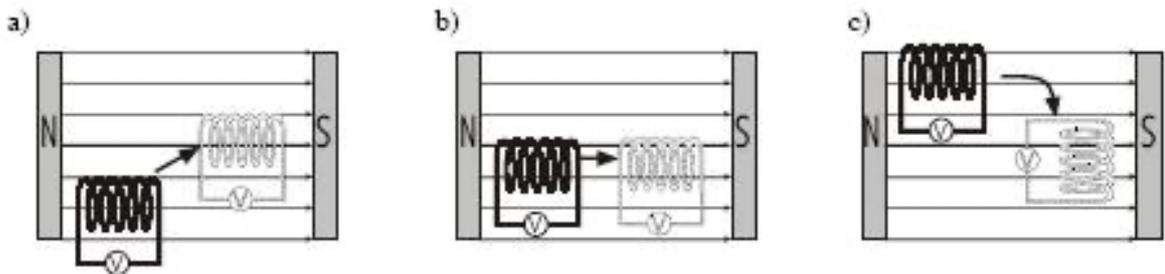
Une tige en cuivre de 20 cm de longueur et 250 g de masse repose sur deux rails conducteurs distants de 15 cm et disposés dans un plan horizontal. Le dispositif est placé dans un champ magnétique uniforme d'intensité  $B = 0,3 \text{ T}$ .



- Comment peut-on créer un champ magnétique uniforme ? Citer deux exemples.
- On branche un générateur de courant continu à ce dispositif : le pôle positif en  $N$ , le pôle négatif en  $M$ . Représenter sur une figure la force magnétique exercée sur la tige et calculer sa valeur si l'intensité du courant vaut 10 A. ( $F = 0,45 \text{ N}$ )
- Quel doit être l'angle d'inclinaison du rail par rapport au plan horizontal pour que la tige soit en équilibre ? Faire une figure. ( $\theta = 10,4^\circ$ )

## EM9 Induction électromagnétique.

Dans quelle(s) situation(s) observera-t-on une tension induite dans la bobine, qui est déplacée dans un champ magnétique uniforme ? Expliquez. S'il n'y a pas de tension induite, l'expliquez également.



(non, non, oui)

## EM10 Induction électromagnétique

On approche le pôle Nord d'un aimant droit de la face gauche d'un solénoïde, qui est branché dans un circuit électrique fermé contenant un ampèremètre à cadre mobile.

- Faire un schéma annoté de l'expérience. Déterminer, à l'aide d'une considération par le flux magnétique, le sens du courant électrique dans le solénoïde ainsi que le sens dans lequel l'aiguille de l'ampèremètre dévie.
- Vérifier votre résultat par une autre réflexion.