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 u.a. = $1{,}5\cdot10^{8}$ km.

a) Exprimer l'unité astronomique en années -lumière. (1 u.a. = $1{,}59\cdot10^{-5}$ a.l.)
b) Déterminer, en km, u.a. et a.l. , les distances suivantes :
   - distance Terre-Lune : $3{,}84\cdot10^{5}$ km ;
   - distance Terre-nébuleuse de la Lyre : 2300 a.l. ;
   - distance Pluton-Soleil : $5{,}9\cdot10^{9}$ km.

$d_{TL} = 3{,}84\cdot10^{5}$ km = $2{,}56\cdot10^{-3}$ ua = $4{,}1\cdot10^{-8}$ al
$d_{Tn} = 2\ 300$ ua = $3{,}45\cdot10^{12}$ km = 0,365 al
$d_{PS} = 5{,}9\cdot10^{9}$ km = 39,3 ua = $6{,}24\cdot10^{-4}$ al

O2 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 cm. Face à O, à une distance d = 15cm, on place un objet plan AB de hauteur h = 2,0 cm, fortement éclairé.

1. 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 cm)

2. On soulève l'objet AB verticalement de 2,0 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 cm)

Réflexion et réfraction de la lumière

O3 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° . Un rayon lumineux, issu d'une source S, frappe M_1 en I.

a) Tracer le rayon réfléchi sur M_1 puis sur M_2.
b) 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.

O4 Deux miroirs accolés à 50°

Deux miroirs plans M_1 et M_2 sont accolés de sorte que leurs surfaces réfléchissantes fassent un angle $\beta = 50°$. Un rayon SI, parallèle à M_2, frappe M_1 en I. Tracer le rayon réfléchi sur M_1 puis sur M_2. Déterminer, sous forme littérale et numérique, en fonction de β l'angle de déviation δ que fait le second rayon réfléchi avec le rayon incident en I.

($\delta = 180° - 2\beta = 80°$)

O5 Miroir tournant

Un rayon lumineux issue d'une source S frappe en un point I un miroir plan M avec un angle d'incidence α.

a) Tracer le rayon réfléchi IR.
b) Sans changer le rayon incident, on fait tourner le miroir d'un angle θ autour d'un axe horizontal passant par I et colinéaire au plan du miroir. Déterminer, en fonction de θ, l'angle β dont a tourné le rayon réfléchi IR.
c) Calculer la valeur de cet angle pour $\theta = 10°$.
d) Quel peut être l'intérêt pratique de ce résultat ?

O6 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 doit-il se trouver du sol pour que l'observateur s'y voie en entier ?

O7 Dioptre air - eau

Un rayon lumineux passe de l'air dans l'eau avec un angle d'incidence $\alpha_1 = 60°$; l'angle de réfraction α_3 est de 40° .

a) Déterminer l'indice de l'eau. ($n_{eau} = 1,35$)
b) 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 $\alpha'_1 = 60°$. Obtiendra-t-on un rayon réfracté dans l'air ? Pourquoi ?

(réflexion totale → angle d'incidence limite vaut 47,9°)

O8 Dioptre 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 ?

a) Le rayon passe de l'air au verre, l'angle d'incidence valant $\alpha_1 = 50°$. ($\alpha_2 = 30,3°$)
b) Le rayon passe du verre à l'air, l'angle d'incidence valant $\alpha'_1 = 30°$. ($\alpha_2 = 49,5°$)

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.

a) 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.
b) 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 :

a) l'objet est à 2 m de la lentille ;
b) l'objet est à 50 cm de la lentille ;
c) l'objet est à 20 cm de la lentille ;
d) l'objet est à 15 cm de la lentille ;

Exercices supplémentaires lentilles:

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

2. Un objet se trouve à 800 mm de son image créée à travers une lentille de distance focale f = 150 mm. Détermine par le calcul les positions possibles de la lentille pour ce problème. Que peut-on dire sur les grandissements dans les deux cas ?

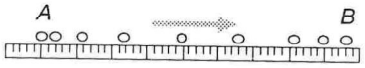
(p=200mm et g=3 ou p = 600 mm et g = 1/3)

B. Mécanique

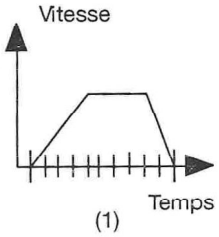
Cinématique

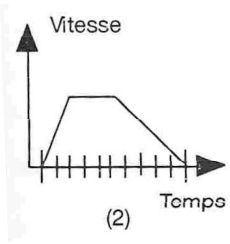
C1 Etude stroboscopique d'un mouvement

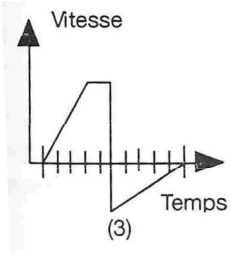
Le diagramme ci-dessous représente les positions d'un même mobile entre son départ A et son arrêt B, notées à intervalles de temps réguliers (comme sur une photographie stroboscopique).

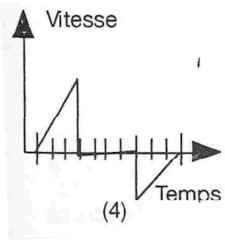


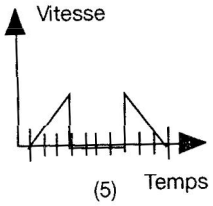
Quel est le diagramme vitesse-temps qui figure le mieux ce mouvement ?











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 km/h = 3,80 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 : «Etant 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 ?

C4 Accélération moyenne

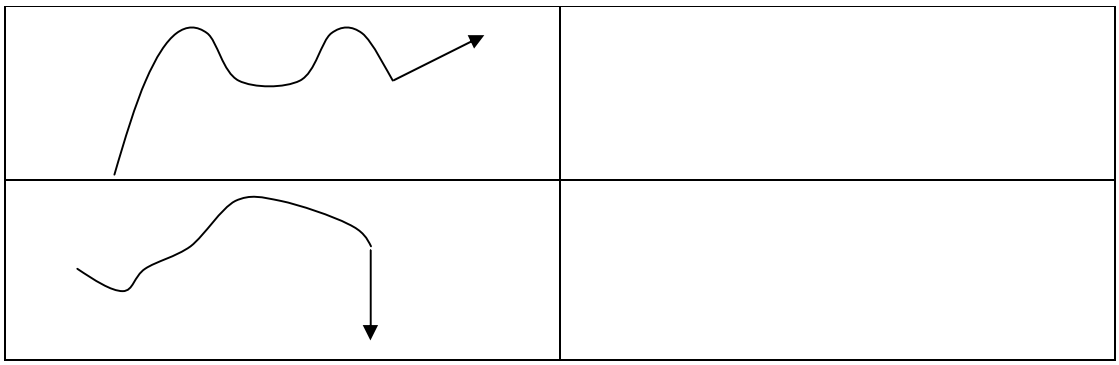
Déterminez l'accélération moyenne dans chacun des cas suivants.

- 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 m/s^2 ; a_x=-12,5 m/s^2 ; a_x=200 m/s^2)

C5 Evolutions de mouvements accélérés

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



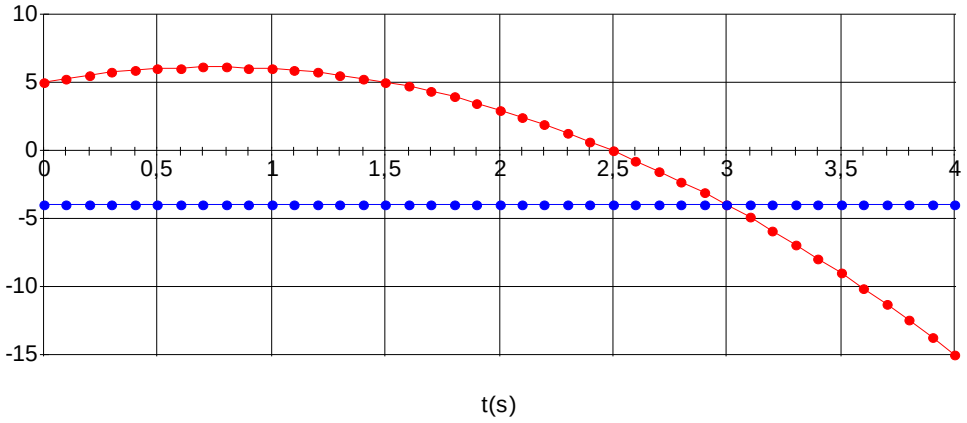
C6 Etude graphique du MRUV

Voici l'enregistrement du mouvement d'un chariot sur un rail incliné.
Précisez laquelle des courbes est x, resp. a_x. Motivez votre choix.

a) Etablissez l'expression de x(t), de $v_x(t)$ et de $a_x(t)$ à partir du graphique.
b) Rajoutez $v_x(t)$ sur le graphique.
c) Où le mouvement est-il accéléré, où est-il freiné ? Expliquez !

a) $x(t) = -2t^2+3t+5$ et $v_x(t) = -4t+3$

b) 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.



C7 TGV

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

C8 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.

a) Calculer la valeur de la décélération.
b) 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 ?
c) 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 ?

Réponses partielles : a) -6,94 m/s^2. b) 26,1 m. c) d=10 m derrière l'obstacle -> Choc.

C9 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) A quelle date A dépassera-t-il B ?
b) Quelle sera alors la distance parcourue par chaque piéton depuis l'origine des temps ?
c) Représentez sur un graphique la position des piétons en fonction du temps.

a) t = 160s
b) Δx_A=240 m et Δx_B=160 m

C10 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 et analytiquement le lieu et la date de la rencontre, sachant que la distance Paris-Luxembourg vaut 400 km. t=8h30 à Reims

C11 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.

a) Calculez la durée de la poursuite. t=24s
b) Déterminez la distance parcourue lors de la poursuite. $\Delta x_M = \Delta x_A$=800m
c) Interprétez les résultats sur un graphique (pas nécessairement à l'échelle).
d) Calculez la vitesse du motard lorsqu'il rattrape l'auto. v_{xM}=66,7m/s=240km/h

C12 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 m/s^2.

a) Montrez que pour d = 100 m, la voyageuse ne peut pas rejoindre son train.
b) Déterminez à quelle date la voyageuse rejoint le train, si d = 40 m.
c) Déterminez quelle devrait être la distance minimale d_{min} 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 solution pour l'éq. Du 2e degré
b) t=6,20s (et t=25,8s) c) d_{min}=64m

Dynamique

D1 Quantités de mouvement

Comparez les valeurs des quantités mouvement :

a) d'une balle de fusil de masse 20 g et de vitesse 500 m/s, p_{balle} = 100 kg m/s
b) d'une boule de pétanque de masse 1 kg et de vitesse 10 m/s. p_{boule} = 10 kg m/s

D'après vous, la quantité de mouvement suffit-elle à décrire complètement le comportement des corps mobiles ?

D2 Etang 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.

a) Quelle est la nature de votre mouvement ? MRU
b) 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 ?
c) Comment ferez-vous pour regagner le bord de l'étang ?

D3 Motrice

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

a) 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 m/s. Quelle est la masse du wagon ?
b) 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 m/s. Quelle est la vitesse initiale du wagon ?

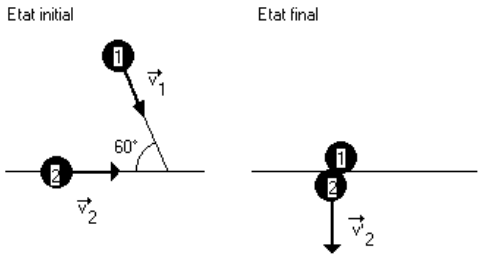
D4 Neutron

Un neutron vient frapper, à la vitesse $v_n = 10^6$ m/s, un noyau d'hélium (particule α) immobile. Le noyau d'hélium est projeté dans le sens de v_n à la vitesse $v_\alpha = 4\cdot10^5$ m/s, tandis que le neutron rebondit dans le sens inverse, à la vitesse $v'_n = 6\cdot10^5$ m/s. Quelle relation peut-on en déduire entre la masse m_α du noyau d'hélium et la masse m_n du neutron (figure!)?

D5 Billard

Deux boules de billard de même masse progressent suivant des directions qui font un angle de 60° aux vitesses respectives $v_1 = 1$ m/s et $v_2 = 0{,}8$ m/s. Après le choc, la boule (2) part perpendiculairement à sa direction initiale à la vitesse $v'_2 = 1{,}2$ m/s. Déterminez la vitesse (norme et direction) de la boule (1) après le choc.

($v'_1 = 2{,}13$ m/s et $\alpha'_1 = 14{,}4°$)



D6 Décélération d'une voiture

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

Déterminez la valeur de la décélération de la voiture et déduisez-en l'intensité de la force de freinage. (a_x=-1,67 m/s^2 et a = 1,67 m/s^2 ainsi F = 1,33 kN)

D7 Base-Ball

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

a) elle est lancée à 25 m/s par une main qui se déplace de 2 m;
b) elle est ensuite frappée par un bâton qui inverse le sens du mouvement et lui donne la vitesse de 35 m/s en 5 ms;
c) elle est attrapée par un joueur dont le gant se déplace de 15 cm après que la balle ait ralenti jusqu'à 20 m/s.

D8 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. Quelle est son accélération verticale initiale ?

D9 Savonnette

Une savonnette de masse m = 50 g glisse sur un plan incliné d'un angle $\alpha = 15°$ par rapport à l'horizontale. On néglige les frottements. Calculez l'accélération de la savonnette.

D10 Fillette

Une fillette de masse 30 kg monte en patins à roulettes un plan incliné à 10° à 15 km/h. En supposant qu'elle ne fait aucun effort pour maintenir sa vitesse, quelle distance parcourt-elle sur le plan incliné avant de s'arrêter ? On néglige le frottement.

D11 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 :

a) Elle accélère sur sol horizontal sans frottement.
b) Elle accélère sur un plan incliné montant faisant un angle de 15° avec l'horizontale sans frottement.
c) Elle accélère sur un plan incliné montant faisant un angle de 15° avec l'horizontale et subit une force de frottement de 1500 N opposée au mouvement.

D12 Cycliste

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

a) Calculez son accélération.
b) 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. Quelle force motrice doit-il développer ?
c) Ce cycliste descend une pente en roue libre. Partant sans vitesse initiale, il atteint une vitesse de 10 m/s au bout de 200 m. Quelle est l'inclinaison de la pente ?

Travail et puissance

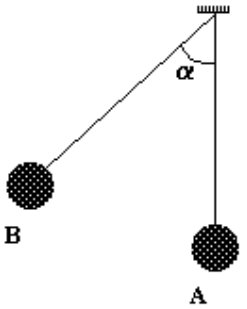
T1 Automobile

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.

a) Calculez le travail du poids sur le trajet complet.
b) Calculez le travail de la force de frottement sur le trajet complet.

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 α = 30° avec la verticale.



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

T3 Caisse

Calculer la puissance moyenne fournie par une machine qui soulève une caisse de 500 kg à une hauteur de 20 m en 60 s.
Rép. : 1,63 kW.

T4 Pente

Une voiture de 1000 kg monte une pente de 3 % à 20 m/s. Trouver la puissance nécessaire, sans tenir compte du frottement.
Rép. : 5,9 kW.

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 %, calculer la puissance fournie par la turbine.
Rép. : 47 kW.

T6 Voiture

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

a) 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.
b) La force de frottement vaut 1800 N. Calculez le travail du poids et de la force motrice sur un trajet de 10 km.
c) Calculez la puissance de la voiture.
d) Reprenez les points a), b) et c) en supposant que la voiture monte un col de pente constante de 12%.

a) Force motrice fait un travail moteur, force de frottement fait un travail résistant, Poids et réaction du sol font un travail nul.
b) W(poids) = 0J ; W(force motrice) = 18MJ
c) P(force motrice) = 54 kW
d) force motrice fait un travail moteur, force de frottement et poids font un travail résistant, réaction du sol fait un travail nul
W(poids) = 17,7 MJ, W(force motrice) = 35,7 MJ
P(force motrice) = 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. Quelle est l'intensité moyenne de la force qui s'est opposée à la traversée du film ?
Rép. : $1{,}75 \cdot 10^{-9}$ 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 $\alpha = 40°$ de sa position d'équilibre et on abandonne la bille sans vitesse initiale. Calculer, en utilisant la conservation de l'énergie, la vitesse v de la bille lorsqu'elle passe par sa position d'équilibre.

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_1 par l'action d'une force de résistance d'intensité 1900 N. Représenter toutes les forces et calculer la vitesse v_1 en utilisant le théorème de l'énergie cinétique.

E4 Perle

a) La figure montre une perle glissant sur un fil. Quelle doit être 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.
Rép. : 20,4 cm.

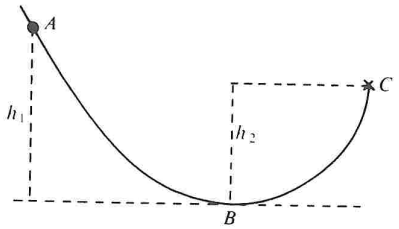


Fig. 6-8

b) 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. Quelle est l'intensité de la force de frottement qui s'oppose au mouvement ? (F_{frott} = 1,47 mN)

E5 Flipper

Pour lancer une boule (masse 50 g) de « flipper », on comprime un ressort de raideur 200 N/m de 10 cm. Quelle sera 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.

a) si le flipper est horizontal ? (v= 6,32 m/s)
b) s'il fait un angle de 5° avec l'horizontale ? (v = 6,10 m/s)

Dans les deux cas, on néglige le frottement entre la boule et le support.

C. Electricité

Champ électrique

EL1 Deux charges ponctuelles

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

a) En quel point (autre que l'infini) la force électrique résultante exercée sur une troisième charge ponctuelle serait-elle nulle ?
b) Reprenez la question avec $q_2 = -3\mu C$.

EL2 Proton et électron

À quelle distance la force électrique entre un proton et un électron serait-elle égale à $1\,N$?

EL3 Force électrique

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

a) Décrivez le champ électrique extérieur responsable de cette force.
b) Quelle serait la force exercée sur une charge ponctuelle q_2=-6.4 nC située au même point ?

EL4 Champ et forces électriques

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

a) Trouvez le champ électrique créé par q_1 au point où se trouve q_2.
b) Trouvez le champ électrique créé par q_2 au point où se trouve q_1.
c) Quelle est la force électrique exercée par q_1 sur q_2?
d) Quelle est la force exercée par q_2 sur q_1?

Travail et potentiel électriques

EL5 Champ et forces électriques

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

a) 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?
b) 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*?
c) Déterminer l'énergie cinétique du proton en B ainsi que la variation de l'énergie cinétique en tre a et B. Conclure.

EL6 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 $d = 20\ cm$.

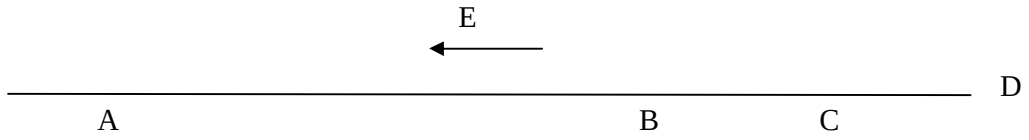
a) On établit la tension $U = 4000\ V$ entre ces plaques de manière à créer entre celles-ci un champ électrique uniforme E. Quels sont la direction, le sens et l'intensité du champ E? (On admet que ce dernier n'est pas perturbé par la présence de la charge q.)

b) Faire un schéma montrant l'inclinaison subie par le pendule et calculer l'angle α 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 $W(f_e)$ de la force électrique f_e qui s'exerce sur la boule pendant ce déplacement.

EL7 Trois points

Trois points A, B et C, situés dans cet ordre sur une droite D, sont placés dans un champ électrique uniforme E, parallèle à la droite D et orienté vers la gauche.



On donne : AB = 30 cm, BC = 10 cm ; E = 1500 V/m.
Calculez les tensions U_{AB}, U_{BC} et U_{CA}.

EL8 Charge

Une charge $q = 10^{-7}$ C se déplace en ligne droite, de A vers B, dans un champ électrique uniforme E d'intensité E = 600 V/m et faisant un angle de 30° avec la direction de AB.
Calculez :

a) le travail de la force électrique qui s'exerce sur q au cours du déplacement entre A et B.
b) la valeur de la tension U_{AB}, sachant que AB = l = 15 cm.

EL9 Potentiel

Soient A (x_A = -2 cm) et B (x_B = 8 cm) deux points d'une droite représentant une ligne de champ d'un champ électrique uniforme E. ~~On donne $V_A = 0$ V et $V_B = 800$ V~~. La tension entreA et B vaut 800V

a) Déterminez les caractéristiques du champ électrique,
b) Calculez valeur du potentiel en O, A et B
c) Calculez le travail de la force électrique que subirait une charge $q = -10^{-8}$ C se déplaçant de A vers M tel que x_M = 5 cm.

EL10 Potentiel

Une particule de charge $q = -10^{-12}$ C est accélérée dans un champ électrique 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.

Condensateurs

EL11 Source de courant

On charge un condensateur de capacité $C = 0,8\ \mu F$ à l'aide d'une source de courant qui débite, pendant le temps $t = 2,5\ s$, un courant d'intensité constante $I = 22\ \mu A$.
Quelle est la charge acquise par le condensateur ? Quelle est la tension entre ses armatures ?

EL12 Energie emmagasinée

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

EL13

Les armatures d'un condensateur plan sont distantes de 1 mm. Il règne entre les armatures un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ d'intensité 20 kV/m; la charge Q du condensateur est, dans ces conditions, égale à $10^{-8}\ C$.

a) Quelle est la valeur de sa capacité C ?
b) Calculer son énergie électrostatique E.

EL14

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

EL15

Un condensateur plan comporte deux armatures de surface $S = 200\ cm^2$, séparées par un isolant de 3 mm d'épaisseur. Cet isolant pourra être successivement de l'air ou du mica ($\varepsilon_r = 8$).
On charge le condensateur sous la tension $U = 200\ V$. On demande dans les deux cas de:

a) Calculer sa capacité.
b) Déterminer sa charge.
c) Quelle est l'énergie emmagasinée? Conclure.

EL16

Un condensateur plan est formé par des armatures de surface S, le diélectrique de permittivité ε_R a pour épaisseur e. On charge ce composant sous la tension U.
Comment varient la capacité C, la charge Q et l'énergie E du condensateur si :

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

EL17 Influence du diélectrique

On considère un condensateur de capacité $C_1 = 2\mu F$ et un second de capacité $C_2 = 8\mu F$.

a) Le premier condensateur est un condensateur plan dont les armatures, placées dans l'air, sont distantes d'un mm. Quelle est leur surface ?
b) Le deuxième condensateur a les mêmes caractéristiques géométriques que le premier, mais on a placé un diélectrique entre les armatures. Quelle est la permittivité relative de ce diélectrique ? Expliquez !
c) Quelle sera l'énergie emmagasinée par chaque condensateur, s'ils sont à tour de rôle branchés à une tension de 100 V ?

On donne : $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ S.I.

Dipôles actifs

EL18 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.e.m. et la résistance interne de ce générateur.

EL19 Puissance en fonction de l'intensité

Un générateur a une f.e.m. E = 11 V et une résistance interne r = 5,5 Ω.

a) Exprimez, en fonction de l'intensité I débitée :
   - la tension entre les bornes de ce générateur,
   - la puissance utile fournie par ce générateur,
   - son rendement électrique.
b) Tracez la courbe représentant P = f(I). Pour quelle valeur de l'intensité la puissance est-elle maximale ?

EL20 Moteur électrique

Un moteur électrique a une f.c.e.m. E' = 100 V et une résistance interne r' = 4 Ω.

d) Quelle est l'intensité de courant qui traverse le moteur si la tension à ses bornes vaut 110 V ?
e) Quelle est la tension à appliquer pour qu'il soit traversé par un courant d'intensité 4 A ?

EL21 Moteur électrique

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

a) sa f.c.e.m.,
b) la puissance absorbée,
c) la puissance utile fournie par ce moteur,
d) son rendement électrique.

EL22 Accumulateur

Un accumulateur de f.e.m. E = 12 V et de résistance interne r = 1 Ω alimente un moteur électrique de f.c.e.m. E' = 10 V et de résistance interne r' = 2 Ω.
Déterminez :

a) l'intensité de courant dans le circuit,
b) la tension entre les bornes de l'accumulateur,

c) la puissance utile fournie par le moteur,
d) le rendement du moteur.

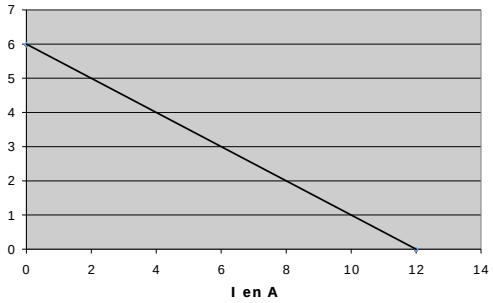
EL23 Moteur de pompe

Un générateur (E = 12 V ; r = 0,1 Ω) alimente un moteur de pompe (E' = 6 V ; r' = 0,5 Ω).

a) Quelle sera l'intensité de courant dans le circuit, si le moteur est directement relié au générateur ?
b) Il peut arriver qu'un caillou bloque la pompe (le moteur ne tourne plus). Quelle sera alors l'intensité de courant ?
c) Au-delà d'une intensité de 12 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 ?

EL24 Caractéristique

On enregistre la caractéristique suivante :



a) Tracez le dispositif expérimental qui conduit à cette mesure.
b) Interprétez la courbe : équation, pente, intersections avec les axes. Quel est l'appareil qui présente une telle caractéristique ?
c) Expliquez les transformations d'énergie qui ont lieu.

EL25 Génératrice

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

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.

EL26 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.

a) Faire le schéma du montage électrique permettant d'effectuer ce tracé. Préciser le rôle de chacun des multimètres employés.
b) 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

c) Tracer la caractéristique de la pile. Caractériser la fonction $U_{PN} = f(I)$. En utilisant le tracé, déterminer la f.é.m. E de la pile et sa résistance interne r.
d) Si la pile était mise en court-circuit, quelle serait alors l'intensité I_{cc} du courant électrique ?

EL27 Moteur électrique

Un moteur électrique fournit une puissance mécanique utile de $1500\,W$ et dissipe simultanément par effet Joule une énergie de $15\,kJ$ par minute. Calculer:

a) la puissance électrique totale consommée par le moteur,
b) l'énergie consommée par le moteur en une heure,
c) le rendement de ce moteur dans les conditions de fonctionnement précédentes.

EL28 Moteur électrique

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

a) Calculer la tension aux bornes du moteur et l'intensité qui le traverse.
b) Le moteur est bloqué. Que deviennent la tension et l'intensité ?

EL29 Cellule à électrolyse

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

a) On applique une tension U_1 = 2.1 V. Calculer l'intensité I_1 du courant qui traverse la cellule à électrolyse.
b) On veut que l'intensité du courant soit I_2 = 8 A. Quelle est la tension U_2 à appliquer ?
c) Calculer la puissance électrique reçue par la cellule ainsi que la puissance dissipée par effet Joule.
d) En déduire le rendement de la transformation d'énergie dans l'électrolyseur.
e) On veut que la puissance électrique consommée par l'électrolyseur soit de $15,5\,W$. Quelle tension faut-il appliquer ?

EL30 Pile

Une pile a une force électromotrice $E = 1,5\,V$ et une résistance interne $r = 0,5\,\Omega$.
On monte cette pile en court-circuit. Quelle est la puissance dissipée par effet Joule ?

EL31 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 $I = 0,3\,A$.

a) Déterminer la tension aux bornes de la pile et la puissance électrique qu'elle fournit.
b) Calculer la valeur de la résistance *R*.
c) Calculer la puissance totale dissipée par effet Joule dans ce circuit.

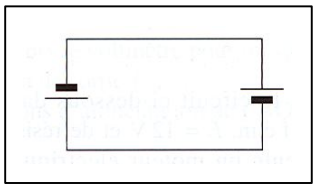
EL32 Générateur

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

a) la puissance dissipée par effet Joule dans le conducteur ohmique,
b) la puissance totale disponible dans le générateur,
c) la puissance dissipée par effet Joule dans le générateur,
d) la résistance interne du générateur.

EL33 Deux piles

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



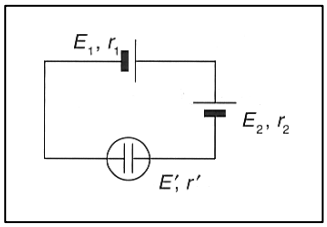
Calculer:

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

EL34 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'):

$E_1 = 12\,V; r_1 = 4\,\Omega; E_2 = 4\,V; r_2 = 3\,\Omega; E' = 3\,V; r' = 2\,\Omega$



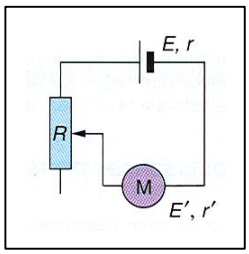
a) Déterminer le sens et l'intensité du courant dans le circuit.
b) Comment fonctionne l'accumulateur 2?

Calculer:

c) la puissance totale fournie par l'accumulateur 1,
d) la puissance électrique reçue par l'accumulateur 2,
e) la puissance électrique reçue par l'électrolyseur.

EL35 Circuit électrique

On donne le circuit suivant dans lequel une batterie d'accumulateurs de f.é.m. $E = 12\,V$ et de résistance interne $r = 5\,\Omega$ alimente un moteur électrique de f.c.é.m. $E' = 6,5\,V$ et de résistance interne $r' = 1,5\,\Omega$ par l'intermédiaire d'un rhéostat R.



L'intensité maximale supportée par le moteur électrique vaut $I_{max} = 500\,mA$. A quelle valeur doit-on régler la résistance du rhéostat lorsque le moteur est en fonctionnement ?

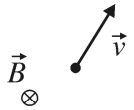
En fait, le rhéostat sert aussi de rhéostat de protection destiné à limiter l'intensité du courant dans le moteur lorsque celui-ci ne tourne pas; quelle doit être la valeur minimale de la résistance du rhéostat pour assurer une protection efficace du moteur ?

D. Electromagnétisme

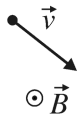
EM1 Force de Lorentz

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 $|q| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C$:

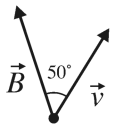
a) $q < 0$



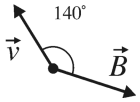
b) $q > 0$



c) $q > 0$



d) $q < 0$



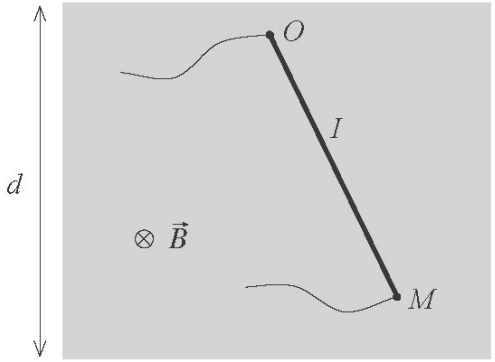
EM2 Force de Laplace

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 $i = 60\,°$.

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

EM3 Force de Lorentz

Un conducteur en cuivre de masse $m = 100\ g$ et de longueur $\overline{OM} = 25\ cm$, mobile autour de O, est placé entre les pôles d'un aimant en U. Il est parcouru par un courant électrique d'intensité $I = 2\ A$. L'intensité du champ magnétique uniforme qui s'étend sur $d = 30\ cm$ est $B = 0{,}8\,T$.



a) Déterminer le sens du courant électrique.
b) Représenter sur une figure les forces qui agissent sur le conducteur.
c) Calculer, à l'équilibre, l'angle θ entre le conducteur et la verticale.