

NOTION DE CINEMATIQUE.

A. MOUVEMENTS DE ROTATION.

EXERCICE 1: 9 p. 17 :

Une fraise de dentiste, de diamètre $d = 2 \text{ mm}$, tourne à $100\,000$ tours par minute (tr. min^{-1}).

1. Quelle est sa vitesse angulaire ?
2. Quelle est la vitesse d'un point de la périphérie de la fraise ?

EXERCICE 2: 10 p. 17

On s'est rendu compte, quand on a voulu augmenter les performances des avions à hélice que, lorsque la vitesse d'un point de la périphérie de l'hélice atteint la vitesse du son dans l'air, de graves turbulences se manifestent qui déstabilisent l'avion.

Sachant que la vitesse du son dans l'air est $c = 330 \text{ m. s}^{-1}$ et que l'hélice de l'avion a une longueur totale $L = 1,60 \text{ m}$, à quel régime maximal, exprimé en nombre de tours par minute, peut-on pousser le moteur ?

EXERCICE 3: 12 p. 17

Un satellite géostationnaire tourne dans le plan de l'équateur terrestre en restant constamment à la verticale d'un point déterminé du sol.

1. Sachant que la Terre effectue un tour autour de son axe en 24 heures et que le satellite évolue à l'altitude $z = 36\,000 \text{ km}$, calculer sa vitesse v .

- Rayon terrestre : $R = 6\,400 \text{ km}$.
2. Calculer sa vitesse angulaire ω ainsi que la fréquence de ce mouvement circulaire uniforme.

EXERCICE 4: 13 p. 17

Le centre de la Terre décrit une orbite pratiquement circulaire autour du Soleil, en une année, soit 365,25 jours.

La Lune, quant à elle, suit autour de la Terre, une trajectoire circulaire qu'elle met 27,32 jours à parcourir.

On admet que les mouvements précédents sont uniformes. Calculer :

1. Les vitesses v_T et v_L de la Terre et de la Lune sur leurs trajectoires.
2. Les vitesses angulaires ω_T et ω_L correspondantes.

- Rayon de l'orbite terrestre : $R_T = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$.
- Rayon de l'orbite lunaire : $R_L = 3,84 \cdot 10^5 \text{ km}$.

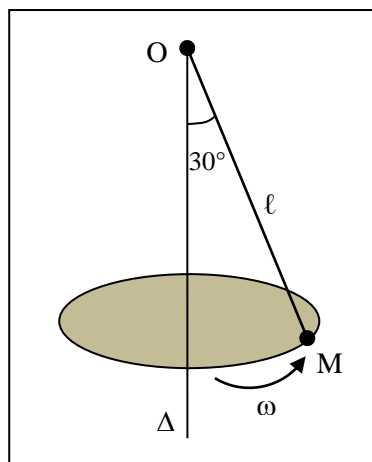
EXERCICE 5: 14 p. 17 :

Une petite sphère M , attachée à l'extrémité d'un fil de longueur $\ell = 1 \text{ m}$, tourne à vitesse constante autour d'un axe vertical fixe Δ .

Lorsque la sphère effectue 32 tours par minute, l'inclinaison du fil sur la verticale est de 30° .

Calculer :

1. La vitesse angulaire ω de la sphère M .
2. Sa vitesse v .



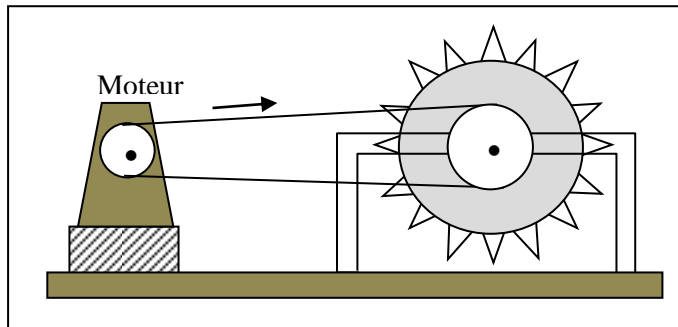
EXERCICE 6: 15 p. 17 :

La figure ci-dessous représente une scie circulaire, le moteur électrique qui la fait tourner et la courroie de transmission. En fonctionnement normal, la courroie ne glisse pas sur les poulies.

La poulie du moteur est un cylindre de rayon $r_1 = 8$ cm ; la poulie d'entraînement de la scie a pour rayon $r_2 = 20$ cm. La lame de scie elle-même est un disque de rayon $r_3 = 35$ cm.

Le moteur tourne à $2\,000$ tr. min^{-1} . Calculer :

1. La vitesse angulaire du moteur.
2. La vitesse de la courroie.
3. La fréquence de rotation de la scie.
4. La vitesse des dents de la scie.

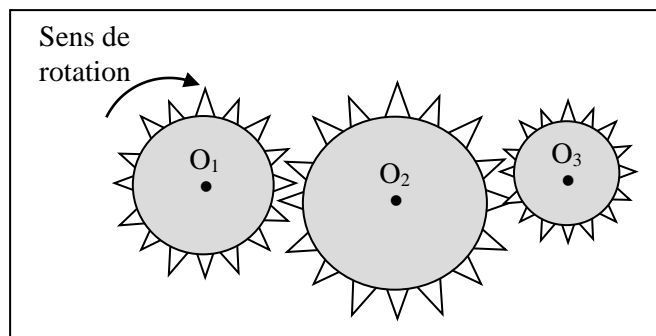


EXERCICE 7: 16 p. 18 :

Le système d'engrenage représenté ci-dessous comporte respectivement : $n_1 = 20$ dents ; $n_2 = 40$ dents et $n_3 = 15$ dents.

Les dents étant toutes identiques, leur nombre est évidemment proportionnel au rayon de la roue qui les porte. On donne la valeur du rayon de la roue n°1 : $r_1 = 6$ cm.

1. Quel est le sens de rotation de la roue n°3 ?
2. La roue n°1 tourne à 10 tr. s^{-1} . Quelles sont les fréquences de rotation des deux autres roues ?
3. Quelle doit être la fréquence, exprimée en nombre de tours par minute, de la roue n°1 pour que la vitesse des dents de la roue n°2 soit de 60 km. h^{-1} ?



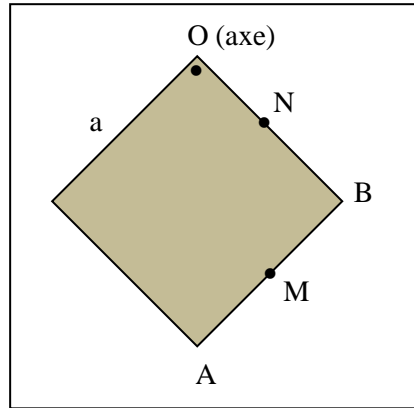
EXERCICE 8: 17 p. 18 :

Une plaque carrée, de côté $a = 20 \text{ cm}$, est située dans un plan vertical (plan de la figure). Elle oscille autour d'un axe fixe horizontal, O , qui la traverse au voisinage immédiat d'un des sommets du carré.

La vitesse angulaire autour de l'axe, à l'instant t choisi, est $\omega = 3 \text{ rad. s}^{-1}$.

Calculer à cet instant :

1. Les vitesses des sommets A et B de la plaque.
2. Les vitesses des points M et N , milieux respectifs des côtés AB et OB .



B. MOUVEMENTS DE TRANSLATION ET MOUVEMENTS DE ROTATION.

EXERCICE 9: 18 p. 18 :

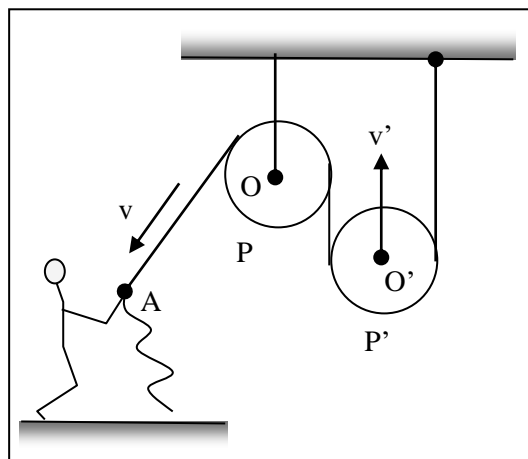
Pour passer le temps de voyage, un enfant compte, dans un train, les chocs imprimés par les rails sur les roues. Il en compte ainsi 42 en 30 secondes.

1. Quelle est la vitesse du train si les rails ont pour longueur $\ell = 15 \text{ m}$?
2. Quelle est, en nombre de tours par minute, la fréquence de rotation des roues sachant que celles-ci ont un rayon de 30 cm ?

Indication : quand une roue effectue un tour, son centre se déplace d'une longueur égale à la circonférence de la roue.

EXERCICE 10:

La figure ci-dessous représente un palan. Les deux poulies P et P' sont identiques ; leur rayon r est égal à 10 cm . Les parties linéaires de corde de part et d'autre de la poulie P' sont verticales et ne glissent pas sur les poulies.



L'axe de la poulie P est immobile tandis que celui de la poulie P' s'élève verticalement lorsqu'on tire sur l'extrémité de la corde.

1. Analyser en détail le déplacement de la poulie P' lorsqu'on tire sur la corde.

De combien l'axe O' s'élève-t-il lorsqu'on tire un mètre de corde ?

2. La vitesse de l'extrémité A est $v = 2 \text{ m. s}^{-1}$. A quelle vitesse v' l'axe O' s'élève-t-il ?

3. Calculer, avec les données numériques précédentes, les vitesses angulaires ω et ω' des deux poulies.

EXERCICE 11: 22 p. 19 : (attention : question 2 seulement)

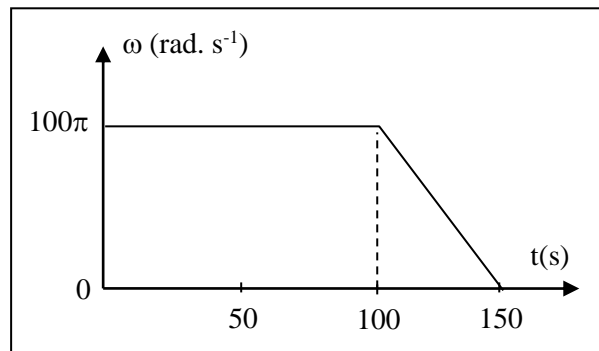
La figure 1 ci-dessous représente les variations de la vitesse angulaire ω d'un mobile en rotation autour d'un axe. Que peut-on dire du mouvement :

1. Pour $0 < t < 100 \text{ s}$;

2. Pour $100 < t < 150 \text{ s}$;

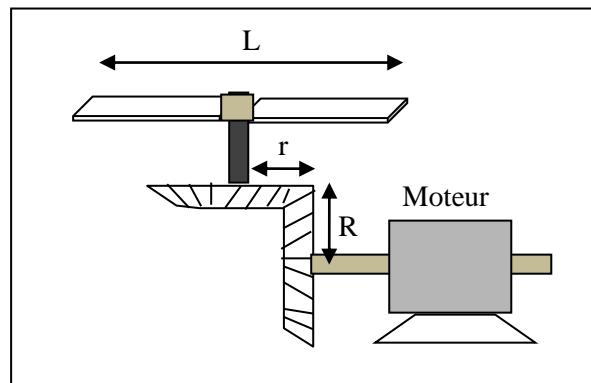
3. Pour $t > 150 \text{ s}$.

4. Quelle est le nombre de tours effectués par le solide à l'instant $t = 100 \text{ s}$? Quelle est, à ce même instant, la distance parcourue par un point du solide situé à 25 cm de l'axe ?



EXERCICE 12: 24 p. 20 :

Une hélice d'envergure $L = 1 \text{ m}$ est entraînée par un moteur électrique et une transmission par engrenage conique, comme le montre la figure ci-dessous.



Le moteur tourne à $1200 \text{ tr. min}^{-1}$; les rayons des engrenages valent : $r = 5 \text{ cm}$ et $R = 20 \text{ cm}$.

Calculer :

1. La vitesse angulaire du moteur.

2. La vitesse angulaire de l'hélice.

3. La distance parcourue par une extrémité de l'hélice en une heure.

EXERCICE 13: 25 p. 20 :

Pour transmettre un mouvement de rotation, on utilise une courroie de transmission. L'arbre moteur a pour rayon $R_1 = 5 \text{ cm}$ et l'arbre de la machine à mettre en rotation le rayon $R_2 = 20 \text{ cm}$; la courroie passe sur ces deux axes qui sont parallèles et elle ne glisse pas à leur contact.

1. Faire une figure et dire lequel des deux arbres tourne le plus vite.
2. La vitesse d'un point de la courroie est constante et vaut $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Calculer :
 - a) la vitesse angulaire de deux arbres ;
 - b) la période et la fréquence de chacun d'eux.
3. L'arbre moteur tourne à la « vitesse » de 3 000 tours par minute. Quelle est, en hertz, la fréquence de rotation de la machine ? Calculer également sa « vitesse de rotation » en tours par minute.
4. Calculer, dans ce dernier cas, la vitesse d'un point de la périphérie de chaque arbre et conclure.

EXERCICE 14: 26 p. 20 :

Pour puiser de l'eau dans un puits, on utilise un treuil constitué d'un cylindre de rayon $r = 10 \text{ cm}$, sur lequel s'enroule la corde soutenant le seau, et que l'on met en rotation grâce à une manivelle de rayon $R = 40 \text{ cm}$.

1. La profondeur du puits est $h = 12 \text{ m}$. Combien de tours faut-il effectuer pour faire monter un seau d'eau du fond jusqu'en haut du puits ?
2. On met le treuil en rotation à la « vitesse » de 3 tours en 8 secondes. Calculer :
 - a) la fréquence de rotation du treuil ;
 - b) la vitesse d'ascension du seau ;
 - c) la vitesse de l'extrémité de la manivelle.
3. Après avoir recueilli l'eau, on laisse le seau descendre librement dans le puits. On constate que le treuil tourne régulièrement (à cause des frottements) à la fréquence de $0,5 \text{ Hz}$.
Calculer le temps mis par le seau pour atteindre le fond du puits.

TRAVAIL ET PUISSANCE DES FORCES EN TRANSLATION

EXERCICE 1: 2 p.30

1. Quelle puissance un moteur doit-il développer pour pouvoir remonter, du fond d'un puits de mine, une cabine de masse 4 tonnes à la vitesse de 8 m.s^{-1} ?
 2. Quel travail effectue-t-il si la montée demande 1 min 40 s ?
- Intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.

EXERCICE 2: 5 p. 30

Une cascade verticale, de hauteur $h = 30 \text{ m}$, a un débit $d = 10 \text{ m}^3$ d'eau par seconde.

1. Quelle est la puissance de cette chute d'eau ?
 2. Quel travail peut-elle fournir en une journée ?
- Masse volumique de l'eau : 10^3 kg.m^{-3} .
 - Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

EXERCICE 3: 7 p. 31

Une conduite forcée de centrale hydro- électrique est rectiligne, de longueur $L = 800 \text{ m}$, d'inclinaison $\alpha = 60^\circ$ sur l'horizontale et elle a un débit $d = 100 \text{ m}^3$ d'eau par seconde.

1. Quel est, pendant une heure, le travail effectué par les forces de pesanteur qui s'exercent sur l'eau de cette conduite ?
 2. Quelle est la puissance développée par ces forces ?
- Masse volumique de l'eau : 10^3 kg.m^{-3} .
 - Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

EXERCICE 4: 8 p. 31

Un déménageur pousse une caisse de masse $M = 120 \text{ kg}$ sur un parquet horizontal. La caisse prend un mouvement rectiligne uniforme de vitesse $V = 0,4 \text{ m.s}^{-1}$.

Quelle est la puissance fournie par le déménageur sachant que le coefficient de frottement entre la caisse et le parquet est $f = 0,2$?

Données:

- Le coefficient de frottement est le rapport $f = \frac{R_T}{R_N}$ entre les intensités des composantes tangentielle R_T et normale R_N de la réaction \vec{R} du parquet sur la caisse lors du glissement.
- Intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.

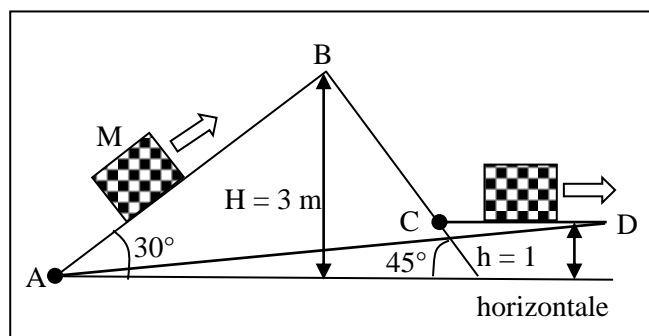
EXERCICE 5: 11 p. 31 : DS

On pousse une caisse de poids $P = 400 \text{ N}$, de A vers D, selon le trajet ABCD. Le parcours horizontal CD a pour longueur $\ell = 4 \text{ m}$.

La caisse est soumise à une force de frottement \vec{f} , d'intensité constante $f = 50 \text{ N}$, opposée à tout instant au vecteur -vitesse du point M.

1. Calculer :

- 1.1. Le travail $W(\vec{P})$ effectué par le poids \vec{P} de la caisse le long du trajet ABCD ;
 - 1.2. Le travail $W(\vec{f})$ de la force de frottement sur le même trajet.
 2. Calculer pour le trajet en ligne droite AD :
 - 2.1. Le travail $W(\vec{P})$ effectué par le poids \vec{P} ;
 - 2.2. Le travail $W(\vec{f})$ de la force de frottement.
- Conclure.

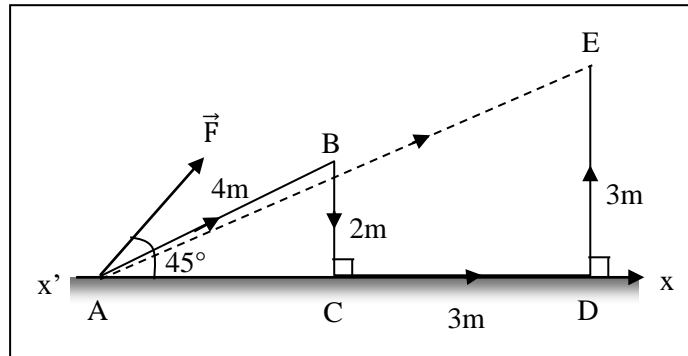


EXERCICE 5*** : 12 p. 32 : DS : **nouveau**

La force \vec{F} , d'intensité $F = 100 \text{ N}$, garde une direction constante lorsque son point d'application se déplace : $(\vec{x}'x, \vec{F}) = 45^\circ$.

1. Itinéraire 1 : le point d'application de la force \vec{F} se déplace de A à E en suivant le trajet ABCDE. Calculer :

- 1.1. Le travail effectué par la force \vec{F} durant chaque étape du trajet ;
- 1.2. Le travail total W_1 entre A et E.



2. Itinéraire 2 : le point d'application de la force \vec{F} se déplace de A à E en ligne droite. Calculer le travail W_2 . Conclure.

3. Les deux chemins précédents sont parcourus, l'un et l'autre, à la vitesse $v = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Calculer les puissances moyennes \mathcal{P}_1 et \mathcal{P}_2 développées par la force \vec{F} sur ces deux trajets.

EXERCICE 6: 13 p. 32

Une automobile de masse $M = 1\,200 \text{ kg}$ gravit une côte de pente constante 8% à la vitesse de $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Le moteur développe une puissance constante $\mathcal{P} = 30 \text{ kW}$. L'air et les frottements divers qui s'opposent à la progression du véhicule équivalent à une force unique \vec{f} , parallèle au vecteur-vitesse, de sens opposé et d'intensité $f = 260 \text{ N}$.

1. Quel est, pour une montée de durée 1 minute :

- 1.1. Le travail W_m effectué par le moteur ;
- 1.2. Le travail $W(\vec{P})$ développé par le poids \vec{P} du véhicule ;
- 1.3. Le travail $W(\vec{f})$ de la force \vec{f} .

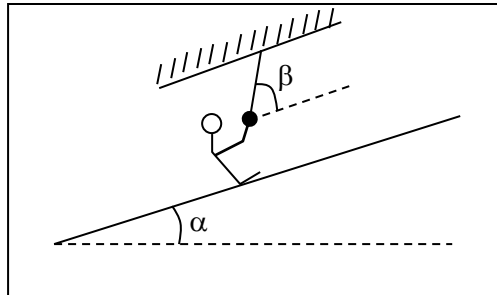
Quelle remarque ces résultats numériques vous suggèrent-ils ?

2. Quelles sont les puissances $\mathcal{P}(\vec{P})$ et $\mathcal{P}(\vec{f})$ du poids \vec{P} et de la force \vec{f} ?

• Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

EXERCICE 6*: 14 p. 32 : nouveau**

Un skieur remonte à télésiégi une pente d'angle $\alpha = 20^\circ$. La perche à laquelle il est accroché fait un angle $\beta = 40^\circ$ avec la pente. Le mouvement du skieur est rectiligne et uniforme, à la vitesse $v = 12,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.



On désigne par :

- \vec{P} : le poids du skieur et de son équipement : $P = 800 \text{ N}$;
 - \vec{R}_N : la composante normale de la réaction de la piste sur le skis ; elle est perpendiculaire au plan de la piste ;
 - \vec{f} : la force de frottement due à la neige et qui gêne le glissement des skis : elle est parallèle à la pente et de sens opposé au déplacement du skieur ; son intensité, constante, vaut $f = 100 \text{ N}$;
 - \vec{T} : la force de traction exercée par la perche sur le skieur. Elle est parallèle à cette dernière.
1. En appliquant le principe de l'inertie, déterminer les intensités R_N et T de la réaction normale et de la force de traction.
 2. Quelles sont les puissances $\mathcal{P}(\vec{T})$, $\mathcal{P}(\vec{R}_N)$, $\mathcal{P}(\vec{f})$ et $\mathcal{P}(\vec{P})$ développées par chaque force ?
 3. Quel est le travail fourni par la force \vec{T} au cours d'une remontée de dénivelé $h = 350 \text{ m}$?

EXERCICE 7: 6 p. 41

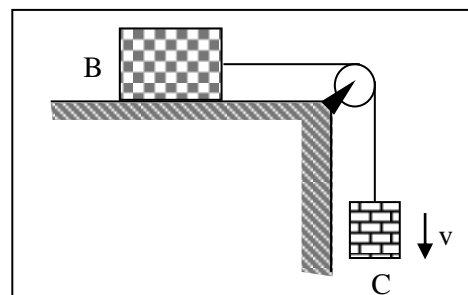
Une brique de poids $P = 100 \text{ N}$ glisse à vitesse constante V sur un plan incliné d'un angle $\alpha = 20^\circ$. Le contact entre la brique et le plan s'effectue avec frottement.

1. Enoncer le principe de l'inertie.
2. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la brique pendant la descente. Calculer l'intensité de la réaction \vec{R} du support.
3. La brique parcourt une distance $L = 2 \text{ m}$ à la vitesse $V = 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Calculer pour ce parcours,
 - 3.1. Le travail $W(\vec{P})$ du poids de la brique,
 - 3.2. Le travail $W(\vec{R})$ de la réaction du support,
 - 3.3. Les puissances $\mathcal{P}(\vec{P})$ et $\mathcal{P}(\vec{R})$ développées par ces deux forces.

EXERCICE 8: 8 p.41

Une brique (B) de masse $M = 1 \text{ kg}$ est entraînée à vitesse constante $V = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ sur une table plane et horizontale par un contrepoids (C) de masse $m = 0,2 \text{ kg}$.

1. Enoncer le principe de l'inertie.
 2. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le contrepoids (C). Calculer l'intensité de ces forces.
 3. Même question pour les forces qui s'exercent sur la brique (B). Le contact entre la brique et la table a-t-il lieu avec ou sans frottement ? Justifier votre réponse.
 4. Calculer la puissance développée :
 - 4.1. Par le poids \vec{P} du contrepoids (C) ;
 - 4.2. Par la réaction \vec{R} de la table sur la brique.
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.



EXERCICE 9: 11p.41

Une automobile de masse $M = 1\,200\text{ kg}$ tractée, à la vitesse $V = 60\text{ km. h}^{-1}$, une caravane de masse $M' = 800\text{ kg}$, dans une montée rectiligne de pente 8% .

Les forces de frottement diverses qui s'opposent à l'avancement équivalent à une force unique, parallèle à la route, de sens opposé à celui du vecteur -vitesse, d'intensité constante ; elle vaut :

- Pour la voiture : $f = 100\text{ N}$;
- Pour la caravane : $f' = 200\text{ N}$.

1. Faire le bilan de toutes les forces qui agissent sur la voiture, puis sur la caravane. On notera F l'intensité de la force de traction qu'exerce le moteur et F' l'intensité de la force avec laquelle le crochet d'attelage tire sur la caravane.

2. En appliquant le principe de l'inertie au véhicule puis à la caravane, calculer les intensités des forces \vec{F} et \vec{F}' .

3. Quelle puissance la force \vec{F} développe-t-elle ? Même question pour la force \vec{F}' que le crochet exerce sur la caravane.

4. Quelle est la puissance totale des forces résistantes \vec{f} et \vec{f}' ?

EXERCICE 10: Nathan : 13 p.42

Une planche AB, homogène, de masse 20 kg , de longueur $L = 4\text{ m}$, est appuyée contre un mur vertical, le pied A de la planche étant à 2 m du mur.

La planche glisse lentement du pied et finit par s'allonger sur le sol. Pendant le mouvement de glissement le contact en B s'effectue sans frottement tandis qu'existe en A une force de frottement d'intensité constante $f = 40\text{ N}$.

Calculer, pendant la chute de la planche :

1. le travail du poids de l'échelle ($g = 9,8\text{ N.kg}^{-1}$) ;
2. le travail de la réaction \vec{R}_A ;
3. le travail de la réaction \vec{R}_B .

EXERCICES NOUVEAUX

EXERCICE 11: 4 p. 30 :

Un hélicoptère assure, en montagne, le transport de pièces de pylônes métalliques. Il parcourt, en ligne droite, à la vitesse $v = 144\text{ km. h}^{-1}$, un trajet entre la vallée et un promontoire situé $1\,200\text{ m}$ plus haut. La charge transportée est de $1,5\text{ tonne}$, et la durée du parcours 45 s .

1. Quel est le travail effectué par le poids de la charge transportée, pendant l'ascension ?

2. Quelle puissance le moteur de l'hélicoptère doit-il développer sachant que l'appareil a une masse égale à 4 tonnes ?

- Intensité de la pesanteur : $g = 9,8\text{ N.kg}^{-1}$.

EXERCICE 12: 6 p. 30 :

Un traîneau, lancé sur la glace horizontale d'une patinoire, parcourt une distance $L = 12\text{ m}$ avant de s'immobiliser.

1. On désigne par \vec{R}_N et \vec{R}_T les composantes normale et tangentielle de la réaction \vec{R} de la glace sur le traîneau et par \vec{P} le poids de ce dernier.

Représenter ces forces sur un dessin, sans vous préoccuper du point d'application de la réaction, mais en précisant clairement le vecteur- vitesse.

2. Quel est le travail effectué par les forces \vec{P} et \vec{R}_N au cours du mouvement ? Que peut-on dire du signe du travail $W(\vec{R}_T)$ effectué par la force \vec{R}_T ?

3. Cette dernière garde une intensité constante $R_T = 80\text{ N}$. Calculer la valeur du travail $W(\vec{R}_T)$.

EXERCICE 14: Ex. Corrigé p.35:

Une automobile roule sur une route rectiligne et horizontale à vitesse constante v ; l'ensemble des forces de résistance à l'avancement équivaut à une force unique, horizontale, en sens inverse du déplacement et d'intensité f .

Calculer la puissance développée par le moteur de l'automobile dans les deux cas suivants :

1. La vitesse est $v_1 = 60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ et l'intensité de la force de résistance à l'avancement vaut alors $f_1 = 500 \text{ N}$.

2. La vitesse est $v_2 = 120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ et l'intensité de la force de résistance à l'avancement qui augmente avec la vitesse vaut maintenant $f_2 = 2\,000 \text{ N}$.

Conclure.

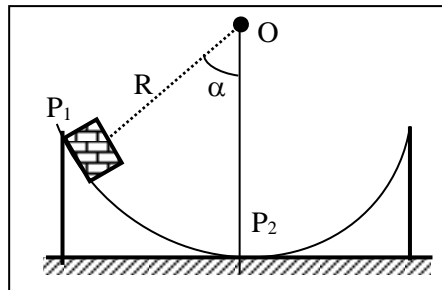
EXERCICE 15: 7 p. 41 :

Un palet autoporteur P , de masse $M = 100 \text{ g}$, glisse sans frottement à l'intérieur d'une auge cylindrique de rayon $R = 1 \text{ m}$, d'axe horizontal O .

1. Recenser les forces qui s'appliquent au palet

2. Calculer leur travail quand ce dernier glisse de la position P_1 ($\alpha = 30^\circ$) à la position P_2 ($\alpha = 0$).

• Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.



EXERCICES NOUVEAUX (SOLUTIONS)

EXERCICE 11: 4 p. 30 :

1. AB fait un angle α avec l'horizontale ; h est la dénivellation (faire un dessin).

$$W_{AB}(\vec{P}_1) = P_1 \cdot AB \cdot \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) = -P_1 \cdot AB \cdot \sin\alpha = -P_1 \cdot h \text{ (travail résistant)}$$

$$\text{A.N. : } W_{AB}(\vec{P}_1) = -1,76 \cdot 10^7 \text{ J}$$

2. La force \vec{F} développée par le moteur vaut $-(\vec{P}_1 + \vec{P}_2)$ d'après le principe de l'inertie.

($P_2 =$ poids de l'hélicoptère)

$$\bullet W_{AB}(\vec{F}) = -W_{AB}(\vec{P}_1 + \vec{P}_2) = (P_1 + P_2) \cdot h = 6,47 \cdot 10^7 \text{ J}$$

$$\bullet \mathcal{P} = \frac{W_{AB}(\vec{F})}{t} = 1,44 \cdot 10^6 \text{ W} = 1,44 \text{ MW}$$

EXERCICE 12: 6 p. 30 :

2. $W(\vec{P}) = W(\vec{R}_N) = 0$; $W(\vec{R}_T) < 0$ (travail résistant)

3. $W(\vec{R}_T) = -R_T \cdot L = -960 \text{ J}$

EXERCICE 13: 9 p. 31(1^{ère} C) :

$$H = 16 \cdot h = 40 \text{ m}$$

$$1. W(\vec{P}) = -P \cdot H = -MgH = -3,92 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$W(\vec{P}') = P' \cdot H = M'gH = 3,14 \cdot 10^5 \text{ J}$$

2. Soit t la durée de la montée : $H = v \cdot t = 2\pi rNt$ (N : nombre de tours par s de la roue) :

- $t = \frac{H}{2\pi r N} = 5,31 \text{ s}$

- $\mathcal{P}(\vec{P}) = \frac{W(\vec{P})}{t} = -7,38 \cdot 10^4 \text{ W} = -73,8 \text{ kW}$;

- $\mathcal{P}(\vec{P}') = \frac{W(\vec{P}')}{t} = 5,91 \cdot 10^4 \text{ W} = 59,1 \text{ kW}$

3.

3.1. $\vec{T} + \vec{P} = \vec{0}$, donc $\vec{T} = -\vec{P}$ et $\mathcal{P}(\vec{T}) = -\mathcal{P}(\vec{P}) = 73,8 \text{ kW}$

3.2. $\vec{T}' + \vec{P}' = \vec{0}$, $\mathcal{P}(\vec{T}') = -\mathcal{P}(\vec{P}') = -59,1 \text{ kW}$

EXERCICE 14: Ex. Corrigé p.35 :

Principe d'inertie : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F}_m + \vec{f} = \vec{0}$.

Sur \vec{Ox} , parallèle à la vitesse du véhicule : $F_m = f$.

$\mathcal{P} = \vec{F}_m \cdot \vec{v} = F_m \cdot v = f \cdot v$.

1. $\mathcal{P}_1 = f_1 \cdot v_1 = 8,33 \cdot 10^3 \text{ W} = 8,33 \text{ W}$.

2. $\mathcal{P}_2 = f_2 \cdot v_2 = 6,67 \cdot 10^4 \text{ W} = 66,7 \text{ kW}$.

$\Rightarrow \mathcal{P}_2 = 8 \mathcal{P}_1$

Conclusion : Pour obtenir une vitesse double, il faut que le moteur développe une puissance 8 fois plus grande. Puisque la consommation en essence est directement liée à la puissance développée, on peut en déduire une règle qui devrait être bien connue des automobilistes : « la vitesse coûte très cher »

EXERCICE 15: 7 p. 41 :

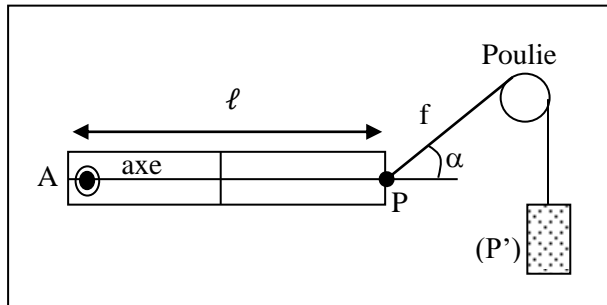
1. Le poids $M\vec{g}$ et la réaction \vec{R} , normale au support (pas de frottement).

2. $W_{12}(\vec{F}) = W_{12}(\vec{P}) = Mg(z_1 - z_2) = MgR(1 - \cos\alpha) = 0,13 \text{ J}$

TRAVAIL ET PUISSANCE DES FORCES EN ROTATION

EXERCICE 1: exo. Corrigé p. 45

La figure ci-dessous représente une règle homogène AB de poids $P = 20 \text{ N}$ et de longueur $\ell = 50 \text{ cm}$. Elle est mobile autour d'un axe fixe Δ , horizontal et passant au voisinage de son extrémité A. On la maintient en équilibre en position horizontale grâce à l'action d'un fil f passant sur une poulie et auquel on a suspendu un corps de poids $P' = 17 \text{ N}$, le fil faisant alors avec AB un angle $\alpha = 36^\circ$.



- Déterminer les trois forces s'appliquant sur la règle et préciser les caractéristiques connues de ces forces.
- Choisir un sens positif et évaluer le moment algébrique par rapport à l'axe Δ de ces forces.

EXERCICE 2: Exercice corrigé p. 52 : DS 2008- 2009

Le moteur d'une automobile a un couple moteur de moment constant : $\mathcal{M}_m = 100 \text{ N.m}$. Cela signifie que le moteur exerce sur l'axe d'entrée de la boîte de vitesse un ensemble de forces qui le fait tourner et dont le moment conserve la valeur indiquée ci-dessous.

Par ailleurs, l'axe des roues est directement relié à la sortie de la boîte de vitesse et, en quatrième vitesse, il tourne 5 fois moins vite que l'axe d'entrée.

1. Le régime du moteur est de 4000 tours par minute (ce nombre représente le nombre de tours effectués par minute par l'arbre moteur c'est-à-dire par l'axe d'entrée de la boîte de vitesse), calculer le travail fourni par le moteur lorsque :

- l'arbre moteur effectue 10 tours ;
- l'automobile parcourt une distance égale à 1 km ; le diamètre d'une roue étant égal à 50 cm.

Indication : lorsque la roue effectue un tour, l'automobile avance d'une distance égale au périmètre de la roue.

2. Calculer la puissance développée par le moteur lorsque la vitesse de l'automobile est constante et égale à 100 km. h^{-1} .

EXERCICE 2: Exercice corrigé p. 52 : Correction :

1.

a) Pour $n = 10$ tours : $W_m = \mathcal{M}_m \cdot \alpha = \mathcal{M}_m \cdot 20 \cdot \pi$ car $\alpha = 2\pi \cdot n = 20\pi \text{ rad}$.

A.N. : $W_m = 6,28 \cdot 10^3 \text{ J}$.

b) Pour une distance parcourue $\ell = 1 \text{ km}$, le nombre de tours de roue vaut : $n = \frac{\ell}{\pi d}$ (d : diamètre de la roue), car lorsque la roue effectue un tour, la voiture parcourt la distance πd .

Le nombre de tours de l'arbre moteur est 5 fois plus élevé. Il vaut : $n' = 5 \cdot n = \frac{5\ell}{\pi d} = 3,18 \cdot 10^3$ tours.

D'où le travail développé par le moteur : $W'_m = \mathcal{M}_m \cdot 2 \cdot \pi n' = 100 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 3,18 \cdot 10^3 = 2 \cdot 10^6 \text{ J}$.

2) Raisonnons en 1 s :

• Distance parcourue par l'automobile : $\ell = \frac{100 \cdot 10^3}{3600} = 27,8 \text{ m}$.

- Nombre de tours de roue : $n = \frac{\ell}{\pi d} = 17,7$ tours.
- Nombre de tours de l'arbre moteur : $n' = 5.n = 88,4$ tours.
- Vitesse angulaire ω de l'arbre moteur : $\omega = 2\pi n' = 556 \text{ rad. s}^{-1}$. D'où la puissance du moteur :
 $\mathcal{P} = \mathcal{M}_m.\omega = 5,56.10^4 \text{ W}$.

Remarque : pour trouver les nombres de tours, faire des règles de 3.

Ex : $1 \text{ tr} \leftrightarrow 2\pi r = \pi d$

$n \leftrightarrow \ell$

$$\Rightarrow n = \frac{\ell}{\pi d}$$

EXERCICE 3: 1 p.54

Un moteur de puissance $\mathcal{P} = 3 \text{ kW}$ fait tourner une scie circulaire par l'intermédiaire d'une courroie. Calculer le moment \mathcal{M} , par rapport à l'axe de la scie, des forces exercées par la courroie. La scie tourne à 600 tours par minute.

EXERCICE 4: 2 p.54

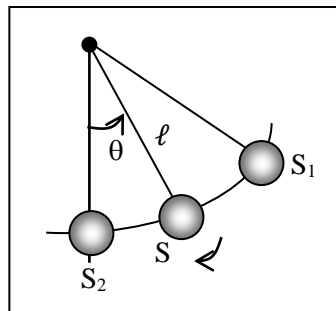
1. Quelle est la puissance d'un moteur qui exerce un ensemble de forces de moment constant $\mathcal{M} = 800 \text{ N.m}$ par rapport à l'axe d'une machine tournant à la vitesse de 1200 tr.min^{-1} ?
2. Quel est le travail W produit par le moteur si la machine est utilisée à ce régime pendant un quart d'heure ?

EXERCICE 5: 3 p.54

Une roue en rotation est brusquement freinée par des forces de moment constant $\mathcal{M} = 200 \text{ N.m}$. La roue effectue 50 tours avant de s'arrêter. En déduire la valeur algébrique du travail W produit par les freins.

EXERCICE 6: 4 p.54

Un pendule est constitué d'une sphère S , de masse $m = 200 \text{ g}$ et de rayon négligeable, reliée par un fil de longueur $\ell = 0,8 \text{ m}$ à un axe horizontal O .



On écarte le pendule par rapport à la verticale d'un angle $\theta = 45^\circ$ (position S_1) et on l'abandonne sans vitesse.

1. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la sphère S .
2. Calculer le travail de chacune d'elles au cours du déplacement $S_1 \rightarrow S_2$ (S_2 désigne la position verticale du pendule).

Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

EXERCICE 7: 5 p. 54

Un moteur d'automobile fournit aux roues motrices (diamètre $d = 50$ cm), par l'intermédiaire de la boîte de vitesse et des cardans, une puissance $\mathcal{P} = 80$ kW. Cette puissance est également répartie entre les deux roues avant du véhicule (traction avant).

Calculer le moment \mathcal{M} des forces motrices par rapport à l'axe de chaque roue lorsque la voiture roule, sans patiner, à la vitesse de 120 km.h⁻¹.

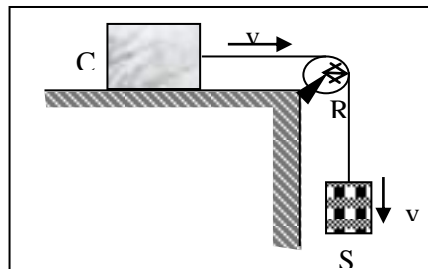
EXERCICE 8: 8 p.54

Pour aiguiser un ciseau à bois, on l'applique sur une meule de rayon $R = 20$ cm tournant à la vitesse constante de 1 tr.s⁻¹. La force de frottement entre l'outil et la meule est tangente à cette dernière, d'intensité constante $f = 10$ N. Elle tend à s'opposer au mouvement de la meule.

1. Quelle est la puissance instantanée P de cette force de frottement ?
2. Quel est le travail effectué par cette force pendant la durée de l'aiguisage : $t = 1$ min 20 s ?

EXERCICE 9: 9 p. 55

Un solide S de masse $m = 2$ kg entraîne à vitesse constante $v = 0,4$ m. s⁻¹, par l'intermédiaire d'une poulie de rayon $R = 10$ cm, une caisse C posée sur une table horizontale.



1. Le fil entraîne la poulie sans glissement (entre le fil et la poulie). En déduire la vitesse angulaire ω de cette dernière.
 2. Soit \vec{T} la tension du brin de fil vertical. Analyser le mouvement du solide S et en déduire la valeur de l'intensité T de cette tension.
 3. Calculer le moment par rapport à l'axe de la poulie de la force -motrice \vec{T} .
 4. Calculer de 2 façons différentes le travail W effectué par le poids du solide S pendant une durée $t = 5$ s.
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,8$ N.kg⁻¹.

EXERCICE 10: 10 p. 55

Le volant d'une machine industrielle est assimilable à un cylindre de rayon $R = 10$ cm. Il tourne autour d'un axe horizontal.

1. On applique à l'extrémité de l'un de ses rayons et tangentiellement au cylindre une force motrice constante $F = 50$ N. Calculer le travail reçu par le volant pour une rotation de 100 tours.
2. Lorsque le volant tourne en régime permanent, sa « vitesse de rotation » est de 30 tours par seconde ; le moteur exerce alors sur lui un couple dont le moment par rapport à l'axe est constant et vaut : $\mathcal{M}_m = 2,5$ N.m.

Calculer le travail fourni par le moteur au volant pendant un temps égal à 10 minutes.

EXERCICE 11: 11 p. 55

1. La puissance d'un moteur d'automobile vaut 70 kW quand il tourne à 6 000 tours par minute. Calculer la valeur du couple moteur.

2. Calculer, par deux méthodes, le travail fourni par le moteur pendant un temps égal à 5 minutes.

EXERCICE 12: 6 p. 54

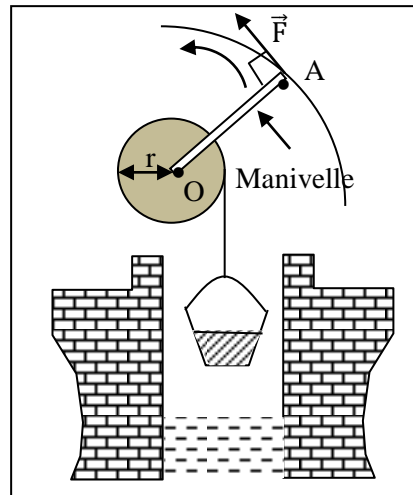
Pour aiguiser un ciseau à bois, on l'applique sur une meule de rayon $R = 20 \text{ cm}$ tournant à la vitesse constante de 1 tr. s^{-1} .

La force de frottement entre l'outil et la meule est tangente à cette dernière, d'intensité constante $f = 10 \text{ N}$. Elle tend à s'opposer au mouvement de la meule.

1. Quelle est la puissance instantanée P de cette force de frottement ?
2. Quel est le travail effectué par cette force pendant la durée de l'aiguisage : $t = 1 \text{ min } 30\text{s}$?

EXERCICE 13: 7 p. 54 : DS 2008-2009

On remonte un seau d'eau du fond d'un puits en enroulant la corde qui le soutient autour d'un cylindre d'axe horizontal O , de rayon $r = 10 \text{ cm}$. Il suffit pour cela d'exercer à l'extrémité A de la manivelle une force \vec{F} , perpendiculaire à OA , d'intensité constante $F = 23,5 \text{ N}$.



1. Combien de tours la manivelle doit-elle effectuer par seconde pour que le seau se déplace à la vitesse $v = 1 \text{ m. s}^{-1}$?
2. La longueur OA de la manivelle est égale à 50 cm . Calculer, de deux façons différentes, le travail W que l'opérateur doit fournir pour remonter le seau d'eau de masse $m = 12 \text{ kg}$ du fond du puits, de profondeur $H = 40 \text{ m}$.
3. Calculer la puissance \mathcal{P} développée par l'opérateur, la vitesse ascensionnelle du seau restant de 1 m. s^{-1} .

• Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N. kg}^{-1}$.

EXERCICE 13: 7 p. 54 CORRECTION :

1)

$$v = r \times 2\pi n \Rightarrow n = \frac{v}{2\pi r} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 0,1} = \mathbf{1,59 \text{ tr. s}^{-1}}$$

2)

• $W = mgH = 12 \times 9,8 \times 40 = \mathbf{4,7.10^3 \text{ J}}$.

• W est aussi le travail de la force \vec{F} ; si ℓ est la longueur du cercle de rayon OA et s'il faut n tours de manivelles pour remonter le seau : $W = F \times \ell \times n$; or $n = \frac{H}{2\pi r}$ et $\ell = 2\pi.OA$, d'où

$$W = F \times 2\pi.OA \times \frac{H}{2\pi.r} = F \times H \times \frac{OA}{r} = 5F.H \Rightarrow W = 5F.H = 5 \times 23,5 \times 40 = \mathbf{4,7.10^3 \text{ J}}$$

3)

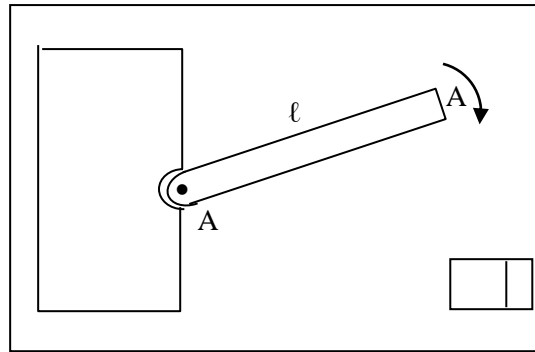
$$\mathcal{P} = \frac{W}{t} ; t = \frac{H}{v} ; \mathcal{P} = \frac{W \cdot v}{H} = \frac{4,7 \cdot 10^3 \times 1}{40} = 117 \text{ W.}$$

THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE

(Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$)

EXERCICE 01: 11 p. 65 : (1^{ère} C)

Une porte de fer, homogène, d'axe horizontal O, de largeur $OA = \ell = 60 \text{ cm}$, se rabat brusquement comme l'indique la figure ci-dessous, qui est une vue en bout.



La vitesse du bord A est de 2 m.s^{-1} au moment du passage dans la position indiquée. Quelle est alors l'énergie cinétique de la porte ?

Données :

- Masse de la porte : $M = 10 \text{ kg}$;
- Moment d'inertie de la porte par rapport à l'axe O : $J_O = \frac{M\ell^2}{3}$.

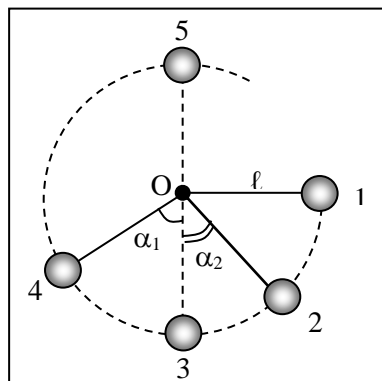
EXERCICE 02: Exercice résolu p. 74 : (1^{ère} C)

Le plateau d'un tourne-disque a un moment d'inertie $J_\Delta = 10^{-2} \text{ kg.m}^2$ et il est lancé à la vitesse de 33,33 tours par minute. Quand on coupe l'alimentation électrique du moteur, le plateau ralentit et s'arrête après avoir effectué 11,5 tours.

En déduire le moment des forces de frottement, supposé constant, qui s'appliquent sur l'axe de rotation et qui provoquent le ralentissement et l'arrêt du plateau.

EXERCICE 03: 9 p. 75 :

Une petite sphère de masse $m = 100 \text{ g}$ est attachée à un point fixe O par une tige de longueur $\ell = 80 \text{ cm}$ et de masse négligeable.



On lâche la sphère sans vitesse à partir de la position 1 où le fil est tendu et horizontal.

1. Quelle est la vitesse du centre de la sphère :

a) Lors du passage à la verticale (position 3) ;

b) Lors du passage en position 2 où la tige est inclinée $\alpha_2 = 30^\circ$ par rapport à la verticale ?

2. La sphère est désormais lancée, à partir de la position 3, avec une vitesse horizontale v .

a) Quelle doit être la valeur minimale de cette vitesse pour que le pendule puisse atteindre la position 4 pour laquelle la tige est inclinée $\alpha_1 = 60^\circ$?

b) Même question, pour que la sphère puisse atteindre la position 5 située à la verticale de O, au-dessus de l'axe.

On néglige tous les frottements.

• Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

EXERCICE 04: 1 p. 75

EXERCICE 05: 1 p. 75

EXERCICE 06: 1 p. 75

EXERCICE 1: 1 p. 75

Une pierre est lancée verticalement, depuis le sol, à la vitesse $V_0 = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1. Jusqu'à quelle hauteur s'élève-t-elle ?

2. Quelle est sa vitesse après 1 m de montée ?

3. A quelle vitesse touche-t-elle le sol à son retour ?

EXERCICE 2: 2 p. 75

Un projectile est lancé avec une vitesse $V_1 = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ de la terrasse d'un immeuble de hauteur $H = 25 \text{ m}$. Quelle est la vitesse V_2 du projectile lorsqu'il atteint le sol ? Envisager les 3 cas suivants (faire des figures) :

1. \vec{V}_1 est horizontale ;

2. \vec{V}_1 est dirigée à 45° vers le haut ;

3. \vec{V}_1 est dirigée à 45° vers le bas.

Conclure.

EXERCICE 3: 4 p. 75

Une automobile est assimilable à un solide en translation de masse $M = 1\,200 \text{ kg}$. Le démarrage du véhicule sur une route rectiligne et horizontale commence par une phase d'accélération pendant laquelle le moteur exerce une force constante \vec{F} , parallèle au déplacement et dirigée vers l'avant.

1. Quelle doit être l'intensité de cette force pour que la voiture atteigne la vitesse $V = 120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ après un parcours de 600 m ? On néglige les frottements.

2. Quelle est la vitesse du véhicule après un parcours de 200 m ? Quelle est alors la puissance développée par le moteur ?

EXERCICE 4: 5 p. 75

Un parachutiste saute d'un avion volant à l'altitude $H = 800$ m à la vitesse $V = 300$ km.h⁻¹. Il arrive au sol à la vitesse $v = 8$ m.s⁻¹.

1. Quelle est, au cours de la chute, la variation de son énergie cinétique ?

Masse du parachutiste et de son équipement : $M = 80$ kg.

2. Quel est le travail $W(\vec{P})$ effectué par son poids \vec{P} pendant la descente ? En déduire la valeur du travail $W(\vec{R})$ de la résistance \vec{R} de l'air pendant le même temps. Commenter.

EXERCICE 5: 6 p. 75

Un joueur de football tire un coup franc d'un point situé à 20 m devant les buts. Le ballon passe « dans la lucarne », 2 m au-dessus du sol, à la vitesse $V = 15$ m.s⁻¹.

Quelle vitesse le joueur a-t-il communiqué au ballon au moment du coup de pied ?

On néglige les forces de freinage dues à l'air.

EXERCICE 6: Nathan : 8 p. 75

Une automobile de masse 1 000 kg, lancée à la vitesse de 90 km. h⁻¹, gravit, moteur coupé, une côte de pente 6 %.

Quelle distance parcourt-elle avant de s'arrêter :

1. s'il n'existe aucune résistance à l'avancement causée par l'air ou les frottements ;

2. s'il existe une résistance à l'avancement due à l'air et aux frottements qui se manifeste par une force constante \vec{F} , parallèle au déplacement mais de sens opposé, et d'intensité $F = 200$ N ?

3. La voiture part désormais, à vitesse nulle, du sommet d'une côte de pente 6 % et de longueur $L = 500$ m. A quelle vitesse arrive-t-elle en bas de la descente dans l'hypothèse :

a) où il n'y a pas de résistance à l'avancement ;

b) où cette résistance se manifeste pour une force d'intensité constante $F = 200$ N parallèle à la roue ?

EXERCICE 7: 10p. 76

Une automobile de masse $M = 1\ 000$ kg démarre au bas d'une côte rectiligne de pente 8 % (la route s'élève de 8 m pour un parcours de 100 m). Son moteur développe une puissance constante $\mathcal{P} = 25$ kW. Après 30 s de montée, la vitesse du véhicule est de 90 km.h⁻¹. Quelle distance a-t-il alors parcouru ?

EXERCICE 8: 12 p. 76

Un ascenseur de masse $M = 600$ kg démarre vers le haut et atteint la vitesse $V = 2$ m. s⁻¹ après 2 m de montée.

1. Calculer, pendant cette 1^{ère} phase du mouvement, l'intensité T_1 de la force de traction exercée par le câble sur la cabine (T_1 : tension du câble supposée constante).

2. La phase d'accélération terminée, l'ascenseur poursuit sa montée à la vitesse sa montée à la vitesse $V = 2$ m. s⁻¹ pendant 10 s.

Quelle est, pendant cette période, la nouvelle valeur T_2 de la tension du câble ?

3. La 3^{ème} partie du mouvement est une phase de décélération au cours de laquelle la vitesse s'annule dans les deux derniers mètres de la montée.

Quelle est la valeur T_3 de la tension du câble pendant cette dernière période ?

4. Calculer, pour chaque phase du mouvement, le travail $W(\vec{P})$ du poids de la cabine et le travail $W(\vec{T})$ de la tension du câble.

Quelle est la variation de l'énergie cinétique de l'ascenseur entre le départ et l'arrivée ?

La comparer à la somme : $W_1(\vec{P}) + W_2(\vec{P}) + W_3(\vec{P}) + W(\vec{T}_1) + W(\vec{T}_2) + W(\vec{T}_3)$.

EXERCICE 9: 13 p. 76

On donne pour la fusée Ariane au décollage : masse totale : $M = 207$ tonnes ; force propulsive (poussée) : $F = 2,4 \cdot 10^6$ N.

On se place au début de la phase de décollage en supposant la masse de la fusée pratiquement constante et l'intensité de la pesanteur constante ($g = 9,8$ N.kg⁻¹).

Calculer, lorsque la fusée a effectué un déplacement de 5 km suivant la verticale :

1. le travail de la force propulsive \vec{F} ;
2. le travail du poids de la fusée \vec{P} ;
3. la vitesse atteinte. L'exprimer en m. s⁻¹ et km. h⁻¹ ;
4. la puissance développée par les moteurs à l'instant considéré.

EXERCICE 10: 14 p. 76

Les Soviétiques ont expérimenté en 1987 une énorme fusée dénommée « Energie » et destinée à envoyer dans l'espace des masses de l'ordre de 100 tonnes !

Au décollage, la masse de cette fusée serait $M \approx 2\,000$ tonnes et la force propulsive développée par ses moteurs (ou poussée) $F \approx 2,45 \cdot 10^7$ N.

1. Le nom « Energie » donné à une fusée vous semble-t-il justifié ? Pourquoi ?
2. On se place au début de la phase de décollage lorsque la masse de la fusée reste voisine de M et lorsque la fusée est dans l'environnement terrestre ($g = 9,8$ N.kg⁻¹).

Calculer, lorsque la fusée a effectué un déplacement de 5 km suivant la verticale :

- 2.1. Le travail de la force propulsive \vec{F} ;
- 2.2. Le travail du poids de la fusée \vec{P} ;
- 2.3. La vitesse atteinte.
- 2.4. La puissance développée par les moteurs à l'instant considéré.

EXERCICE 11: 12 p. 66 (1^{ère} c)

Le moment d'inertie d'un cylindre homogène de masse M et de rayon R par rapport à son axe de révolution vaut : $J_{\Delta} = \frac{1}{2}MR^2$.

1. Quel est, en unités S.I, le moment d'inertie J_{Δ} d'un cylindre d'acier de diamètre $d = 50$ mm et de hauteur $h = 50$ cm ?

• Masse volumique de l'acier : $\rho = 7\,800$ kg. m⁻³.

2. Quelle est l'énergie cinétique E_c du cylindre précédent lorsqu'il tourne autour de son axe de révolution à la fréquence de 1200 tr. min⁻¹?

EXERCICE 12: 13 p. 66 (1^{ère} c)

Deux cylindres identiques homogènes, pleins, de masse $m = 40$ kg, de rayon $r = 5$ cm, d'axes horizontaux et parallèles O et O' , supportent une poutre de masse $M = 100$ kg.

La poutre, poussée à la vitesse $V = 3$ m. s⁻¹, entraîne les rouleaux sans glissement.

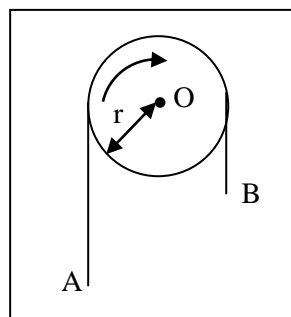
Calculer l'énergie cinétique de la poutre, puis de l'ensemble poutre + rouleaux.

• Moment d'inertie d'un rouleau par rapport à son axe : $J_{\Delta} = \frac{1}{2}mr^2$.

EXERCICE 13: 7 p. 65 (1^{ère} c)

Un ruban souple AB , de masse $M = 0,5$ kg, est posé sur un cylindre horizontal d'axe O et de rayon $r = 10$ cm. Les forces de frottement entre le ruban et le cylindre sont suffisamment intenses pour qu'il n'y ait jamais glissement.

Calculer l'énergie cinétique du ruban lorsque le cylindre tourne à la fréquence de 10 tours par minute.



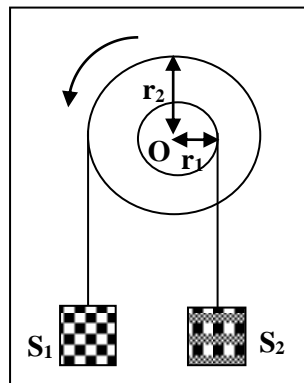
EXERCICE 14: 15 p. 66 (1^{ère} c)

Dans le dispositif suivant, les fils de suspension sont sans masse et ils s'enroulent (ou se déroulent) sans glissement. Les cylindres de rayons r_1 et r_2 ont même axe horizontal O, sont soudés l'un à l'autre et tournent dans le sens indiqué à la fréquence de 5 tr. s^{-1} .

Calculer l'énergie cinétique du système formé par les cylindres et les deux solides S_1 et S_2 .

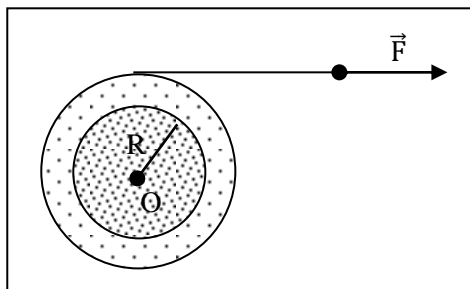
Données :

- Moment d'inertie de la partie tournante par rapport à son axe O : $J_A = 2 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.
- $r_1 = 20 \text{ cm}$; $r_2 = 10 \text{ cm}$.
- Masses respectives des solides S_1 et S_2 : $M_1 = 10 \text{ kg}$ et $M_2 = 4 \text{ kg}$.



EXERCICE 15: 16 p. 77 (1^{ère} c)

Un cylindre homogène (masse $M = 10 \text{ kg}$, rayon $R = 4 \text{ cm}$, axe horizontal O) est lancé en exerçant à l'extrémité d'un fil enroulé autour de lui une force d'intensité constante $F = 80 \text{ N}$.



Le cylindre est initialement au repos.

1. Quelle vitesse angulaire ω acquiert-il lorsqu'un mètre de fil a été déroulé ? Quelle est alors sa vitesse de rotation ?
2. Calculer le moment \mathcal{M} des forces de freinage qu'il faudrait alors appliquer au cylindre pour qu'il s'arrête après avoir effectué 1 tour ?

- Moment d'inertie du cylindre par rapport à son axe O : $J_A = \frac{1}{2}MR^2$.

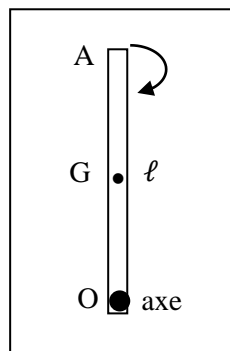
EXERCICE 16: 17p. 77 (1^{ère} c)

Un lourd volant de moment d'inertie $J = 30 \text{ kg.m}^2$ tourne autour de son axe horizontal O à la fréquence de 1200 tr.min^{-1} . On exerce sur le volant une force de freinage brusque dont l'effet est de diminuer son énergie cinétique de 10 kJ .

1. Calculer, en tr.min^{-1} , la fréquence de rotation en fin de freinage.
2. Même question, mais en considérant un volant beaucoup plus léger, de moment d'inertie $j = 3 \text{ kg.m}^2$. Conclure.

EXERCICE 17: 18 p. 77 (1^{ère} c)

Une barre OA de longueur $\ell = 1 \text{ m}$ de masse $m = 5 \text{ kg}$, dont le centre d'inertie G est au milieu de OA est mobile sans frottement autour d'un axe horizontal O . La barre est lâchée sans frottement à partir de la position verticale dessinée à la figure ci-dessous.



Calculer la vitesse du point A lorsqu'il passe :

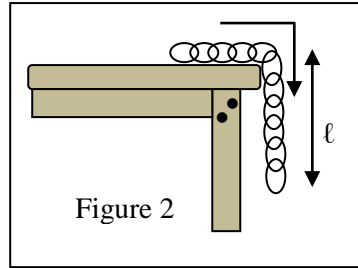
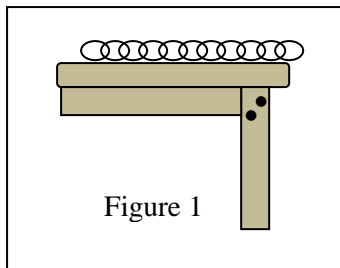
1. à l'horizontale ;
2. à la verticale de l'axe, au-dessous.

• Moment d'inertie de la barre par rapport à l'axe O : $J_O = \frac{m\ell^2}{3}$

EXERCICE 18: 15 p. 77 (1^{ère} C-D) DS 1^{ère} C : 2008-2009

Une chaînette de masse $m = 50 \text{ g}$, de longueur $L = 80 \text{ cm}$, dont tous les maillons sont identiques, est posée sur une table horizontale parfaitement lisse.

A la figure 1, la chaînette tend à être entraînée par le seul maillon qui pend : elle est maintenue en équilibre. Une fois lâchée, celle-ci se met à glisser comme l'indique la figure 2.



1. Exprimer l'énergie cinétique de la chaînette en fonction de sa masse m , de sa longueur L , de la longueur ℓ de sa partie pendante et de l'intensité g de la pesanteur.
2. En déduire la valeur numérique de sa vitesse au moment où le dernier maillon quitte la table.

• Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N. kg}^{-1}$.

EXERCICE 18: 15 p. 77 (1^{ère} C-D) DS 1^{ère} C 2008-2009 : CORRECTION

1) Le travail $W(\vec{P})$ des forces de pesanteur entre les états 1 et 2 est celui du poids \vec{P} de la partie qui pend ($P = mg \cdot \frac{\ell}{L}$). Le point d'application de \vec{P} passe au niveau de la table à un niveau $\frac{\ell}{2}$ plus bas :

$$W(\vec{P}) = mg \cdot \frac{\ell}{L} \times \frac{\ell}{2} = mg \cdot \frac{\ell^2}{2L}$$

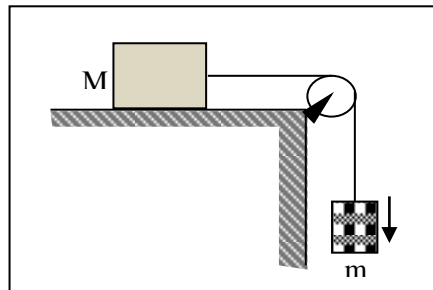
$$E_{C_2} - E_{C_1} = W(\vec{P}) = mg \cdot \frac{\ell^2}{2L}; \quad E_{C_1} = 0 \Rightarrow E_{C_2} = mg \cdot \frac{\ell^2}{2L}$$

$$2) \frac{1}{2}mv^2 = mg \cdot \frac{L^2}{2} = mg \cdot \frac{L}{2} \Rightarrow v = \sqrt{g \cdot L} = 2,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

EXERCICE 19: 19 p. 77 (1^{ère} C-D)

Une surcharge de masse $m = 2 \text{ kg}$ est reliée, par l'intermédiaire d'un fil inextensible et d'une poulie, à une caisse de masse $M = 4 \text{ kg}$ posée sur une table horizontale.

La poulie a une masse négligeable, ce qui revient à dire que son moment d'inertie l'est également ainsi que son énergie cinétique.



L'ensemble, initialement au repos, est lâché et atteint la vitesse v après un parcours de longueur ℓ . On admet que la tension du fil est constante le long de ce fil et au cours du mouvement.

1. On suppose qu'il n'y a pas de frottement entre la caisse et la table. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique d'abord à la caisse (tension du fil \vec{T}) ensuite à la surcharge (tension du fil \vec{T}'); exprimer les travaux $W(\vec{T})$ et $W(\vec{T}')$ pour le parcours de longueur ℓ en fonction de la vitesse v .

2. En déduire la formule donnant la valeur v en fonction de la distance parcourue ℓ .

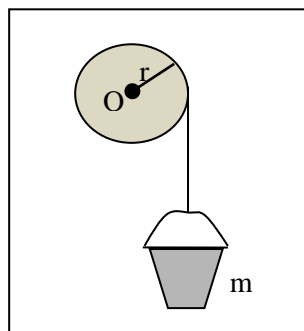
Application numérique : $\ell = 1 \text{ m}$.

• Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

3. Reprendre toutes les questions en supposant maintenant qu'entre la caisse et la table, il ya des frottements, ceux-ci se traduisent par une force de frottement horizontale, constante et d'intensité $f = 5 \text{ N}$.

EXERCICE 20: 20 p. 78 (1^{ère} c)

Un seau plein d'eau, de masse $m = 15 \text{ kg}$, suspendu à un treuil de rayon $r = 10 \text{ cm}$ et de moment d'inertie $J = 0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ par rapport à son axe horizontal O , est abandonné sans vitesse au-dessus d'un puits.



Le seau acquiert la vitesse v après une chute de longueur ℓ . On admet que la tension d'un fil est constante le long de ce fil au cours du mouvement.

1. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au seau et en déduire le travail $W(\vec{T})$ de la tension \vec{T} du fil pour un parcours de longueur ℓ en fonction de v et ℓ .

2. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au treuil et en déduire une expression du travail $W(\vec{T}')$ de la tension \vec{T}' du fil au niveau du treuil en fonction de la vitesse angulaire ω du treuil (lorsque le seau a la vitesse v).

3. En calculant de deux façons différentes la longueur de fil déroulée en 1 s, déterminer la relation entre v et ω .

4. En déduire la formule donnant la vitesse v en fonction de la hauteur de chute ℓ .

Application numérique : calculer v lorsque le seau arrive au fond du puits, 10 m plus bas.

• Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

ENERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR ENERGIE MECANIQUE

EXERCICE 1: 4 p. 87

Une automobile de masse $M = 1\,000 \text{ kg}$ descend, à la vitesse $V = 50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, un col de pente moyenne 7%. Quelle est la diminution de son énergie potentielle pendant les 20 minutes que dure le trajet ?

EXERCICE 2: 5 p. 87

Un jeune homme, de masse $M = 75 \text{ kg}$, grimpe à une corde verticale de longueur $\ell = 6 \text{ m}$. Calculer la variation de son énergie potentielle.

EXERCICE 3: 6 p. 87

Un objet de masse $M = 200 \text{ g}$ se déplace sur un axe horizontal, d'un mouvement de translation, à la vitesse $V_0 = 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Par suite des frottements, son mouvement se ralentit et sa vitesse prend la valeur $V = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Calculer la variation de son énergie mécanique.

EXERCICE 4: 7 p. 87

1. Un train de masse $M = 750 \text{ tonnes}$ est lancé à la vitesse $V = 108 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Quelle est son énergie cinétique ?

2. Le train monte une côte et il atteint un plateau où son altitude a augmenté de 30 m. Sa vitesse a diminué et est devenue égale à $72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Calculer la variation de son énergie mécanique.

EXERCICE 5: 8 p. 87

1. Une automobile, de masse $M = 800 \text{ kg}$, monte une côte, inclinée de $\alpha = 5^\circ$ sur l'horizontale, à la vitesse constante $V = 72 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

On suppose la résistance de l'air négligeable. Calculer la puissance développée par le moteur dans ces conditions.

2. Quelle est, en 30 s de montée, la variation de l'énergie mécanique du véhicule ?

EXERCICE 6: 11 p. 88

Un solide de masse $M = 0,5 \text{ kg}$ aborde un plan incliné avec la vitesse $V_0 = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1. Quelle est son énergie cinétique au bas de la pente ?

Quelle est alors son énergie mécanique si on choisit comme état de référence pour l'énergie potentielle ($E_p = 0$) la position la plus basse que prendra le solide ?

2. Le plan est incliné de $\alpha = 10^\circ$ sur l'horizontale et la force de frottement \vec{f} qui s'exerce sur le solide en mouvement est parallèle au plan incliné, en sens inverse du mouvement et d'intensité $f = 1,2 \text{ N}$.

2.1. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la distance ℓ parcourue par le solide le long du plan incliné lorsque sa vitesse devient égale à $\frac{V_0}{2}$.

2.2. Calculer pour le solide et à l'instant où sa vitesse vaut $\frac{V_0}{2}$, son énergie cinétique, son énergie potentielle et son énergie mécanique. Conclure.

EXERCICE 7: 12 p. 88

Un satellite de masse $M = 600 \text{ kg}$ décrit un mouvement circulaire uniforme autour de la Terre, à l'altitude $z = 780 \text{ km}$. La durée d'une révolution est $T = 100$ minutes et le rayon R de la terre est égal à $6\,400 \text{ km}$.

1. L'énergie potentielle du satellite a pour valeur $E_p = 4,1 \cdot 10^9 \text{ J}$ (l'énergie potentielle est prise nulle pour tout objet sur le sol terrestre). Le calcul classique de l'énergie potentielle vous permet-il de retrouver ce résultat ? Pourquoi ?

2. Calculer l'énergie cinétique du satellite en supposant que ses dimensions sont négligeables. En déduire la valeur de son énergie mécanique.

EXERCICE 8: 1 p. 98

Une pierre de masse 2 kg est lancée verticalement vers le haut, d'un point que l'on choisit comme origine des altitudes. La vitesse initiale de la pierre est de $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

1. Calculer son énergie cinétique, son énergie potentielle et son énergie mécanique au départ du mouvement.

2. Que peut-on dire de l'énergie mécanique du projectile s'il n'y a pas de forces de freinage dues à l'air ? En déduire la valeur maximale que peut prendre son énergie potentielle, ainsi que la hauteur maximale atteinte par la pierre.

EXERCICE 9: 2 p. 98

Un enfant est sur une luge au sommet d'une côte de pente constante 12% . Il reçoit une impulsion initiale qui lui communique, au départ, une vitesse de $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

L'origine des altitudes, donc des énergies potentielles, est prise au bas de la côte. Le mouvement de la luge s'effectue sans frottement. La longueur de la descente est de 100 m . L'enfant et la luge ont une masse de 40 kg .

1. Calculer l'énergie cinétique, l'énergie potentielle et l'énergie mécanique de l'ensemble enfant + luge au départ du mouvement.

2. En appliquant le théorème de la conservation de l'énergie mécanique, calculer l'énergie cinétique du mobile au bas de la descente. En déduire sa vitesse.

EXERCICE 10: 8 p. 99

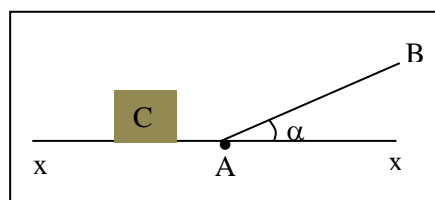
Un petit cube C , de masse $m = 2 \text{ kg}$, glisse à la vitesse $v = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ sur un plan horizontal $x'x$ parfaitement lisse. Il aborde en A une montée AB , inclinée d'un angle $\alpha = 20^\circ$ sur l'horizontale, le long de laquelle, il se déplace en étant soumis à une force de frottement d'intensité $f = 1,96 \text{ N}$, parallèle au déplacement mais de sens opposé.

1. L'énergie potentielle est nulle lorsque le cube est au contact avec le plan horizontal $x'x$. Calculer son énergie mécanique lorsqu'il se déplace entre x' et A .

2. Quelle distance L , le cube parcourt-il le long de AB avant de faire demi-tour ?

Quelle est alors la valeur de son énergie mécanique ?

3. Avec quelle vitesse, le cube repasse-t-il au point A ? Quelle est sa nouvelle énergie mécanique ?

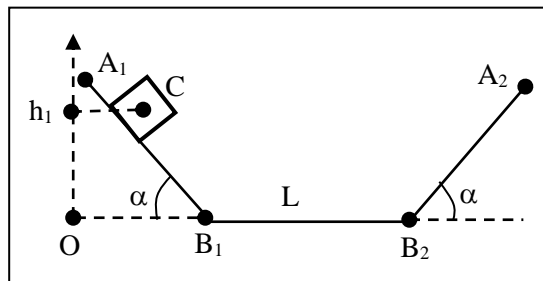


EXERCICE 11: 9 p. 99

Un petit cube C, de masse $m = 1$ kg, glisse le long du profil $A_1B_1B_2A_2$. Les plans A_1B_1 et A_2B_2 sont inclinés du même angle $\alpha = 30^\circ$ sur l'horizontale ; les déplacements du cube s'y effectuent sans frottement. Sur la partie horizontale B_1B_2 , de longueur $L = 2$ m, le cube est soumis à une force de frottement constante $f = 3,92$ N, parallèle au déplacement mais de sens opposé.

On lâche le cube sans vitesse sur le plan A_1B_1 d'une position où son centre d'inertie est situé à la hauteur $h_1 = 1$ m au-dessus du niveau B_1B_2 .

1. En prenant l'énergie potentielle du cube égale à zéro lorsqu'il est en contact avec la partie B_1B_2 , calculer, au départ du mouvement, son énergie potentielle et son énergie mécanique E_1 .
2. Calculer l'énergie mécanique E_2 du cube lorsqu'il arrive en B_2 . Quelle est alors sa vitesse ?
3. A quelle hauteur h_2 le mobile va-t-il faire demi-tour le long du plan B_2A_2 ?
4. Montrer, qu'au retour, le cube s'arrête. Préciser la position de ce point d'arrêt. Quelle est alors son énergie mécanique E_3 ?

**EXERCICE 12:** 1/87 :

Quelle est l'énergie potentielle d'un alpiniste de masse $m = 70$ kg au sommet des Grandes Jorasses (points Walker 4208 m) ?

On prend successivement pour origine des énergies potentielle, celle :

1. D'un observateur situé au niveau de la mer ;
2. D'un habitant de Chamonix (altitude 1 037 m) ;
3. Du gardien du refuge Boccalate (altitude 2 804 m).

EXERCICE 13: 2 p. 87 (1^{ère} C) :

Une éolienne est montée au sommet d'un pylône de hauteur $H = 15$ m. Elle est assimilable à une roue creuse de masse $M = 40$ kg, de rayon $R = 0,6$ m de moment d'inertie $J_\Delta = 10$ kg.m².

1. Quelle est son énergie potentielle :
 - 1.1. Lorsqu'elle ne tourne pas ?
 - 1.2. Lorsqu'elle tourne en effectuant 2 tours par seconde ?
2. Quelle est son énergie mécanique :
 - 2.1. Lorsqu'elle effectue 2 tours par seconde ?
 - 2.2. Lorsque la vitesse d'un point de la périphérie de la roue est de $1,5$ m.s⁻¹ ?

EXERCICE 14: 3 p. 87 (1^{ère} C) :

Un cylindre homogène de rayon $R = 5$ cm, de poids $P = 10$ N, roule sans glisser le long d'un plan incliné d'un angle $\alpha = 20^\circ$ par rapport à l'horizontale.

Calculer la variation de l'énergie potentielle du cylindre lorsqu'il effectue 10 tours de descente.

Indication : quand le cylindre fait un tour, son centre d'inertie se déplace de $2\pi R$.

EXERCICE 15: 9 p. 87

Un parachutiste (dont la masse, avec son équipement, vaut $M = 100 \text{ kg}$) est lâché d'un hélicoptère en vol stationnaire à l'altitude $h = 2\,000 \text{ m}$. Il parvient au sol avec une vitesse verticale $v = 5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Calculer la variation de son énergie mécanique.

EXERCICE 16: 10 p. 87

La retenue d'eau d'un barrage hydroélectrique a une superficie de $1,8 \text{ km}^2$ et une profondeur moyenne de 20 m . La différence d'altitude entre la retenue et l'usine de production d'électricité sera prise égale à 500 m .

1. Calculer l'énergie cinétique mise en réserve dans la retenue en supposant que l'eau quitte l'usine électrique avec une vitesse sensiblement nulle.
2. Sachant que la retenue peut être totalement vidée en un temps égal à 12 heures, quelle est la puissance mécanique disponible ?
3. L'usine électrique transforme l'énergie mécanique de l'eau en énergie électrique avec un rendement de 85% . Quelle est la puissance électrique installée ?

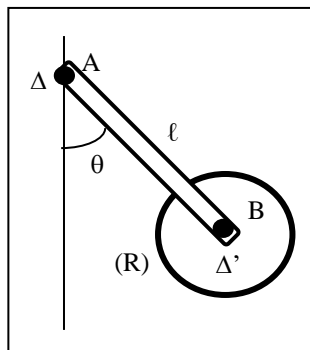
EXERCICE 17: 13p. 88 (1^{ère} C):

Un train d'atterrissage d'avion est schématisé à la figure ci-contre. Il comprend pour chacune des deux parties du train :

- Une barre AB homogène, de section constante, de longueur $\ell = 4 \text{ m}$, de masse $M = 200 \text{ kg}$, mobile autour de l'axe horizontal Δ qui la traverse au voisinage immédiat de son extrémité A ;
- Une roue (R), de masse $m = 40 \text{ kg}$, dont l'axe Δ' est très voisin de l'extrémité B de la barre.

La barre AB est inclinée d'un angle $\theta = 30^\circ$ par rapport à la verticale. L'altitude du point A est prise égale à zéro.

Déterminer dans ces conditions, l'énergie potentielle du train d'atterrissage.



EXERCICE 18: 14. 88 (1^{ère} C):

Une girouette métallique tourne à la vitesse angulaire $\omega = 0,6 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ autour de son axe vertical. Elle est faite d'une plaque homogène carrée, de côté $a = 40 \text{ cm}$, soudée comme l'indique la figure ci-dessous à une tige cylindrique homogène, de section négligeable, de hauteur $h = 1 \text{ m}$.

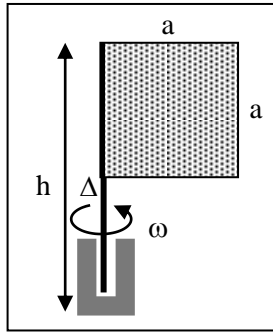
On donne :

- Masse de la plaque : $m_1 = 2 \text{ kg}$;
- Masse de la tige : $m_2 = 1 \text{ kg}$;
- Moment d'inertie de la plaque par rapport à l'axe Δ de la girouette : $J_\Delta = \frac{m_1 a^2}{3}$.

Le pied de la girouette repère l'origine des énergies potentielles ($E_p = 0$).

Calculer :

1. L'énergie potentielle de la girouette.
2. Son énergie cinétique, puis son énergie mécanique totale.

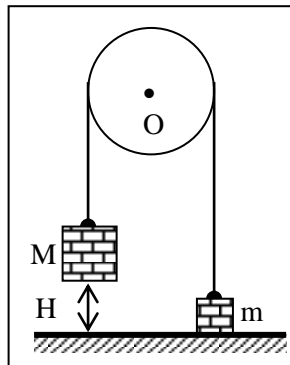


EXERCICE 19: 4 p. 98 (1^{ère} C) :

Le système représenté à la figure ci-contre est lâché dans la position indiquée. L'énergie potentielle de la masse m est alors nulle. La poulie, dans inertie, est mobile sans frottement autour de son axe.

1. Calculer l'énergie potentielle E_{p1} du système S formé par les deux masses, au départ du mouvement. Quelle est l'énergie mécanique de S ?
2. Calculer l'énergie potentielle E_{p2} du même système à l'instant où la masse M touche le sol.
3. Calculer la vitesse v des deux masses au terme de la chute en admettant la conservation de l'énergie mécanique pour le système S .

On donne : $M = 10 \text{ kg}$; $m = 2 \text{ kg}$; $H = 2 \text{ m}$.



CHAMP ELECTROSTATIQUE

EXERCICE 1 : 1 p. 173

En deux points A et B, on place respectivement les deux charges électriques q et q' . Soit O le milieu de AB. La charge $q = 10 \mu\text{C}$ placée en O le champ $E_A = 9 \cdot 10^6 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$.

Déterminer le champ électrostatique en O lorsque :

1. $q = q' = 10 \mu\text{C}$
2. $q' = -q = -10 \mu\text{C}$.

EXERCICE 2: 2 p. 173

Soit un carré ABCD et O son centre. La charge $q = 1 \mu\text{C}$ placée en A crée en O un champ électrostatique $E_0 = 2.10^3 \text{ V.m}^{-1}$.

Déterminer le champ électrostatique résultant lorsque :

1. On place en A, B, C, D la même charge $q = 1 \mu\text{C}$.
2. On place les charges : en A : $1 \mu\text{C}$; en B : $1 \mu\text{C}$; en C : $-1 \mu\text{C}$; en D : $-1 \mu\text{C}$.
3. On place les charges : en A : $-1 \mu\text{C}$; en B : $-1 \mu\text{C}$; en C : $1 \mu\text{C}$; en D : $1 \mu\text{C}$.

On précisera la direction, le sens et l'intensité du vecteur champ électrostatique en O.

EXERCICE 3: 3 p. 173

Soit un carré ABCD et O son centre. La charge $q = 1 \mu\text{C}$ placée en A crée en O un champ électrostatique $E_0 = 2.10^3 \text{ V.m}^{-1}$. on admet que, à distance déterminée $OM = r$, le champ électrostatique E est proportionnel à la charge q qui le crée : $E = k. q$.

Déterminer le champ électrostatique créé en O lorsque :

1. On place les charges : en A : $1 \mu\text{C}$; en B : $2 \mu\text{C}$; en C : $3 \mu\text{C}$; en D : $4 \mu\text{C}$.
2. On place les charges : en A : $-1 \mu\text{C}$; en B : $-2 \mu\text{C}$; en C : $-3 \mu\text{C}$; en D : $2 \mu\text{C}$.

EXERCICE 4: 4 p. 174 : DS 2008-009 (1^{ère} C)

Soit un triangle isocèle ABC ($AB = AC$), dont l'angle \hat{A} est égal à 50° . La charge $q = 1 \mu\text{C}$ placée en B crée en A un champ électrostatique $E_0 = 2,25.10^5 \text{ V.m}^{-1}$.

Déterminer le champ électrostatique en A (direction, sens et intensité) lorsqu'on place les charges :

1. en B : $1 \mu\text{C}$; en C : $1 \mu\text{C}$.
2. en B : $1 \mu\text{C}$; en C : $-1 \mu\text{C}$.

EXERCICE 4: 4 p. 174 Correction :

EXERCICE 5: 6 p. 174

On superpose, dans un domaine D, deux champs électrostatiques uniformes \vec{E}_1 et \vec{E}_2 orthogonaux : $E_1 = 3.10^4 \text{ V.m}^{-1}$; $E_2 = 4.10^4 \text{ V.m}^{-1}$. Une charge électrique $q = 2 \mu\text{C}$ est placée en un point du domaine D.

1. Quelle est l'intensité f_e de la force électrostatique à laquelle elle est soumise ?
2. Calculer l'angle α entre les directions du champ \vec{E}_1 et de la force \vec{f}_e .

EXERCICE 6: 7p. 174

Soit un losange ABCD dont l'angle \hat{A} est égal à 60° . Une charge électrique $q = 2 \mu\text{C}$, placée en A, crée au point D un champ électrostatique \vec{E}_1 d'intensité $E_1 = 2.10^4 \text{ V.m}^{-1}$.

Déterminer la direction, le sens et l'intensité du champ électrique \vec{E} créé au point D pour les distributions de charges suivantes :

1. en A : $q_1 = 2 \mu\text{C}$; en B : $q_2 = 2 \mu\text{C}$; en C : $q_3 = 2 \mu\text{C}$.
2. en A : $q_1 = -2 \mu\text{C}$; en B : $q_2 = 2 \mu\text{C}$; en C : $q_3 = -2 \mu\text{C}$.
3. en A : $q_1 = -4 \mu\text{C}$; en B : $q_2 = -2 \mu\text{C}$; en C : $q_3 = -4 \mu\text{C}$.

EXERCICE 7: 8 / 174 :

Une petite sphère de centre S est attachée au point O par un fil isolant de masse négligeable et de longueur $\ell = 40 \text{ cm}$. La sphère, de masse $m = 5.10^{-2} \text{ g}$, porte la charge électrique q.

1. On le soumet à un champ électrostatique uniforme \vec{E} , horizontal, orienté comme l'indique la figure ci-contre. Le fil s'incline alors d'un angle $\alpha = 10^\circ$ par rapport à la verticale.

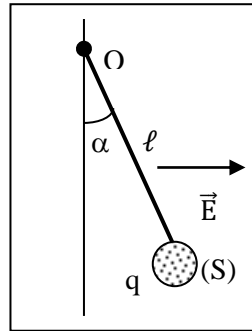
En déduire la valeur de la charge électrique q .

• Intensité du champ électrostatique : $E = 10^3 \text{ V.m}^{-1}$.

2. On superpose au champ électrostatique précédent un autre champ électrique uniforme \vec{E}' , vertical.

Quels doivent le sens et l'intensité du champ \vec{E}' pour que le fil s'incline sur la verticale d'un angle $\alpha' = 20^\circ$?

3. Quelle serait l'inclinaison α'' du fil si l'on changeait le sens du champ \vec{E}' sans modifier son intensité ?



ENERGIE POTENTIELLE ELECTROSTATIQUE

EXERCICE 1: 11 p. 175

Quelle doit être la tension U entre les armatures d'un condensateur plan pour que le champ électrostatique uniforme entre les armatures ait pour intensité $E = 1\,200 \text{ V.m}^{-1}$?

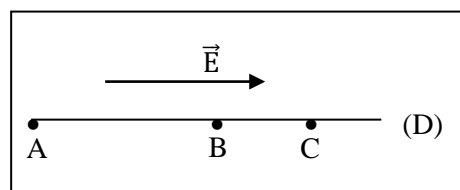
• Distance entre les armatures : $d = 2 \text{ mm}$.

EXERCICE 2: 12 p. 175

Trois points A, B et C, situés dans cet ordre sur une droite (D) sont placés dans un champ électrostatique uniforme \vec{E} , parallèle à (D).

On donne : $AB = 30 \text{ cm}$; $BC = 10 \text{ cm}$; $E = 1500 \text{ V.m}^{-1}$.

Calculer les tensions U_{AB} , U_{BC} et U_{CA}



EXERCICE 3: 13 p. 175

Un fil cylindrique conducteur, de longueur $\ell = 80 \text{ cm}$, est soumis à la tension $U_{AB} = U = 50 \text{ V}$.

On admet que le champ électrique \vec{E} dans le conducteur est uniforme et parallèle à l'axe du fil.

1. Déterminer le sens du champ \vec{E} et calculer son intensité.

2. Calculer la tension U_{AM} , les points A et M étant séparés par la distance $d = 30 \text{ cm}$ (M entre A et B).
3. Où faut-il placer le point N pour que la tension U_{BN} soit égale à -20 V ?

EXERCICE 4: 14 p. 175

Une charge $q = 10^{-7} \text{ C}$ se déplace en ligne droite, de A vers B, dans un champ électrostatique uniforme \vec{E} , d'intensité $E = 600 \text{ V.m}^{-1}$, tel que $(\vec{AB}, \vec{E}) = 30^\circ$.

Calculer :

1. le travail de la force électrostatique qui s'exerce sur la charge q au cours du déplacement AB ;
 2. la valeur de la tension U_{AB} .
- Distance $AB = \ell = 15 \text{ cm}$.

EXERCICE 5: 15 p. 175

On se déplace, dans un champ électrostatique uniforme \vec{E} , le long d'une ligne de champ $x'Ox$. Le vecteur unitaire \vec{i} qui oriente l'axe $x'Ox$ a même direction que \vec{E} . Le potentiel au point A ($x_A = -2 \text{ cm}$) est nul ; le potentiel au point B ($x_B = 8 \text{ cm}$) est égal à 400 V .

Calculer :

1. l'intensité E du champ électrostatique ;
2. la valeur du potentiel au point O ;
3. l'énergie potentielle électrostatique d'une charge $q = 5 \mu\text{C}$ placée au point M d'abscisse $x_M = 5 \text{ cm}$.

EXERCICE 6: 16 p. 175

Une particule matérielle, portant la charge $q = -10^{-12} \text{ C}$, est accélérée dans un champ électrostatique \vec{E} . Initialement au repos au point A, elle acquiert l'énergie cinétique $E_c = 10^{-10} \text{ J}$ au point B après avoir parcouru la distance $d = 5 \text{ cm}$. En déduire :

1. la valeur de la tension U_{AB} ;
2. l'intensité du champ- électrostatique \vec{E} .

EXERCICE 7: 17 p. 175

Le plan xOy , rapporté au repère orthonormé (O, \vec{i}, \vec{j}) , est plongé dans un champ électrostatique uniforme \vec{E} , d'intensité $E = 800 \text{ V.m}^{-1}$.

La direction et le sens du champ \vec{E} sont ceux du vecteur $(\vec{i} + \vec{j})$. Le potentiel électrostatique est nul au point O.

1. Calculer les potentiels V_A et V_B aux points A (10, 0) et B (10, 10), l'unité de longueur sur axes étant le cm.
2. On place une charge $q = 3 \mu\text{C}$ dans le champ \vec{E} . Calculer le travail effectué par la force électrostatique agissant sur cette charge lorsque celle-ci se déplace en ligne droite :
 - a) de O à A ;
 - b) de A à B ;
 - c) de O à B.

Donner deux solutions : par le calcul direct du travail et en utilisant la notion différence de potentiel.

EXERCICE 8: 18 p. 175

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

1. Il passe en A à la vitesse $V_A = 2000 \text{ km.s}^{-1}$. Quelle est son énergie cinétique E_{cA} , en joules, puis en électrons- volts ?
 2. Quelle tension positive U faut-il appliquer entre les points A et B, et dans quel sens, pour que le proton passe au point B à la vitesse $V_B = 10000 \text{ km.s}^{-1}$?
- Données relatives au proton : masse : $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; charge : $+e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

EXERCICE 9: 22 p. 176

Les particules α sont des noyaux d'atomes d'hélium ${}^4_2\text{He}$.

1. Quelle est la charge électrique d'une particule α ?
2. L'énergie cinétique d'une particule α est $E_c = 5,4 \text{ MeV}$. Quelle est sa vitesse ?

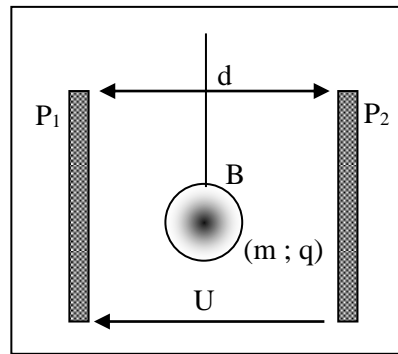
3. La particule α précédente a été accélérée par un champ électrostatique \vec{E} : elle y est entrée en un point A avec l'énergie cinétique $E_{CA} = 4,2 \text{ MeV}$ pour en sortir en un point B avec l'énergie cinétique $E_{CB} = 5,4 \text{ MeV}$.

Calculer la valeur de la tension $U_{AB} = U$ nécessaire à cette accélération.

• Masse d'une particule α : $m = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; • Charge élémentaire: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

EXERCICE 10: 23 p. 177

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



1. On établit la tension $U_{P_1 P_2} = U = 4\,000 \text{ V}$ entre ces plaques de manière à créer entre celles-ci un champ électrostatique uniforme \vec{E} .

Quels sont la direction, le sens et l'intensité du champ \vec{E} ?

2. 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 ?

3. Le pendule est déplacé horizontalement, vers la droite, sur une distance $\ell = 2 \text{ cm}$ à partir de la position d'équilibre précédente.

Calculer le travail $W(\vec{f}_E)$ de la force électrostatique qui s'exerce sur la boule pendant ce déplacement.

EXERCICE 11: 19 / 176 :

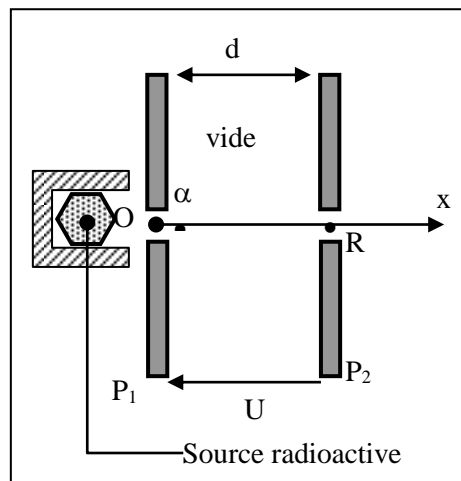
Une particule α (noyau d'atome d'hélium) produite par une source radioactive est émise au voisinage du point O avec une vitesse négligeable.

1. Quelle tension $U_{P_1 P_2} = U$ faut-il appliquer entre les plaques P_1 et P_2 , distantes de $d = 20 \text{ cm}$, pour que la particule traverse la plaque P_2 en R avec la vitesse $V = 10^3 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$?

2. Donner les caractéristiques du champ électrostatique \vec{E} (supposé uniforme) entre les plaques.

3. Quelle est, en joule puis en électron-volts, l'énergie cinétique de la particule à son passage en R ?

• Données relatives à la particule α : masse : $m = 6,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; charge électrique : $q = 2e = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$



EXERCICE 13: 21 p. 176 :

Deux plaques P_1 et P_2 planes et parallèles, entre lesquelles règne un vide poussé, sont distantes de $d = 10$ cm. Elles sont reliées respectivement aux pôles $+$ et $-$ d'un générateur haute tension qui délivre une tension continue $U = 500$ V.

1. Quels sont la direction, le sens et l'intensité du champ électrostatique \vec{E} , supposé uniforme, qui règne dans le domaine \mathcal{D} situé entre les deux plaques ?

2. Sur l'axe $x'Ox$ perpendiculaire aux plaques, dont l'origine O est sur P_1 , et qui est orienté de P_1 à P_2 , on place les points M et N d'abscisses $x_M = 2$ cm et $x_N = 7$ cm.

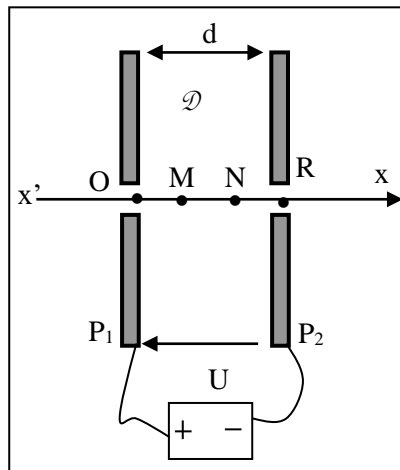
Calculer les différences de potentiels : $V_O - V_M$; $V_O - V_N$; $V_M - V_N$.

3. Un électron pénètre dans le domaine \mathcal{D} , au point R , avec une vitesse négligeable.

3.1. Donner les caractéristiques de la force électrostatique \vec{f}_e qui s'exerce sur lui.

3.2. Quelle est la vitesse de l'électron à son passage en N , en M puis en O ?

4. Calculer le travail $W_{NM}(\vec{f}_e)$ de la force \vec{f}_e lorsque l'électron se déplace de N à M .



EXERCICE 14 : 24 p. 177 :

Ce problème étudie de façon très simple la déviation d'un faisceau d'électrons par des plaques défléctrices P_1 et P_2 , horizontales, dans un tube cathodique où règne le vide.

Les électrons pénètrent en O entre les plaques P_1 et P_2 à la vitesse horizontale \vec{V}_0 et ressortent en M .

Le point O est à la même distance $\ell = 3$ cm des deux plaques et $V_0 = 10^7$ m.s.

1. On établit entre les plaques la tension $U_{P_2P_1} = U = 600$ V. Déterminer la direction, le sens et l'intensité du champ électrostatique E , supposé uniforme, qui règne entre les plaques.

2.

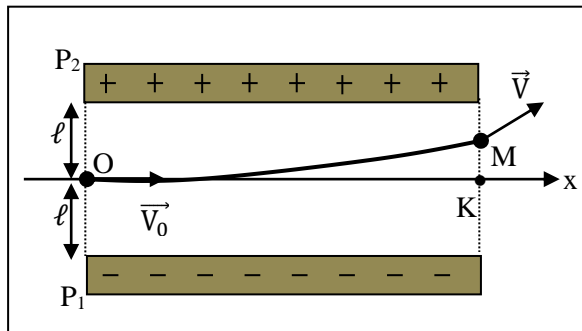
2.1. Donner les caractéristiques (direction, sens et intensité) de la force électrostatique \vec{f}_e qui agit sur l'électron.

2.2. La comparer à son poids.

2.3. Justifier le sens de la déviation observée.

3. L'axe $x'Ox$ pénètre dans le champ électrostatique en O et en ressort en K .

- 3.1. Montrer que la différence de potentiel entre les points O et K est nulle.
- 3.2. Calculer la d.d.p $V_M - V_K$ sachant que $M_K = 1,3 \text{ cm}$. En déduire la valeur de la d.d.p $V_O - V_M$.
4. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à un électron entre ses passages en O et M, calculer la vitesse V acquise par ce dernier à sa sortie du champ au point M.



- Masse de l'électron : $m = 9,1.10^{-31} \text{ kg}$; charge de l'électron : $-e = -1,6.10^{-19} \text{ C}$

ENERGIE ET PUISSANCE ELECTRIQUES

EXERCICE 01 : 4/ 204 :

Une rame de métro roule à la vitesse de 40 km.h^{-1} sur une route rectiligne et horizontale. Les forces qui s'opposent à l'avancement de la rame équivalent à une force unique F , dirigée vers l'arrière du convoi, d'intensité $F = 3.10^4 \text{ N}$.

Les motrices transforment 90 % de la puissance utile développée par leurs moteurs en puissance mécanique.

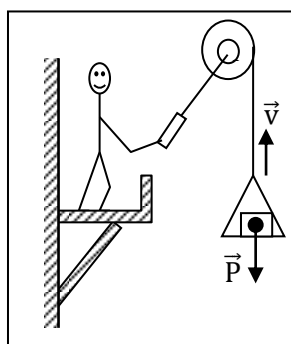
1. Calculer la puissance utile \mathcal{P}_u produite par tous les moteurs de la rame.
2. Ces derniers sont alimentés sous la tension continue $U = 1\,500 \text{ V}$ et ont une résistance négligeable. En déduire la valeur de l'intensité I du courant qui les traverse.

EXERCICE 02: 5/ 204 :

Un treuil utilisé dans les travaux publics monte une charge de poids $P = 2\,000 \text{ N}$ à la vitesse $v = 1,2 \text{ m.s}^{-1}$. Il est actionné par un moteur électrique de f.c.é.m E' et de résistance $r = 1\Omega$. Le moteur lui-même est alimenté en courant continu par un générateur de résistance interne nulle, délivrant à ses bornes la tension $U = 220 \text{ V}$. Le système moteur électrique + treuil transforme l'énergie électrique fournie au moteur en énergie mécanique servant au levage avec un rendement de 80 %.

En déduire :

1. La valeur de l'intensité I du courant débité par le générateur.
2. La valeur de la f.c.é.m E' du moteur.
3. La quantité de chaleur Q apparue dans le moteur au cours d'une heure de fonctionnement.



EXERCICE 03 : 6/ 204 (1^{ère} C) :

Un moteur électrique de résistance interne négligeable transforme 95 % de l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie mécanique disponible. Le moment du couple développé par le moteur vaut $\mathcal{M} = 12$ N.m pour un régime de rotation de $1\,200$ tr.min⁻¹.

1. Calculer, dans ces conditions, la puissance électrique reçue par le moteur.
2. Déterminer la valeur de sa f.c.é.m sachant qu'il est parcouru par un courant d'intensité $I = 30$ A.

EXERCICE 1: 3 p. 187

La résistance chauffante d'un lave- linge consomme $2\,700$ W pendant la phase de lavage qui dure 15 minutes. La machine est alimentée sous la tension du secteur : $U = 220$ V.

1. Calculer la valeur R de la résistance.
2. Quelle est l'intensité I du courant dans la résistance ?

EXERCICE 2: 1 p.203

Une pile (f.é.m $E = 9$ V, résistance interne $r = 2,5\Omega$) débite un courant d'intensité $I = 400$ mA.

1. Quelle puissance fournit-elle au reste du circuit ?
2. Quelle est, en 1 heure de fonctionnement, l'énergie dissipée par effet Joule à l'intérieur de cette pile ?

EXERCICE 3: 10 p. 205

Un petit moteur électrique récupéré dans un vieux jouet d'enfant est monté en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 4\Omega$, une pile (f.é.m $E = 4,5$ V ; résistance interne $r = 1,5\Omega$), un ampèremètre de résistance négligeable et un interrupteur K .

1. Faire un schéma du montage.
2. Lorsqu'on ferme l'interrupteur, le moteur se met à tourner et l'ampèremètre indique un courant d'intensité $I = 0,45$ A.

En déduire une relation numérique entre la f.c.é.m E' du moteur (en V) et sa résistance r' (en Ω).

3. On empêche le moteur de tourner et on note la nouvelle valeur de l'intensité : $I' = 0,82$ A.

En déduire les valeurs numériques, en unités S.I de r' et de E' .

4. Déterminer, pour 5 minutes de fonctionnement du moteur :

- 4.1. L'énergie E_1 fournie par la pile au reste du circuit,
- 4.2. L'énergie E_2 consommée dans le conducteur ohmique,
- 4.3. L'énergie utile E_3 produite par le moteur.

EXERCICE 4: 12 p. 205

Un appareil de levage fonctionne grâce à un moteur électrique de résistance négligeable alimenté par un groupe d'accumulateurs constituant un générateur de f.é.m $E = 72$ V et de résistance interne $r = 5 \cdot 10^{-2}\Omega$. L'appareil est utilisé pour soulever, à vitesse constante, un conteneur de masse $M = 400$ kg, d'une hauteur $h = 2$ m, en 5 s.

1. Calculer la puissance mécanique \mathcal{P}_m développée par l'engin pendant cette opération.

• Intensité de la pesanteur : $g = 9,8$ N.kg⁻¹.

2. Pendant toute la manœuvre, l'intensité I du courant débité par les batteries est égale à 25 A.

En déduire :

- 2.1. La f.c.é.m E' du moteur dans les conditions de fonctionnement étudiées ;
- 2.2. La puissance électrique \mathcal{P} consommée par le moteur ;

- 2.3. Le rendement ρ de la conversion de l'énergie électrique reçue par le moteur en énergie mécanique fournie au conteneur ;
- 2.4. Le rendement ρ' de la conversion de l'énergie chimique stockée dans l'accumulateur en énergie fournie mécanique au conteneur.

EXERCICE 5: 13 p. 205

Un électrolyseur dont les électrodes sont en fer contient une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium. On le soumet à une tension continue réglable U ; I est l'intensité du courant qui le traverse.

1. Faire un schéma du montage en mettant en place les éléments suivants : générateur continu à tension de sortie réglable ; interrupteur ; rhéostat ; électrolyseur ; ampèremètre ; voltmètre.
2. Les résultats des différentes mesures sont consignés dans le tableau :

U (V)	0	0,5	1,0	1,5	1,6	1,7	1,8
I (A)	0	0	0	0	0,02	0,03	0,05
U (V)	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
I (A)	0,10	0,29	0,50	0,71	0,92	1,10	1,32

Tracer la caractéristique intensité- tension de l'électrolyseur en prenant 1 cm pour 100 mA en abscisses et 1 cm pour 0,5 V en ordonnées.

Donner l'équation de la partie linéaire de cette caractéristique sous la forme : $U = a + b.I$.

3. En déduire les valeurs, en unités S.I, de la f.c.é.m E' et de la résistance r' de l'électrolyseur lorsqu'il fonctionne dans la partie linéaire de sa caractéristique.
4. L'électrolyseur précédent est désormais branché aux bornes d'une pile de f.é.m $E = 4,5$ V et de résistance interne $r = 1,5\Omega$.
 - 4.1. Calculer l'intensité I du courant qui le traverse.
 - 4.2. Quelle puissance électrique \mathcal{P} reçoit-il ?
 - 4.3. Quelle puissance \mathcal{P}_{th} dissipe-t-il par effet Joule ?
 - 4.4. De quelle puissance utile P_u dispose-t-il pour effectuer les réactions chimiques aux électrodes ?

EXERCICE 6: 18 p. 207

Aux bornes d'un générateur continu industriel (f.é.m : $E = 220$ V ; résistance interne : $r = 0,40\Omega$), on branche, en série, un conducteur ohmique de résistance $R = 50 \Omega$ et un moteur (f.c.é.m E' ; résistance interne : r').

1. Quand on bloque le moteur, l'intensité dans le circuit prend la valeur $I_1 = 4,3$ A.
 - 1.1. En déduire la résistance interne r' du moteur (donner deux chiffres significatifs).
 - 1.2. Quelle est la tension U_1 à ses bornes ?
2. Lorsque le moteur tourne à son régime normal, l'intensité devient $I_2 = 1,5$ A. Calculer :
 - 2.1. La tension U_2 aux bornes du moteur ;
 - 2.2. La f.c.é.m E' du moteur ;
 - 2.3. La puissance fournie par le générateur ;
 - 2.4. La puissance thermique dissipée dans le circuit ;
 - 2.5. La puissance utile du moteur ;
 - 2.6. Le rendement de l'installation.

EXERCICE 7: 20 p.207

Un moteur est alimenté par un générateur de f.é.m constante $E = 110$ V. Il est en série avec un ampèremètre et la résistance totale du circuit vaut $R = 10\Omega$.

1. Le moteur est muni d'un frein qui permet de bloquer son rotor ; quelle est alors l'indication de l'ampèremètre ?
2. On desserre progressivement le frein ; le rotor prend un mouvement de plus en plus rapide tandis que l'intensité du courant diminue. Justifier cette constatation.
3. Lorsque le moteur tourne, il fournit une puissance mécanique \mathcal{P}_u .

- 3.1. Etablir l'équation qui permet de calculer l'intensité I dans le circuit en fonction de la puissance \mathcal{P}_u .
- 3.2. Montrer que si la puissance \mathcal{P}_u est inférieure à une valeur \mathcal{P}_0 que l'on déterminera, il existe deux régimes de fonctionnement du moteur.
- 3.3. Pour $\mathcal{P}_u = 52,5 \text{ W}$, calculer :
- Les intensités du courant ;
 - Les f.c.é.m E' du moteur ;
 - Les rendements de l'installation dans les deux cas possibles.
4. A partir de l'équation établie au 3.1), écrire l'équation donnant la puissance fournie \mathcal{P}_u en fonction de l'intensité I et représenter les variations de la fonction $\mathcal{P}_u = f(I)$.
- **Echelles** : en abscisses : 1 cm pour 1 A ; en ordonnées : 4 cm pour 100 W.
- Retrouver grâce à la courbe, les résultats des questions 3.2) et 3.3.).

LES CONDENSATEURS

EXERCICE 1: Ex. Corrigé p. 227

Les armatures d'un condensateur plan sont des plaques rectangulaires de largeur $\ell = 20 \text{ cm}$ et de longueur $L = 20 \text{ cm}$. Elles sont séparées par un diélectrique d'épaisseur $d = 0,1 \text{ mm}$, de permittivité relative $\epsilon_r = 7$, et sont soumises à la tension $U = 100 \text{ V}$.

Calculer :

1. la capacité C du condensateur ;
2. sa charge Q ;
3. son énergie ϵ .

EXERCICE 2: 1 p. 229

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 $I = 22 \mu\text{A}$.

1. Quelle est la charge acquise par le condensateur ?
2. Quelle est la tension entre ses armatures ?

EXERCICE 3: 2 p. 229

1. Quelle doit être la capacité d'un condensateur pour qu'il emmagasine l'énergie électrostatique $\epsilon = 10^{-4} \text{ J}$ lorsqu'on applique entre ses armatures une tension U égale à 100 V ?
2. Quelle énergie ϵ' possède-t-il lorsque les mêmes armatures sont soumises à la tension $U' = 200 \text{ V}$?

EXERCICE 4: 6 p. 230

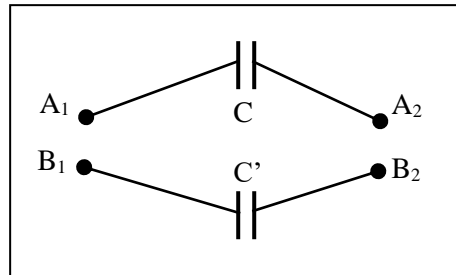
Les armatures d'un condensateur plan sont distantes de 1 mm . Il règne entre les armatures un champ électrostatique uniforme \vec{E} d'intensité 20 kV.m^{-1} ; la charge Q du condensateur est, dans ces conditions, égale à 10^{-8} C .

1. Quelle est la valeur de la capacité C ?
2. Calculer son énergie électrostatique ϵ .

EXERCICE 5: 7 p. 230

Deux condensateurs sont soumis, respectivement, aux tensions $U_1 = V_{A_1} - V_{A_2} = 100 \text{ V}$ et $U_2 = V_{B_1} - V_{B_2} = 80 \text{ V}$. Lorsque leur charge est terminée, on procède aux opérations suivantes :

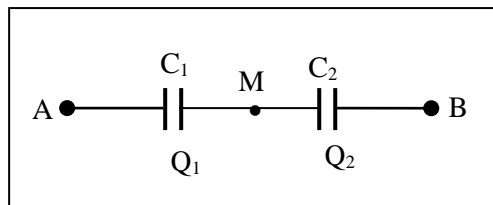
- (1) : les générateurs sont débranchés ;
- (2) : on relie par un cavalier conducteur les armatures A_1 et B_1 d'une part, A_2 et B_2 d'autre part.



1. Quelles sont, avant la mise en place des cavaliers, les valeurs de la charge Q_0 portée par l'armature A_1 et de la charge Q'_0 portée par l'armature B_1 ?
Capacités des deux condensateurs : $C = 0,5 \mu\text{F}$; $C' = 0,2 \mu\text{F}$.
2. Déterminer, lorsque les cavaliers sont mis en place, les nouvelles valeurs des charges Q (armature A_1) et Q' (armature B_1) ainsi que celle de la tension $U = V_{A_1} - V_{A_2}$.
3. Quelle est l'énergie électrostatique totale emmagasinée dans les deux condensateurs :
 - 3.1. Avant la mise en place des cavaliers ;
 - 3.2. Après leur mise en place ?
 Commenter et interpréter.
4. Reprendre les questions 2) et 3) en supposant désormais que les cavaliers sont mis en place entre A_1 et B_2 d'une part, entre A_2 et B_1 d'autre part.

EXERCICE 6: 8 p. 230

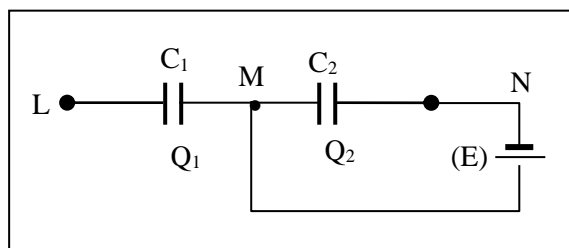
Deux condensateurs de capacités $C_1 = 40 \text{ nF}$ et $C_2 = 60 \text{ nF}$, initialement déchargés, sont montés en série. On établit entre A et B la tension continue $U = V_A - V_B = 500 \text{ V}$.



1. Montrer que les charges Q_1 et Q_2 des condensateurs sont égales : Q_1 est la charge de l'armature reliée à A, Q_2 celle de l'armature reliée à M.
2. Exprimer de façon littérale, en fonction de U , C_1 et C_2 , les tensions $U_1 = U_{AM}$ et $U_2 = U_{MB}$, puis faire l'application numérique.
3. En déduire les valeurs de la charge et de l'énergie électrostatique de chaque condensateur.

EXERCICE 7: 9 p. 230

On donne, pour le montage ci-dessous, $C_1 = 20 \text{ nF}$ et $C_2 = 80 \text{ nF}$. La f.é.m E du générateur est égale à 200 V . Q_1 et Q_2 désignent respectivement les charges des armatures de gauche des condensateurs C_1 et C_2 .



1. Calculer les tensions $U_1 = V_L - V_M$ et $U_2 = V_M - V_N$ entre les armatures des deux condensateurs.
2. Quelles sont les valeurs des charges Q_1 et Q_2 ?
3. Calculer l'énergie électrostatique totale ε emmagasinée dans l'ensemble des deux condensateurs.

EXERCICE 8: 15 p. 232

Deux condensateurs plans, dont les armatures sont séparées par de l'air, ont pour caractéristiques :

• **Condensateur n°1** : armatures rectangulaires : longueur $L = 1$ m, largeur $\ell = 4$ cm ; épaisseur $d_1 = 0,1$ mm.

• **Condensateur n°2** : armatures circulaires dont le rayon vaut $r = 20$ cm ; épaisseur $d_2 = 0,2$ mm.

1. Calculer les capacités C_1 et C_2 des deux condensateurs.
2. On associe les deux condensateurs en série et on soumet l'association à la tension $U = 100$ V.
 - 2.1. Faire un schéma du montage et montrer que les deux condensateurs portent la même charge Q . Calculer Q .
 - 2.2. Calculer les tensions U_1 et U_2 appliquées aux bornes de chaque condensateur.
 - 2.3. Calculer l'énergie électrostatique totale ε emmagasinée dans les deux condensateurs.

Permittivité de l'air : $\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9}$ S.I.

3. Les condensateurs sont maintenant associés en parallèle et soumis à la tension $U' = 50$ V.
 - 3.1. Faire un schéma du montage et calculer leurs charges Q'_1 et Q'_2 .
 - 3.2. Calculer l'énergie électrostatique totale ε' emmagasinée dans l'association.

EXERCICE 01 : 3/229

Deux condensateurs, de capacités respectives C_1 et C_2 , portent la même charge $Q = 8,9$ nC. Les énergies électrostatiques qu'ils possèdent valent $E_1 = 10^{-5}$ J et $E_2 = 5 \cdot 10^{-6}$ J.

Quelles sont les valeurs des capacités C_1 et C_2 ?

EXERCICE 02 : 4/ 229

1. Un condensateur dont les armatures sont notées A et B porte la charge $Q_A = 48$ μ C lorsque la tension $U = V_A - V_B$ est égale à 40 V. Quelle est la valeur de sa capacité C ?

2. On branche entre les armatures, à l'instant $t = 0$, un générateur qui débite un courant d'intensité constante $I = 5$ μ A circulant de A vers B hors du condensateur.

Quelles sont les valeurs de la charge Q_A et de la tension U aux instants $t_1 = 5$ s, $t_2 = 10$ s, $t_3 = 15$ s ?

EXERCICE 03 : 11/ 231

Deux condensateurs de capacités $C_1 = 2$ μ F et $C_2 = 3$ μ F sont reliés à travers une résistance R par deux cavaliers conducteurs K_1 et K_2 . Ils ne sont pas chargés.

1. On retire les cavaliers K_1 et K_2 et on relie les bornes A_1 et A_2 respectivement aux pôles + et - d'un générateur délivrant une tension connue $U = 150$ V.

Quelle est la charge Q_1 portée par l'armature de gauche du condensateur C_1 ?

2. On débranche le générateur et on remet en place les cavaliers K_1 et K_2 à l'aide de pinces isolantes.

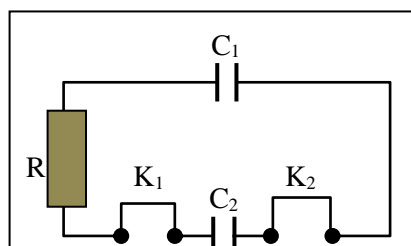
2.1. Calculer les charges Q'_1 et Q'_2 portées, respectivement, par les armatures de gauche des condensateurs C_1 et C_2 .

2.2. Déterminer la tension $U' = V_{A_1} - V_{A_2}$, lorsque l'équilibre électrostatique des condensateurs est atteint (cela signifie qu'il ne passe plus aucun courant dans la résistance R).

3. Evaluer l'énergie électrostatique E_1 du condensateur C_1 à la fin de l'opération 1) et les énergies électrostatiques E'_1 et E'_2 des deux condensateurs à la fin de l'opération 2).

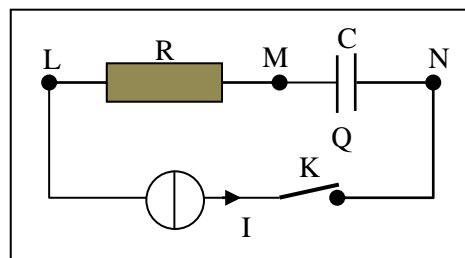
4. Comparer E_1 et $E'_1 + E'_2$. Donner une interprétation physique de la différence $E_1 - (E'_1 + E'_2)$. Cette différence dépend-elle de la valeur de la résistance R ?

Envisager le cas particulier où R tend vers zéro. Interpréter.



EXERCICE 04 : 12/ 231

Un circuit comprend : une source de courant qui débite une intensité constante $I = 10 \mu\text{A}$, un conducteur ohmique de résistance $R = 100 \text{ k}\Omega$, un condensateur de capacité $C = 5 \mu\text{F}$, un interrupteur K. Le condensateur est déchargé. A l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur K ; à l'instant $t = 20 \text{ s}$, on l'ouvre à nouveau.



1. On étudie d'abord le circuit à l'instant $t = 10 \text{ s}$ et on note Q la charge de l'armature de gauche du condensateur. Calculer à cet instant :

- 1.1. La valeur de la charge Q .
- 1.2. Les valeurs des tensions U_{ML} et U_{MN} .
- 1.3. La puissance fournie par le générateur au reste du circuit.

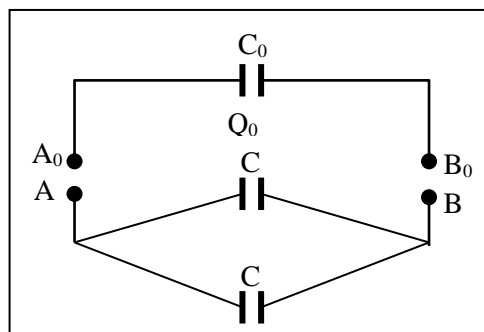
2. On fait maintenant un bilan énergétique de la charge du condensateur pendant la période $t = 0$, $t = 20 \text{ s}$. Quelle est, pendant cette période :

- 2.1. L'énergie électrostatique E_1 emmagasinée dans le condensateur ?
- 2.2. L'énergie thermique E_2 dissipée par effet Joule dans la résistance ?
- 2.3. L'énergie électrique E_3 fournie par le générateur au reste du circuit ?

EXERCICE 05 : 13/ 231

Un condensateur de capacité $C_0 = 0,5 \mu\text{F}$, portant la charge $Q_0 = 150 \mu\text{C}$, et deux condensateurs de même capacité $C = 0,2 \mu\text{F}$, montés en parallèle entre les bornes A et B et ne portant aucune charge.

1. Calculer les tensions $U_0 = V_{A_0} - V_{B_0}$ et $U = V_A - V_B$.
2. On relie les bornes A_0 et A d'une part, B_0 et B d'autre part, par deux cavaliers conducteurs manipulés avec des pinces isolantes. Les charges portées par les armatures de gauche deviennent respectivement Q_1 , Q_2 et Q_3 , en partant du haut.
 - 2.1. Montrer que $Q_2 = Q_3$.
 - 2.2. Calculer numériquement les charges Q_1 , Q_2 et Q_3 , ainsi que la tension $U = V_A - V_B$ lorsque l'équilibre électrostatique est réalisé.
3. Calculer l'énergie électrostatique initiale E_0 du condensateur C_0 ainsi que l'énergie électrostatique totale E emmagasinée dans les trois condensateurs en fin d'opération 2). Comparer E_0 et E . Commenter.



EXERCICE 06 : 14/ 231

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.

1. Calculer sa capacité C .

2. On glisse entre les armatures, parallèlement à celles-ci, une plaque de métal d'épaisseur constante $d' = 3 \text{ mm}$, de même surface S et qui vient en regard des armatures. La plaque de métal ne porte aucune charge.

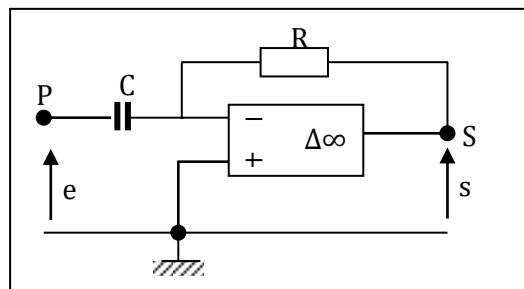
Calculer la capacité C' du condensateur équivalent à ce dispositif.

- Permittivité de l'air : $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \text{ S.I.}$

AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL

EXERCICE 1: TOMASINO 1^{ère} : 1 p. 244 (GBAKI : 5)

Dans le montage de la figure ci-dessous, l'A.O est parfait et il fonctionne en régime linéaire. Ses tensions de saturation $\pm V_{\text{sat}}$ sont égales à $\pm 13 \text{ V}$.

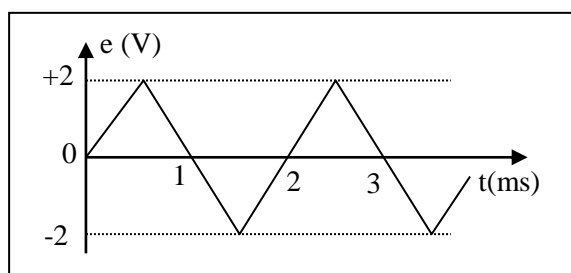


Données : $C = 50 \text{ nF}$; $R = 20 \text{ k}\Omega$

1. Exprimer de façon littérale, la tension de sortie $s(t)$ en fonction de R , C et de la dérivée $\frac{de}{dt}$.

De quel type de montage s'agit-il ?

2. La tension d'entrée $e(t)$ est la tension en dents de scie représentée ci- dessous :



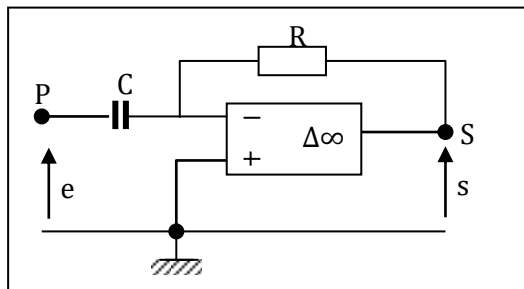
En déduire :

- la période T et la fréquence N de ce signal ;
 - la forme du signal de sortie $s(t)$.
3. Représenter ce signal sur une feuille de papier millimétré.

Echelles : 1 cm \leftrightarrow 0,5 ms ; 1 cm \leftrightarrow 1 V

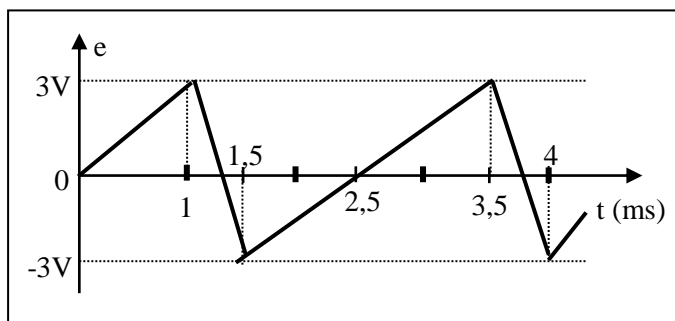
EXERCICE 2 : TOMASINO 1^{ère} : 2 p. 244 (GBAKI : 6)

Dans le montage de la figure ci-dessous, l'A.O est parfait et il fonctionne en régime linéaire. Ses tensions de saturation $\pm V_{\text{sat}}$ sont égales à ± 13 V.



Données : $C = 50$ nF ; $R = 20$ k Ω

On envoie à l'entrée un signal $e(t)$ en dents de scie dissymétriques, représenté ci-dessous :



- Quelles sont la période et la fréquence du signal $e(t)$?
- Exprimer le signal $s(t)$ en fonction de R , C et $\frac{de}{dt}$.
- Tracer, sur papier millimétré, la courbe représentant le signal $s(t)$.

Echelles : 1 cm \leftrightarrow 0,5 ms ; 1 cm \leftrightarrow 1 V

PROPAGATION DE LA LUMIERE

EXERCICE 1: 1 p. 301

Lors d'un orage, l'éclair et le tonnerre sont produits simultanément.

1. Quelle est la nature de ces deux phénomènes ?
2. Combien de temps après son émission, l'éclair sera-t-il perçu par un observateur situé à 10 km de l'orage. Ce dernier entendra-t-il le tonnerre à l'instant où il verra l'éclair ? Que vous suggère ce résultat ?

- Célérité de la lumière : $C_1 = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$; célérité du son dans l'air: $C_2 = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

EXERCICE 2: 2 p. 301

Vous assistez à un feu d'artifice. Une fusée éclate en un point situé sur la verticale passant par votre position. Le son de l'explosion vous parvient avec un retard de 0,2 s sur l'observation de la gerbe.

1. Expliquer l'origine de ce phénomène.
2. A quelle attitude la fusée a-t-elle éclaté ?

- Célérité du son dans l'air: $C = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

EXERCICE 3: 3 p. 301

Les lampes « halogène » sont de plus en plus utilisées comme moyen d'éclairage dans les pièces d'habitation. L'ampoule de ces lampes est dirigée vers le plafond : quel est le but de cette orientation ? Un tel moyen d'éclairage est-il possible dans une pièce au plafond noir ?

EXERCICE 4: 5 p. 301

Un lustre éclaire de rayons quasi parallèles un bibelot de hauteur $h = 50 \text{ cm}$ posé sur une table. Les rayons sont inclinés de 30° par rapport à l'horizontale.

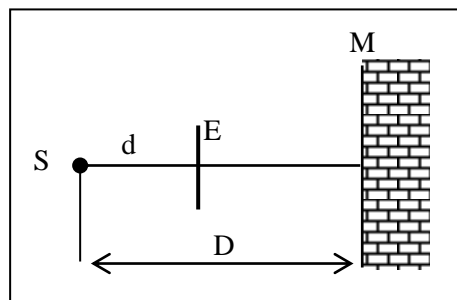
Déterminer la longueur de la zone d'obscurité (ombre) due au bibelot le long de la table.

EXERCICE 5: 6 p. 301

On considère :

- Une source ponctuelle S située à la distance $D = 2,0 \text{ m}$ d'un mur M ;
- Un écran circulaire opaque E de rayon $r = 10 \text{ cm}$ situé à la distance $d = 0,50 \text{ m}$ de S et disposé parallèlement au mur.

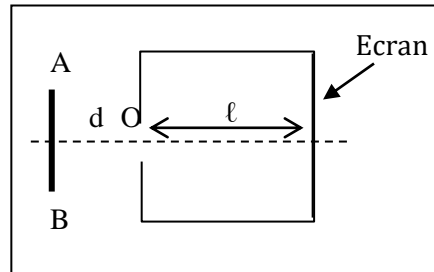
Les centres de E et S sont sur la même droite horizontale.



1. Montrer qu'il apparaît une zone d'obscurité (ombre) sur M.
2. Déterminer sa forme et ses dimensions.

EXERCICE 6: 7 p. 301

La chambre noire est l'ancêtre de l'appareil photographique ; elle est constituée d'une boîte parallélépipédique 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 $\ell = 30$ cm. Face à O, à une distance $d = 15$ cm, 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 ? Calculer la hauteur de la tache lumineuse observée.
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 ?

EXERCICE 7: 11 p. 302

Deux pylônes P_1 et P_2 , de hauteur $h = 50$ cm, sont distants de $d = 10$ km. Au sommet de P_1 se trouve une source de lumière ; au sommet de P_2 , on a placé un récepteur de lumière.

1. Quel est le temps mis par la lumière, émise de P_1 , pour atteindre P_2 ?
2. En fait, lorsqu'on éloigne davantage les deux pylônes, il faut tenir compte de la surface courbe de la Terre. Quelle est la distance maximale D entre les deux pylônes pour que la réception de lumière reste possible ?

On admet, dans les deux questions, que la lumière suit un trajet rectiligne de P_1 à P_2 .

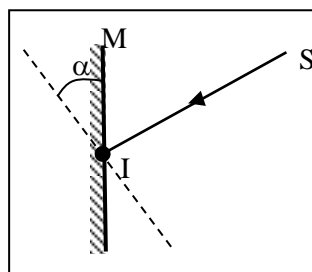
• **Données** : Célérité de la lumière : $C = 3.10^8$ m.s⁻¹ ; rayon de la Terre : $R = 6\,400$ km.

Indication : faites un dessin soigné dans le cas limite où le rayon est tangent à la surface terrestre entre les deux pylônes.

REFLEXION ET REFRACTION DE LA LUMIERE

EXERCICE 1: 11 P. 314

Un rayon lumineux frappe en un point I un miroir plan M avec un angle d'incidence i .



1. Tracer le rayon

1. Tracer le rayon réfléchi IR.

2. Sans changer le rayon incident, on fait tourner le miroir d'un angle α autour d'un axe horizontal passant par I et colinéaire au plan du miroir.

Déterminer, en fonction de α , la valeur de l'angle β dont a tourné le rayon réfléchi IR.

Application numérique : calculer β pour $\alpha = 10^\circ$. Quel peut être l'intérêt pratique de ce résultat ?

EXERCICE 2: 12 p. 314

Un rayon incident SI tombe en un point I d'un miroir plan avec un angle d'incidence $i = 30^\circ$. On fait tourner le rayon SI dans le plan d'incidence d'un angle $\alpha = 20^\circ$, le point I restant fixe.

De quel angle β et dans quel sens dévie le rayon réfléchi ?

EXERCICE 3: 4 p. 328

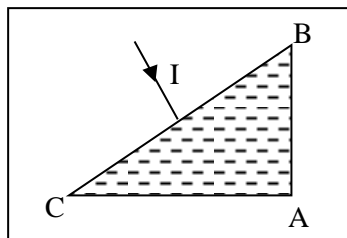
Un rayon lumineux tombe de l'air sur du benzène en faisant un angle de 60° avec sa surface libre. Déterminer l'angle que fait le rayon réfracté avec cette surface.

• Indice : $n_{\text{benzène}} = 1,5$.

EXERCICE 4: 5 P.328

Soit un prisme de verre, de section principale ABC ($\hat{A} = 90^\circ$; $\hat{B} = \hat{C} = 45^\circ$) dont l'indice de réfraction est $n = 1,5$.

1. Montrer qu'un rayon lumineux frappant normalement la face BC du prisme, en ressort parallèlement à lui-même mais en sens contraire.



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

EXERCICE 5: 6 p. 328

1. Un rayon lumineux passe de l'air dans l'eau avec un angle d'incidence $i = 60^\circ$; l'angle de réfraction t est de 40° . Déterminer l'indice de l'eau.

2. 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 $i' = 60^\circ$. Obtiendra-t-on un rayon réfracté dans l'air ? Pourquoi ?

EXERCICE 6: 8 p.329

Un aquarium contient de l'eau sur une hauteur $h = 50$ cm. Son fond repose sur un miroir plan dont la face argentée est dirigée vers l'eau. Un rayon incident frappe la surface de l'eau en un point I avec un angle d'incidence $i = 30^\circ$.

• Indice de l'eau: $n_e = \frac{4}{3}$.

1. Tracer la marche de ce rayon à travers l'aquarium.

(Le rayon ne rencontre jamais les parois verticales du récipient).

2. Le rayon émerge de l'eau en I'. Déterminer l'angle que fait sa direction avec la normale en I'.
3. Calculer la distance II'.

EXERCICE 7: 9 p. 329

Un rayon lumineux tombe, en I, sur la surface plane de séparation d'une vitre en verre d'indice $n = 1,5$, d'épaisseur $e = 5,0$ cm. L'angle d'incidence i est égal à 45° .

1. Tracer la marche de ce rayon à travers la vitre (on néglige toute réflexion interne).
2. Le rayon émerge du verre en I'. Déterminer l'angle que fait sa direction avec la normale en I'.
3. Déterminer la longueur du déplacement latéral que subit le rayon lumineux : cela revient à calculer la longueur du segment IK, K étant le pied de la perpendiculaire abaissée de I sur le prolongement du rayon émergent.

EXERCICE 8: 14 p. 330

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

1. Le rayon passe de l'air au verre, l'angle d'incidence valant $i_1 = 50^\circ$.
2. Le rayon passe du verre à l'air, l'angle d'incidence valant $i_2 = 30^\circ$.

EXERCICE 9: 15 p.330

Un rayon lumineux passe de l'air dans du verre d'indice $n = 1,5$. Le rayon réfracté fait un angle de 5° avec le rayon incident.

Calculer :

1. La valeur de l'angle d'incidence i .
2. La valeur de la déviation subie par le rayon incident lorsque ce dernier pénètre dans le verre sous l'incidence $3i$.

Indication: $\sin(a-b) = \sin a \cdot \cos b - \sin b \cdot \cos a$

LES LENTILLES MINCES

EXERCICE 1: Physique BORDAS 1^{ère} S Collection Galiléo : exo corrigé p. 280

Un appareil photographique a pour objectif une lentille convergente de vergence $C = 20\delta$.

1. A quelle distance du centre optique de l'objectif doit se trouver la pellicule si on veut photographier des objets très éloignés ?
2. De combien et dans quel sens doit-on, en tournant l'objectif, le déplacer par rapport à la pellicule pour photographier un objet situé à une distance de 2,00 m avec une mise au point correcte ?
3. Le déplacement maximal de l'objectif par rapport à la pellicule est de 7,0 mm. Calculer la distance minimale entre l'objet et l'objectif permettant une mise au point correcte.

EXERCICE 2: 1^{ère} S MICROMEGA : 13 p. 253

Un appareil photographique est constitué d'une lentille convergente de distance focale $f' = 4,50$ cm.

1. A quelle distance de la lentille doit être située la pellicule pour que l'image soit nette quand on photographie un objet très éloigné ?
2. On photographie un immeuble de hauteur $h = 100$ m situé à 1 km. Quelle sera la hauteur h' de l'image sur la pellicule ?
3. Dans quel sens et de quelle distance faudra-t-il faire varier la position de la pellicule par rapport à la lentille si l'on souhaite photographier un objet situé à 2,00 m de la lentille ?

EXERCICE 3: 1^{ère} S MICROMEGA : 14 p. 253

Soit une lentille de distance focale 20 cm et un objet éclairé AB de grandeur 1 cm placé à 30 cm devant la lentille, perpendiculairement à l'axe optique.

1. Construire l'image A'B' après avoir représenté l'objet par un segment vertical dont le point A appartient à l'axe optique. Préciser l'échelle utilisée.
2. Retrouver par le calcul la position et la grandeur de l'image.
3. Tracer la marche du faisceau qui, issu d'un point C quelconque du segment [AB] et s'appuyant sur les contours de la lentille, arrive en C' image de C.

EXERCICE 4: CONTROLE CONTINU 1^{ère} S : 4 p.197

1. Une lentille convergente a une distance focale de 4,0 cm. Quelle est sa vergence ?
2. Une lentille convergente a une vergence $C = 5,0 \delta$. Quelle est sa distance focale ?
3. Quand on accole deux lentilles, l'ensemble est équivalent à une lentille unique de vergence égale à la somme des vergences. On dispose de deux lentilles de distances focales $f_1 = 50$ cm et $f_2 = 12,5$ cm. Quelle est la distance focale de la lentille équivalente ?

EXERCICE 5: CONTROLE CONTINU 1^{ère} S : 6 p.197

On dispose d'une lentille convergente de 4 cm de diamètre et de 4,0 cm de distance focale. On place devant cette lentille, à 3,0 cm du centre optique, un objet AB de 1,0 cm de hauteur. Le point A est sur l'axe principal.

1. Construire l'image A'B' et mesurer la hauteur.
2. Peut-on recevoir cette image sur un écran ?
3. Retrouver la position et la taille de l'image par le calcul.
4. Griser le faisceau issu de B et traversant la lentille.

EXERCICE 6: CONTROLE CONTINU 1^{ère} S : 7 p.198

L'objectif d'un appareil photo "24 × 36" peut être modélisé par une lentille convergente de 50 mm de distance focale et 3 cm de diamètre.

1. A quelle distance de l'objectif doit se trouver la pellicule pour que l'image d'un paysage lointain soit nette ?
2. Pourquoi faut-il effectuer une mise au point pour photographier un objet proche ?
3. Pour effectuer cette mise au point, on déplace l'objectif par rapport à la pellicule dont la position est fixe au fond du boîtier. Dans quel sens se déplace l'objectif quand on fait la mise au point d'un objet lointain vers un objet proche ?
4. On désire photographier une affiche placée à 5,0 m de l'appareil. On admet que dans ces conditions, l'image se forme dans le plan focal de l'objectif.
 - 4.1. Calculer le grandissement de l'objectif.
 - 4.2. En déduire les dimensions maximales de l'affiche pour que l'image tienne sur la pellicule (dans le format "24 × 36", l'image sur la pellicule mesure 24 mm de hauteur sur 36 mm de largeur).

EXERCICE 7: CONTROLE CONTINU 1^{ère} S : 8 p.198

L'objectif d'un projecteur de diapositives peut être modélisé par une lentille convergente de 100 mm de distance focale. On veut projeter les diapositives sur un écran placé à 2,0 m de l'objectif.

1. A quelle distance de l'objectif doit se trouver la diapositive pour que l'image soit nette ?
2. Comment faut-il placer la diapo pour que l'image soit à l'endroit sur l'écran ?
3. Calculer le grandissement de l'appareil.
4. En déduire les dimensions de l'image sur l'écran.

Dimensions de la diapositive : largeur : 36 mm ; hauteur : 24 mm.

EXERCICE 8: CONTROLE CONTINU 1^{ère} S : 9 p.198

Une lentille convergente de 2,5 cm de distance focale est utilisée pour former l'image d'un objet AB de 1,0 cm de hauteur. L'objet est placé 5,0 cm devant la lentille, le point A étant sur l'axe optique.

1. Construire l'image sur un schéma.
2. Calculer le grandissement de la lentille. Conclusion.
3. Comment évoluent la taille et la position de l'image quand l'objet se déplace :
 - 3.1. De l'infini jusqu'à la position précédente ?
 - 3.2. De la position précédente jusqu'au foyer objet ?

EXERCICE 9: CONTROLE CONTINU 1^{ère} S : 10 p.199

L'œil est un système complexe qui peut être modélisé par une lentille jouant le rôle de cristallin et un écran simulant la rétine. La distance séparant le cristallin de la rétine est fixe et mesure 16 mm.

Lorsque l'œil est au repos, il voit nettement les objets placés à l'infini.

1. Quelle est la distance focale du cristallin dans ces conditions ?
2. Pour observer des objets proches, l'œil doit accommoder. Montrer que cela signifie que la distance focale du cristallin diminue.
3. Une personne jeune peut voir nettement des objets à 8,0 cm de son œil. Quelle est la distance focale minimale de l'œil ?