

Exercices de Physique - 1bac Kiné/Sc. Mot

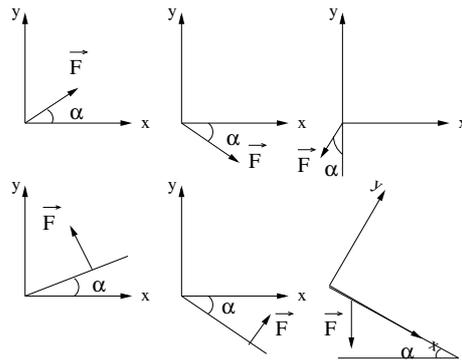
Ce fascicule rassemble les énoncés des exercices employés aux séances de travaux dirigés. Des énoncés supplémentaires se trouvent en fin de chapitre du livre de référence (Kane & Sternheim). Des rappels et synthèses théoriques se trouvant en fin de chaque chapitre de ce même livre, vous ne trouverez ici que quelques conseils pour la résolution, et les solutions numériques en fin d'ouvrage. Pour rappel, il ne suffit pas de comprendre les exercices résolus en séance pour réussir l'examen. Il est indispensable et vivement recommandé de s'exercer à résoudre de nouveaux exercices par soi-même. A titre indicatif les énoncés repris des examens des années précédentes sont notés (EX). Les assistants peuvent corriger vos exercices et répondre à vos questions... Une bonne compréhension de la théorie facilite grandement la résolution des exercices.¹

1 Rappels math

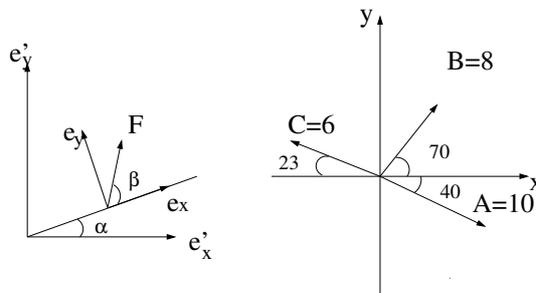
Livre Kane-Sternheim, annexe B + chapitres 1 et 2 - à voir par soi-même

1.1 Calcul vectoriel

1. Dans chacun des cas, donner les composantes du vecteur \mathbf{F} selon x et y.



2. Les composantes de deux vecteurs sont $A_x=2$, $A_y=1$, $B_x=1$, $B_y=4$. Calculer le produit scalaire de ces deux vecteurs. Trouver les composantes du vecteur résultant de la somme de ces 2 vecteurs. Calculer son module. Donner l'angle que forme ce vecteur avec l'horizontale. Dessiner tous ces vecteurs.
3. Déterminer les composantes du vecteur \mathbf{F} dans les systèmes de coordonnées $(\mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y)$ et $(\mathbf{e}'_x, \mathbf{e}'_y)$. On donne $F=5$, $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 60^\circ$.



¹ Fascicule réalisé par Géraldine Letawe en 2007, mis à jour par Michaël De Becker en septembre 2012 (michael.debecker@ulg.ac.be).

4. Déterminer $\mathbf{D}=\mathbf{A}+\mathbf{B}+\mathbf{C}$ et $\mathbf{E}=\mathbf{A}-\mathbf{B}-\mathbf{C}$, ainsi que les produits vectoriels $\mathbf{F}=\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ et $\mathbf{G}=\mathbf{C} \times \mathbf{B}$.

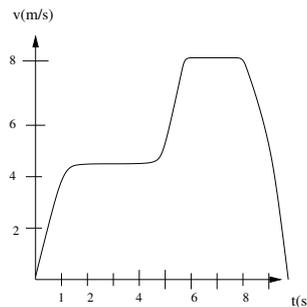
1.2 Algèbre

Résoudre les équations et inéquations suivantes :

$$\begin{aligned} \frac{3y-5}{2} - \frac{4y+1}{3} &= 2 - \frac{3y+1}{4} \\ \frac{3x-1}{5} - \frac{x+1}{2} &\leq 1 - \frac{x}{7} \\ 5w^2 &= 4w + 2 \\ (5v-3) \cdot (v-5) &= (2v+5)^2 + 90 \end{aligned}$$

1.3 Analyse

1. Le graphe ci-dessous donne la vitesse d'un chat en fonction du temps. De quelle distance le chat s'est-il déplacé durant la 3ème seconde? A quels instants avait-il la plus grande vitesse? A-t-il eu une vitesse constante non nulle?



2. Donner toutes les dérivées partielles non nulles de l'expression suivante : $f(x, y) = 3x^2 + 2y^2 + 4xy + 2y + 5$
3. Une particule se déplace selon l'axe des x. Sa coordonnée varie en fonction du temps comme $x(t) = -4t + 2t^2$ (x en mètres et t en secondes). (a) Représenter le mouvement dans un graphique espace-temps. (b) Calculer la vitesse moyenne de l'objet de t=0 s à t=1 s et de t=1 s à t=3 s. Montrer dans le graphique à quoi correspondent ces vitesses moyennes. (c) Calculer la vitesse instantannée en t=2,5 s et montrer dans le graphique à quoi correspond cette vitesse.
4. La force F_x agissant sur une particule varie en fonction du temps.

$$\begin{aligned} F_x &= t \quad \text{si } 0 \leq t \leq 1 \text{ s} \\ &= 3/2 - t/2 \quad \text{si } 1 \leq t \leq 3 \text{ s} \end{aligned}$$

L'impulsion est une grandeur physique qui est définie par la relation $I = \int_{t_1}^{t_2} F_x(t) dt$. Calculer l'impulsion de 0 à 1 s puis de 1 à 3 s. Déduire l'impulsion totale pendant ce laps de temps. Tracer la courbe $F_x(t)$ et déterminer graphiquement l'impulsion totale de la particule de 0 à 3 s.

2 Cinématique à 1 et 2 dimensions

Livre Kane-Sternheim, chapitres 1 et 2.

Le principe de résolution des problèmes de cinématique est toujours le même, que les mouvements soient rectilignes uniformes, uniformément accélérés, à 1 ou 2D. Dans le cas le plus général, voici les étapes :

- Faire un schéma du problème et y placer un référentiel (choix de l'orientation des axes et de la position de l'origine pour simplifier au maximum la résolution).
- Particulariser les équations générales du mouvement ci-dessous, avec les données de l'énoncé, composante par composante (vrai quel que soit le temps t pendant le mouvement) :

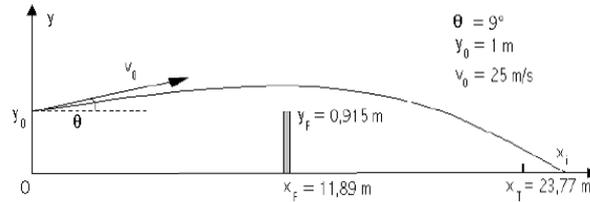
$$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \quad \text{et} \quad v_x(t) = v_{0x} + a_x t$$

$$y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2} \quad \text{et} \quad v_y(t) = v_{0y} + a_y t$$

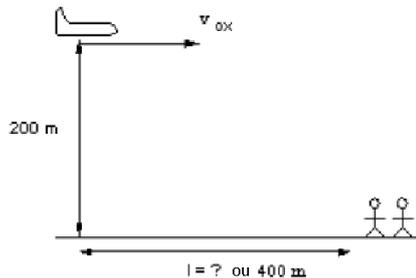
- Identifier le temps T qui fait intervenir l'inconnue, et mettre en équation ce qu'on connaît sur ce moment particulier (exemple : pour T le moment de l'impact d'un projectile sur le sol, on cherche $x(T)$ tel que $y(T)=0$ m).
- Résoudre le système d'équations obtenu.

1. Un mobile se déplace à la vitesse constante de 20 m/s pendant 1 minute. Il ralentit ensuite avec une accélération de $a=-1\text{m/s}^2$ jusqu'à l'arrêt. (a) Quand va-t-il s'arrêter? (b) Quelle distance totale aura-t-il parcourue? (c) Représenter a, v et x en fonction du temps.
2. Un obus anti-aérien est tiré à la verticale avec une vitesse initiale de 500 m/s. (a) Calculer la hauteur maximale de l'obus. (b) Quel temps faut-il pour atteindre cette hauteur? (c) A quel moment l'obus atteint-il la hauteur de 1000 m?
3. Une pierre tombe d'une falaise de 60 m. (a) Trouver la vitesse moyenne pendant les 3 premières secondes de la chute. (b) A quel moment la vitesse instantanée sera-t-elle égale à la vitesse moyenne évaluée en (a)? (c) Quel temps faut-il à la pierre pour atteindre le sol?
4. Dans un vieux feuilleton télévisé, le colonel Austin a les capacités d'un surhomme. Au cours d'un épisode, il tente d'attraper un homme qui s'enfuit dans une voiture de sport. La distance entre eux est de 100 m au moment où la voiture commence son accélération. Cette accélération est constante et vaut 5 m/s^2 . Le colonel court à la vitesse de 30 m/s. Montrer qu'il ne parviendra pas à rattraper la voiture. Déterminer la distance minimale entre la voiture et le colonel.
5. Un ballon est lâché dans le vide d'une hauteur de 100 m. Au même instant et sur la même verticale est lancé du sol un second ballon. Déterminer sa vitesse initiale pour que les deux ballons se rencontrent à 50 m du sol.
6. Robin des Bois tire une flèche qui s'élance avec une vitesse initiale formant un angle de 30° avec l'horizontale, vers une cible située 150 m plus loin. La flèche est tirée depuis une hauteur de 1.5 m et le centre de la cible est situé à 50 cm au-dessus du sol. Quelle doit être la grandeur de la vitesse initiale pour que l'objectif soit atteint?
7. Lors d'une partie de pétanque, le joueur se trouve à 8 m du cochonnet, contre lequel est collée une boule adverse. S'il lance la boule avec un angle de 60° par rapport à l'horizontale, quelle vitesse doit-il communiquer à la balle pour qu'elle atterrisse sur la boule du concurrent? La boule est lancée d'une hauteur de 1 m et on néglige la résistance de l'air.
8. On frappe une balle de tennis à partir de la ligne de fond (située en $x_0 = 0$) et $y_0 = 1$ m au-dessus du sol dans une direction faisant un angle de $\theta = 9^\circ$ avec l'horizontale, avec une vitesse initiale de 25 m/s.

- (a) Calculer la portée du tir (abscisse x_i du point d'impact). La balle est-elle *in* ou *out*? La longueur du terrain vaut $x_T = 23,77$ m. Négliger la résistance de l'air.
- (b) A quelle distance la balle passe-t-elle au-dessus du filet? Le filet se trouve à une distance $x_F = 11,89$ m et sa hauteur vaut $0,915$ m.



9. Des secouristes veulent larguer des provisions à des alpinistes isolés sur la crête d'une montagne, 200 m plus bas. Si l'avion se déplace horizontalement à une vitesse de 250 km/h (69 m/s),
- (a) A quelle distance horizontale en avant des alpinistes doivent-ils lancer les provisions?
- (b) Si l'avion larguait les provisions à une distance de 400 m en avant du point visé, quelle vitesse verticale supplémentaire devrait-on leur imprimer (vers le haut ou vers le bas?) pour qu'elles tombent précisément à l'endroit souhaité?
- (c) Dans la situation décrite en (b), à quelle vitesse vont-elles toucher le sol?



10. (EX) Un joueur de base-ball frappe une balle de manière telle qu'il lui communique une vitesse de 18 m/s faisant un angle de 30° avec l'horizontale. Un second joueur, situé 30 m devant le premier dans le sens du tir, démarre au moment du lancer, court vers le premier et attrape la balle à une hauteur de 2.5 m. Sachant que la balle avait été lancée d'une hauteur de 1 m, on demande sur quelle distance le second joueur doit courir et de calculer la vitesse moyenne de ce dernier.
11. (EX) Un joueur de tennis tente de lobber son adversaire (faire passer la balle au-dessus de ce dernier). Celui-ci est situé à une distance $d = 2$ m derrière le filet, juste en face du joueur. Le joueur frappe la balle alors que celui-ci est à la distance $D = 9$ m du filet et à la hauteur $h = 0,5$ m au-dessus du sol. La balle part avec une vitesse $V_0 = 12$ m/s, inclinée d'un angle $\alpha = 60^\circ$ par rapport au sol, dans le plan perpendiculaire au filet. Sachant que l'adversaire tenant sa raquette à bout de bras atteint en sautant une hauteur $H = 2,5$ m, dire s'il peut intercepter la balle. La ligne de fond étant à la distance $L = 12$ m du filet, la balle peut-elle retomber dans la surface de jeu? (autrement dit le lob est-il réussi?). Dans tout l'exercice, la balle sera assimilée à un point matériel. On négligera la résistance de l'air sur la balle et on supposera la surface parfaitement horizontale.
12. (EX) Un basketteur essaie de marquer un panier à trois points : il se place donc sur la ligne à 6,25 m du panier et tente d'atteindre celui-ci avec un tir de vitesse initiale v_0 , d'angle $\theta = 60^\circ$

par rapport à l'horizontale et d'une hauteur initiale $y_0=180$ cm. Le panier est situé à une hauteur de 3,05 m.

- (a) Quelle est la vitesse initiale que doit donner le basketteur au ballon pour atteindre le panier ?
- (b) Un second joueur tente d'intercepter le ballon. Il se place à une distance de 50 cm par rapport au premier joueur et saute verticalement. A quelle hauteur va-t-il intercepter le ballon si cette fois $v_0=11,4$ m/s et $\theta=75^\circ$. Quelle sera la vitesse du ballon lors de l'interception (norme, direction et sens) ?
13. (EX) Un parachutiste est largué d'un avion qui vole horizontalement à une vitesse de 100 km/h. Son parachute ne s'ouvre malheureusement pas et le sauteur tombe en chute libre. (On néglige les frottements de l'air pour simplifier).
- (a) Sachant que le temps de chute est de 20,2 s, de quelle hauteur a-t-il été largué ?
- (b) Quelle sera sa vitesse (direction, sens, intensité) au moment de l'impact ?

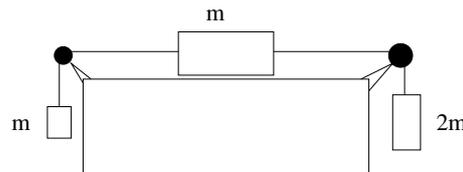
3 Les lois de Newton

Livre Kane-Sternheim, chapitre 3

La méthode de résolution de la plupart des exercices de dynamique est la suivante :

- Faire un schéma du système, en y représentant toutes les forces qui s'exercent sur le ou les objet(s) étudié(s), et choisir l'orientation appropriée des axes du référentiel.
- Appliquer la seconde loi de Newton ($\sum \vec{F} = m\vec{a}$) vectoriellement, sur chacun des objets séparément.
- Projeter cette équation selon les axes x et y pour chaque objet.
- Résoudre le système d'équations obtenu pour isoler la ou les inconnue(s).

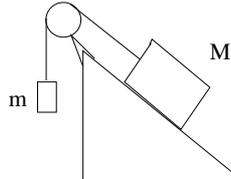
1. Un acrobate du ciel d'une masse de 65 kg est en chute verticale à la vitesse de 150 km/h avec une accélération de 2 m/s². Calculer la force totale de frottement due à la résistance de l'air.
2. Une figurine de masse m est suspendue à l'extrémité d'une chaîne au rétroviseur d'une voiture. Cette voiture peut atteindre la vitesse de 26,8 m/s en 6,8 s. La figurine sert d'accéléromètre pendulaire. Supposant que l'accélération de cette voiture soit constante, calculer l'angle que forme la figurine avec la verticale.
3. Deux masses, m_1 et m_2 , sont suspendues par la même corde de part et d'autre d'une poulie dont la masse est négligeable (la tension est la même partout dans la corde). (a) Montrer que, si $m_1 > m_2$, les deux masses ont une accélération $a = g(m_1 - m_2)/(m_2 + m_1)$ et que la tension de la corde est $T = g(2m_1 m_2)/(m_2 + m_1)$. (b) Quelle est la valeur de a si $m_2 = 2 m_1$? (c) Dans quelles conditions a est-elle nulle ? (d) Que vaut a si $m_2 \gg m_1$?
4. Dans la figure ci-dessous, les ficelles et poulies ont des masses négligeables et le coefficient de frottement cinétique entre le bloc et la surface horizontale vaut 0,1. Calculer la tension dans les cordes et l'accélération du système.



5. Deux blocs de masses $m = 5$ kg et $M = 20$ kg sont reliés entre eux par un câble de masse négligeable passant par une poulie de masse tout aussi négligeable. La masse m pend dans le vide tandis que l'autre (M) repose sur un plan incliné faisant 45° avec l'horizontale (voir

figure). Le système part du repos et se met en mouvement. La masse M glisse le long du plan incliné, tandis que la masse m remonte verticalement. Le coefficient de frottement cinétique entre le bloc de masse M et le plan vaut $0,2$.

- Que vaut la force normale s'exerçant sur M ?
- Quelle est l'accélération du système?
- Quelle est la tension dans le câble?
- Quelle est la vitesse des deux masses lorsqu'elles ont parcouru $1,2$ m?



- Un congélateur de 2000 N est posé sur un plan incliné qui forme un angle de 37° avec l'horizontale.
 - Quel est le coefficient de frottement minimum entre le plan et le congélateur pour qu'il reste au repos?
 - Deux personnes souhaitent le pousser vers le haut de la rampe. Le coefficient de frottement cinétique entre la rampe et le congélateur vaut $0,5$. Quelle force minimum les personnes doivent-elles exercer?
 - Quelle accélération aura le congélateur, si on le lâche et qu'il glisse le long de la rampe?
 - Il glisse sur 4 m le long de la rampe puis percute un objet lourd, ce qui provoque son immobilisation sur une distance de $0,5$ m. Quelle force moyenne sera exercée par le congélateur sur cet objet?
- (EX) Une boîte de poids $W=30$ N est sur un sol qui fait un angle de 30° avec l'horizontale. Le coefficient de frottement statique vaut $0,39$ et le coefficient de frottement cinétique vaut $0,31$.
 - Montrer que la boîte est obligatoirement en mouvement dans ces conditions.
 - Déterminer l'accélération de la boîte.
 - Déterminer la valeur de l'angle θ pour que la boîte reste au repos.
 - Si θ vaut 0 (plan horizontal), que vaut la force de traction minimum pour mettre la boîte en mouvement?
 - Si θ vaut 0 (plan horizontal), que vaut la force de traction minimum pour maintenir la boîte en mouvement?
 - Etablir dans le cas $\theta = 0$ le graphique de la force de frottement en fonction de la force de traction appliquée.

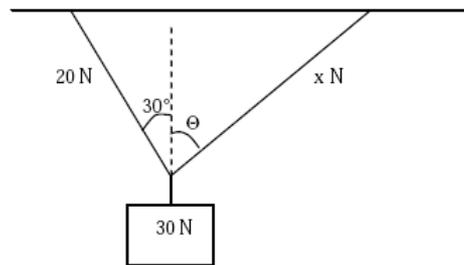
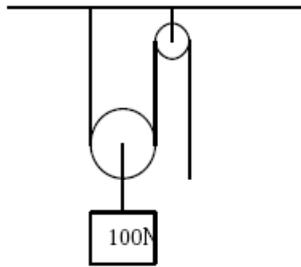
4 La statique

Livre Kane-Sternheim, chapitre 4

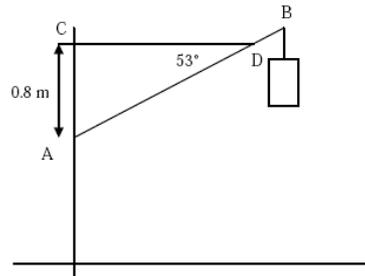
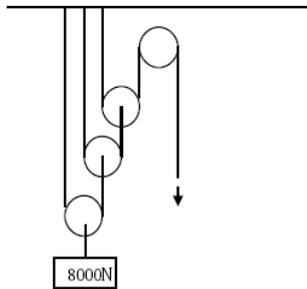
Conditions d'équilibre pour un point matériel : $\sum \vec{F} = \vec{0}$

Conditions d'équilibre pour un solide : $\sum \vec{F} = \vec{0}$ (équilibre de translation) et $\sum \vec{\tau} = \vec{0}$ (équilibre de rotation).

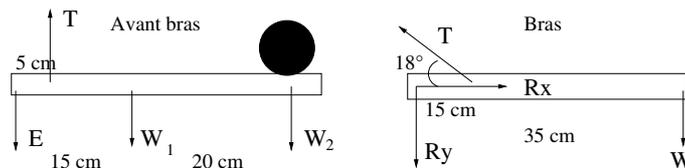
- Figure de gauche : Quelle est la tension dans la corde? Quelle force agit vers le bas sur la suspension de la poulie de droite?



- Figure de droite : Déterminer x et θ .
- Déterminer les tensions dans chacune des cordes de la figure ci-dessous (gauche), sachant que la charge est immobile.

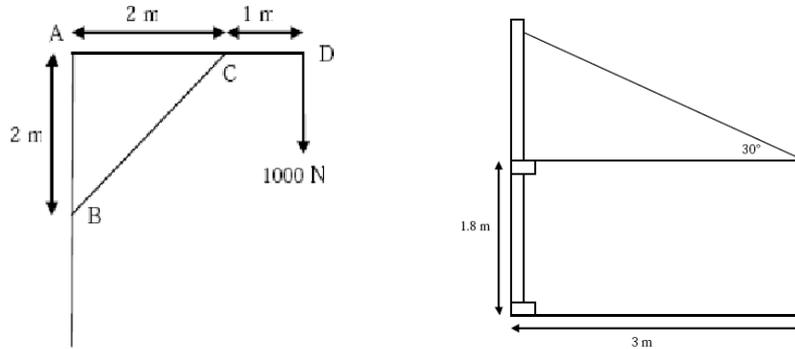


- Un feu de circulation de 10 kg est suspendu à une structure semblable à celle de la figure ci-dessus (droite). La perche homogène AB mesure 1,5 m et pèse 5 kg. Déterminer la tension dans le câble horizontal CD, dont la masse est négligeable.
- La figure ci-dessous représente un avant-bras (à gauche). La personne tient en main un poids de $W_2=12$ N et le poids de l'avant-bras est de $W_1=12$ N. Evaluer la force \vec{T} exercée par le biceps ainsi que la force \vec{E} exercée par l'articulation du coude.

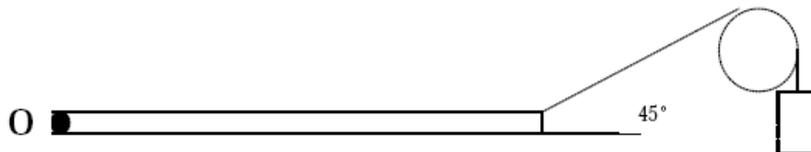


- Le muscle deltoïde détermine l'élévation de la partie supérieure du bras (ci-dessus à droite). Trouver la tension T exercée par le muscle, et les composantes R_x et R_y de la force exercée par l'articulation de l'épaule. Quel est l'avantage mécanique du muscle pour soulever le bras (dont le poids est de $W = 35$ N) ?

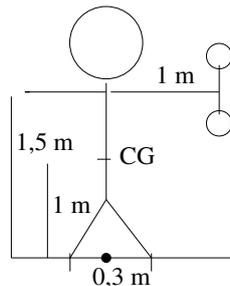
7. Déterminer les forces internes agissant au point A dans la figure ci-dessous, lorsqu'un poids de 1000 N est suspendu au crochet. On supposera que les éléments de la structure ont un poids négligeable, et que la force que la diagonale BC exerce sur la barre horizontale AD au point C est verticale.



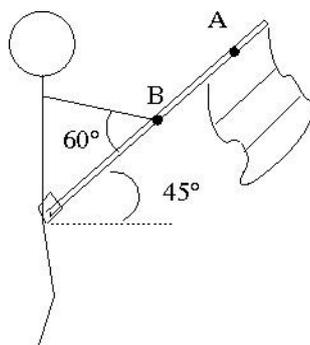
8. La porte d'un enclos a 3 m de large et 1,8 m de haut. Elle possède deux charnières espacées de 1,8 m comme représenté sur la figure ci-dessus (à droite). Elle est soutenue par un câble faisant un angle de 30° avec l'horizontale et dans lequel la tension est de 200 N. Le poids de la porte est de 392 N et s'exerce au centre de celle-ci.
- Quels sont grandeur et sens de la force horizontale exercée par la charnière du dessus de la porte ?
 - Quels sont grandeur et sens de la force horizontale exercée par la charnière du dessous de la porte ?
 - Quelle est la force verticale totale exercée par les charnières ?
9. (EX) Une tige homogène de 4 kg est tenue en position horizontale au moyen d'une masse suspendue à une corde passant par une poulie. La tige peut pivoter autour d'un axe fixe en O. Déterminer la valeur du poids P qui maintient le système en équilibre. Quelle est la réaction en O ?



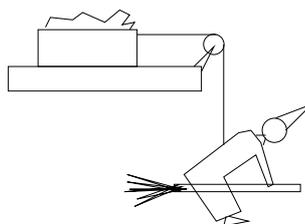
10. Un homme de 100 kg tient à bout de bras une masse M. (a) Trouver les positions horizontale et verticale du centre de gravité de l'homme lorsqu'il tient la masse M (on prendra l'origine entre les pieds, le CG de l'homme sans masse est indiqué sur le schéma). (b) Quelle masse maximum l'homme peut-il tenir sans basculer ?



11. (EX) Un enfant s'est construit une canne à pêche avec un baton de 1,5 m et 0,5 kg au bout duquel il accroche une ficelle et un hameçon de masses négligeables. S'il attrape un poisson de 1 kg, quelle force R et quel moment de force τ (directions, sens, intensités) devra-t-il exercer sur l'extrémité du baton pour garder le poisson hors de l'eau, sa canne à pêche faisant un angle de 60° avec l'horizontale ?
12. (EX) Lors des commémorations du 11 novembre, on défile avec drapeaux, comme représenté sur le schéma ci-dessous. Déterminer la force F exercée par le bras au point B pour retenir la hampe, ainsi que la force résultante R (direction, sens, intensité) exercée par le pose-drapeau au niveau de la taille du porteur. La hampe mesure 1,5 m et pèse 1,5 kg. Le drapeau quant à lui pèse 500 g. Pour simplifier, on considère que la force qu'il exerce sur la hampe est située en A, à 25 cm de l'extrémité. Le point B se situe à 1 m du pose-drapeau.



13. (EX) Lors de la fête d'Halloween, un petit sorcier de 40 kg, balai compris, veut rester suspendu en l'air à 2 m du sol pour impressionner ses amis. Il s'accroche à une corde, passant par une poulie de masse $M=1$ kg et de rayon $r=10$ cm, reliée à une caisse chargée de 50 kg déposée sur une plateforme horizontale (voir schéma). Quel doit être le coefficient de frottement minimum entre la caisse et la plateforme pour qu'il puisse rester en équilibre ?



5 Le mouvement circulaire

Livre Kane-Sternheim, chapitre 5

Ces exercices se résolvent soit en appliquant de la cinématique pure, via les équations du mouvement avec les variables angulaires (cfr méthode de résolution du chapitre 2),

$$\theta(t) = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{\alpha t^2}{2} \quad \text{et} \quad \omega(t) = \omega_0 + \alpha t$$

soit via la dynamique (cfr chapitre 3). Si le corps étudié est assimilé à un objet ponctuel, on emploie $\sum \vec{F} = m\vec{a}$, où l'accélération est centripète ($a=v^2/r$). Si c'est un solide étendu on emploie à la fois $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ (mouvement de translation) et $\sum \vec{\tau} = I\vec{\alpha}$ (mouvement de rotation). Attention à bien calculer les moments de force par rapport au centre de rotation du solide.

1. (a) Trouver l'accélération radiale au bord d'un disque de phonographe de 0,15 m de rayon qui effectue 78 tours par minute. (b) Le disque s'arrête en 2 s avec une décélération angulaire uniforme. Trouver la décélération tangentielle au bord du disque et la décélération angulaire.
2. Une voiture en accélération uniforme part du repos et atteint la vitesse de 20 m/s en 15 secondes. Les roues ont un rayon de 0,3 m. (a) Que vaut la vitesse angulaire finale des roues ? (b) Que vaut l'accélération angulaire des roues ? (c) Que vaut le déplacement angulaire pendant l'intervalle de temps de 15 secondes ?
3. Une pierre de 2 kg est attachée à une corde d'un mètre de long. On fait tourner la pierre dans un plan horizontal. La corde forme un angle de 30° avec l'horizontale. (a) Que vaut la tension dans la corde ? (b) Que vaut la vitesse de la pierre ?
4. Imaginons une station spatiale de forme cylindrique, d'un diamètre de 1500 m. Elle doit pivoter autour de son axe central de symétrie pour créer une pesanteur artificielle de 1,0 g à la périphérie de la station. Calculer la vitesse de rotation nécessaire.
5. Une piste circulaire d'un autodrome dont le rayon moyen mesure 200 m a été conçue pour qu'une automobile puisse rouler à 72 km/h sans aucun danger de dérapage, même sur sol verglacé. Calculer l'angle d'inclinaison de la piste, ainsi que la vitesse maximale possible pour une voiture lorsque le coefficient de frottement statique est de 0.3 sur une surface trempée.
6. Un bloc dont la masse est de 10 kg est placé sur une surface horizontale. Le coefficient de frottement cinétique vaut 0,1. Une ficelle de masse négligeable est attachée au bloc et passe sans frottement dans la gorge d'une poulie. On suspend à l'autre extrémité de la ficelle un bloc dont la masse est de 20 kg. Lorsque le système est libéré, il se déplace de 2 m en 1 seconde. Que vaut la masse de la poulie s'il s'agit d'un cylindre solide ?
7. Deux blocs dont les masses valent respectivement 10 et 30 kg sont suspendus de part et d'autre d'une poulie par une ficelle de masse négligeable. La poulie a une masse de 3 kg, un rayon de 0,1 m et un rayon de giration de 0,08 m (par définition : rayon de giration k tel que $I = mk^2$). Si le système possède une accélération de 3 m/s^2 , quel est le moment des forces de frottement dans le roulement de la poulie ?
8. (EX) Un corps de masse 10 kg se trouve sur un plan horizontal et est attaché à une corde qui passe par une poulie et dont l'autre extrémité est reliée à une masse suspendue. La poulie ($I=1/2 mR^2$) a une masse de 0,5 kg et un rayon de 15 cm (elle peut tourner sans frottement). Le coefficient de frottement entre le plan et le premier corps vaut 0,25.
 - (a) Calculer la valeur qu'il faut donner à la masse suspendue pour donner au système une accélération de 2 m/s^2 .
 - (b) Que vaut alors la tension de la corde au point d'attache du premier corps (sur le plan horizontal) ?

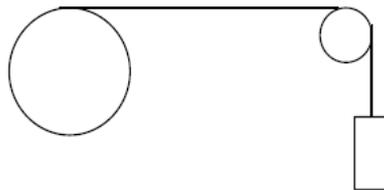
6 Travail-Energie-Puissance

Livre Kane-Sternheim, chapitre 6

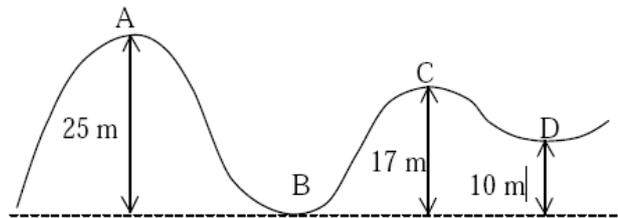
Conseils pour la résolution :

- Définir une hauteur de référence $h=0$
- Ne pas oublier le terme d'énergie cinétique de rotation si l'objet tourne ou roule, $K_r = \frac{1}{2} I\omega^2$
- Si le système est conservatif : écrire la conservation de l'énergie ($E=K+U$) à deux moments distincts ($E_{initial}=E_{final}$)
- S'il existe des forces dissipatives (force de frottement,...), on emploie la formule généralisée $E_{initial}=E_{final}-W_{nc}$ où W_{nc} représente le travail des forces dissipatives.

1. Une balle d'une masse de 0,5 kg est lancée verticalement à une vitesse de 25 m/s.
 - a) A quelle hauteur peut-elle monter s'il n'y a aucun frottement ?
 - b) En fait elle monte à 22 m seulement. Quelle est la force moyenne de frottement de l'air ?
2. La moitié d'une piste lisse est horizontale et l'autre moitié a une pente ascendante de 20° . Une boule sphérique, homogène et pleine, de 20 cm de diamètre et d'une masse de 2 kg roule sur la première moitié et atteint la partie inclinée à une vitesse de 5 m/s. En négligeant le frottement, quelle sera la distance parcourue par la boule sur la partie inclinée avant de s'arrêter momentanément ?
3. Une balle de base-ball, lancée à la verticale, atteint une hauteur de 50 m. Quelle était sa vitesse initiale ? (Négliger la résistance de l'air)
4. Une boîte qui a une vitesse initiale de 3 m/s glisse sur le sol et s'immobilise sur une distance 0,5 m. Que vaut le coefficient de frottement cinétique ?
5. Un homme et une bicyclette ont une masse totale de 100 kg. Si l'homme gravit à la vitesse constante de 8 m/s une côte formant un angle de 4° avec l'horizontale, quelle puissance dépense-t-il contre les forces gravitationnelles ?
6. Immobile au sommet d'une glissoire située 4 m au-dessus du sol, une fillette se laisse glisser jusqu'à sa base. Elle atteint celle-ci à une vitesse de 6 m/s. Quel pourcentage de son énergie totale a-t-elle perdu sous l'action du frottement ?
7. Une skieuse de 60 kg part de l'arrêt au sommet d'une pente de hauteur de 60 m et descend sans utiliser ses bâtons.
 - (a) Quelle sera sa variation d'énergie potentielle gravifique entre son point de départ et le bas de la pente.
 - (b) En négligeant les frottements, calculer sa vitesse théorique au bas de la pente.
 - (c) En réalité, sa vitesse au bas de la pente n'est que de 90 km/h. Quelle est l'énergie totale perdue par frottements ?
8. Un cylindre plein de masse m_1 et de rayon R tourne autour d'un axe horizontal passant par son centre. Un fil fixé au cylindre s'enroule sur lui, puis passe sur une poulie de masse m_2 et de rayon r tournant autour d'un axe passant par son centre. A l'extrémité du fil est attachée une masse (voir figure). Calculer la vitesse de la masse lorsqu'elle a parcouru 1 mètre. Résoudre le problème en faisant appel à la conservation de l'énergie.



9. Un pendule d'une masse de 4 kg et d'une longueur de 3 m est lancé d'une position écartée de 30° par rapport à la verticale avec une vitesse initiale de 2 m/s. Déterminer la vitesse maximum du pendule dans son mouvement oscillatoire ainsi que la quantité de chaleur produite lorsque la vitesse maximum aura perdu 10% de sa valeur.
10. On considère un train de montagnes russes représenté dans la figure ci-dessous.
- (a) Calculer la vitesse du train aux points B, C, et D si celui-ci roule sans subir de frottement et sachant que sa vitesse en A est égale à 1,5 m/s.
- (b) Si on considère une force de frottement moyenne équivalente à $1/5$ de son poids, à quelle vitesse atteindra-t-il le point B? La distance parcourue entre A et B est de 70 m.



11. (EX) Un acrobate de 60 kg saute sur un trampoline. En sautant droit (= debout), son centre de gravité monte à une hauteur de 3 m.
- (a) Quelle doit être sa vitesse quand il quitte le trampoline?
- (b) Si pour un même saut (=même vitesse quand il quitte le trampoline) il exécute un salto (cumulet en l'air) à une vitesse de rotation de $\omega = 2\pi$ rad/s, à quelle hauteur maximale son CG va-t-il s'élever? On prendra $I = 7,5$ kg.m².

7 Quantité de mouvement et moment cinétique

Livre Kane-Sternheim, chapitre 7

- Lorsqu'il n'y a pas de force extérieure qui s'exerce sur un système, la quantité de mouvement totale de ce système est conservée ($\vec{p}_{init} = \vec{p}_{final}$, où $\vec{p} = \sum_i m_i \vec{v}_i$). On l'emploie principalement pour décrire les collisions.
- Lorsqu'il n'y a pas de moment de force extérieur qui s'exerce sur un système, le moment cinétique du système est conservé. ($\vec{L}_{init} = \vec{L}_{final}$, où $\vec{L} = \sum_i m_i \vec{r}_i \times \vec{v}_i$ ou dans le cas de solide en rotation $\vec{L} = I\vec{\omega}$.)

1. Un astronaute travaille à une distance de 100 m, à l'extérieur de la station spatiale, lié à celle-ci par une corde. Il a, avec son équipement, une masse de 150 kg. Il n'a pas remarqué qu'un tuyau d'air de son sac dorsal a une fuite. L'échappement du gaz produit une poussée tangentielle correspondant à une accélération de 0,001 g. Après deux minutes de cette fuite, il réalise ce qui lui est arrivé et colmate la fuite. Quelle est alors sa vitesse tangentielle et quel est son moment cinétique? Très inquiet, il décide de rentrer au vaisseau en se tirant à la corde à la force des bras. S'il réussit à arriver à 5 m du vaisseau, quelle est alors sa vitesse tangentielle? Quelle est la force centripète à laquelle il doit résister? Est-il possible qu'il puisse arriver aussi près du vaisseau?
2. Un projectile de masse $m = 10$ g est tiré horizontalement dans un bloc de masse $M = 0,5$ kg qui repose sur une table. Le projectile s'incruste dans le bloc qui, sous l'impact, recule de 10 cm avant de s'immobiliser. Sachant que le coefficient de frottement entre le bloc et la table est de 0,3, déterminer la vitesse initiale du projectile.
3. Lorsque le ventricule gauche du coeur se contracte, il y a un déplacement du sang vers la tête. Supposons qu'une personne immobile soit allongée sur une table qui se déplace sans

frottement. Lors d'une contraction cardiaque qui dure 0,2 s, 0,8 kg de sang est pompé sur une distance de 0,1 m ; si la masse totale de la personne et de la table est de 80 kg, quelle sera leur vitesse à la fin de contraction ?

4. Un patineur de masse $m_1 = 75$ kg se dirige vers l'Est avec une vitesse v_1 de 5 km/h. Un second patineur de masse $m_2 = 50$ kg et animé d'une vitesse v_2 de 10 km/h, glisse vers le Nord. Les deux patineurs entrent en collision et continuent leur chemin tout en restant collés l'un contre l'autre. Calculer en grandeur et en direction la vitesse finale de la paire.
5. Une personne de masse m se tient sur le bord d'une plate-forme cylindrique pleine, de masse M et de rayon R . Au temps $t = 0$ s, cette plate-forme tourne avec un frottement négligeable à une vitesse angulaire ω_0 autour d'un axe vertical qui passe par son centre et vers lequel la personne se met à marcher avec une vitesse v (par rapport à la plate-forme).
 - (a) Déterminez la vitesse angulaire du système en fonction du temps.
 - (b) Quelle sera la vitesse angulaire de ce système lorsque la personne atteindra le centre de la plate-forme ?
6. (EX) Sur un rail, un wagonnet de 1 kg roulant à une vitesse de 6 m/s entre en collision avec un wagonnet de 2 kg, roulant en sens inverse à une vitesse de 2 m/s.
 - (a) Si le premier wagonnet est repoussé en arrière à une vitesse de 1 m/s, quelle est la vitesse finale de l'autre wagonnet ?
 - (b) Quelle serait leur vitesse finale s'il restaient collés après la collision ? Quel serait alors le pourcentage d'énergie initiale perdue dans la collision ?
7. (EX) Un enfant assis sur une luge glisse sans frottement sur la pente d'un talus enneigé, à partir d'une hauteur de 2,5 m, en étant initialement au repos. Cet enfant dont la masse est de 40 kg percute un second enfant situé au repos en bas de la pente. Les deux enfants restant attachés l'un à l'autre se déplacent alors avec une vitesse de 4 m/s.
 - a) Quelle est la masse du second enfant ?
 - b) Si le second enfant s'était initialement déplacé avec une vitesse de 3 m/s en allant à la rencontre du premier, quelle aurait été leur vitesse commune après collision ?

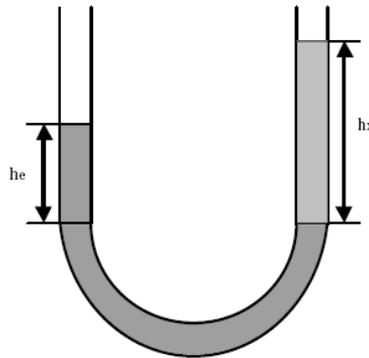
8 Mécanique des fluides non-visqueux

Livre Kane-Sternheim, chapitre 13

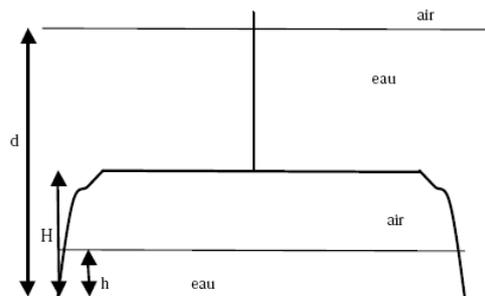
Quelques rappels :

- Pour l'emploi de la poussée d'Archimède : à l'équilibre $\vec{P} + \vec{B} = \vec{0}$, donc en norme $P=B$ soit $\rho_{\text{objet}}gV_{\text{total}} = \rho_{\text{fluide}}gV_{\text{immergé}}$. Attention à employer les bons volumes aux bons endroits!
- Pour appliquer le théorème de Bernoulli : commencer par choisir les deux points le long d'une ligne de courant du fluide, évaluer en chaque point les sommes $p_i + \rho gh_i + \rho v_i^2/2$ et les évaluer. Si le point choisi est en contact avec l'air, la pression p_i est la pression atmosphérique.
- Bernoulli s'emploie la plupart du temps avec l'équation de continuité. (Débit constant le long du tube de courant $A_1v_1 = A_2v_2$).

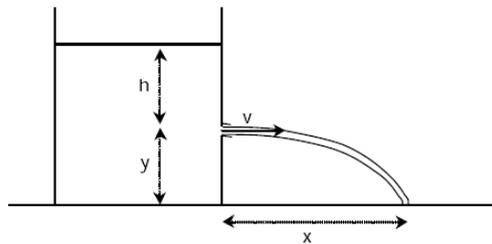
1. Un sous-marin est immobile sous 20 m d'eau. Avec quelle force un plongeur doit-il agir contre la pression de la mer pour ouvrir une écoutille de dimensions 1 m x 0,5 m, en supposant que la pression interne dans le sous-marin est 90% de la pression atmosphérique?
2. Un radeau en bois de pin a une masse volumique de $0,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ et mesure 3,05 m x 6,1 m x 0,305 m. Quelle épaisseur de radeau est immergée s'il ne porte aucune charge? Quelle est la charge que peut porter ce radeau s'il s'enfonce de 2,54 cm supplémentaires dans l'eau douce?
3. Un tube en U ouvert contenait de l'eau avant qu'un liquide moins dense ne soit versé dans la colonne de droite. Montrer que la masse volumique inconnue ρ_x du liquide est donnée par l'expression $\rho_x = \rho_e h_e / h_x$.



4. Une cloche de plongée permet aux nageurs de rester confortablement sous l'eau pendant de longs laps de temps. Montrer que $d = h + \frac{P_a h}{\rho g (H-h)}$ où P_a est la pression initiale de l'air sous la cloche (habituellement la pression atmosphérique).



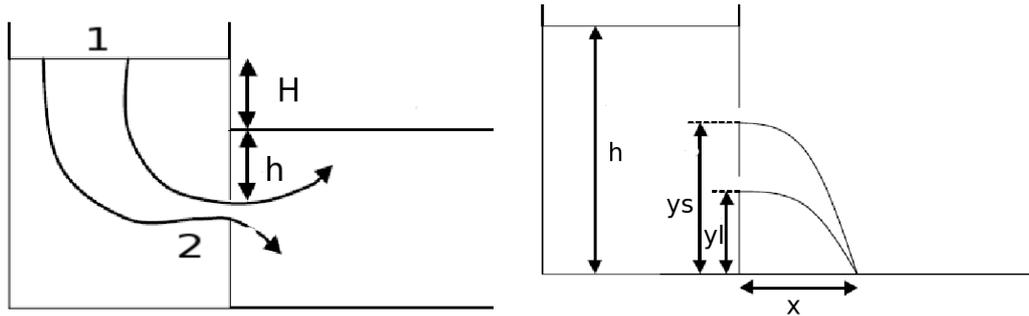
5. Une piscine d'une largeur de 5 m, d'une longueur de 10 m est remplie sur 3 m de hauteur. Quelle est la force totale, due à l'eau, sur chacune des deux parois de la largeur ?
6. Un ours polaire de masse 226,7 kg et de hauteur 183 cm (lorsqu'il est debout) monte sur une plaque flottante de glace d'épaisseur 0,305 m. Que doit être l'aire de cette plaque si elle affleure à la surface, en portant l'ours ? (Prendre $\rho_{mer,15^\circ} = 1025 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{glace,-5^\circ} = 917 \text{ kg/m}^3$)
7. Un morceau de chêne pèse 90 N dans l'air. Un bloc de plomb pèse 130 N quand il est immergé dans l'eau. Attachés l'un à l'autre, ils pèsent 100 N dans l'eau. Quelle est la masse volumique du bois ? (Utiliser éventuellement $\rho_{plomb} = 11300 \text{ kg/m}^3$)
8. (EX) Un aéronef de volume $1\,500 \text{ m}^3$ pèse, gaz et passagers non compris, 800 kg. Calculer le nombre de passagers de masse moyenne 70 kg que cet aérostat peut emporter avec une force ascensionnelle d'au moins 100 N (masse volumique de l'air $1,3 \text{ kg.m}^{-3}$)
 - (a) s'il est gonflé à l'hydrogène (masse volumique 90 g/m^3) ;
 - (b) s'il est gonflé au gaz de ville (masse volumique $0,5 \text{ kg/m}^3$).
9. (EX) Un glaçon flotte à la surface d'un verre d'eau rempli à ras bord. Sachant que la densité de la glace est de 0,92, quel est le pourcentage du volume du glaçon qui dépassera de la surface ? Que deviendra le niveau de l'eau dans le verre quand le glaçon aura entièrement fondu ? Pourquoi ?
10. (EX) Après un naufrage sur une île déserte, les 3 survivants décident de construire un radeau pour explorer les alentours. Ils trouvent du bois dont ils estiment la masse volumique à 800 kg/m^3 . Quelles doivent être les dimensions minimum (et réalistes !) du radeau pour qu'il puisse supporter le poids des trois naufragés (masse totale 200 kg) sans couler ?
11. Un réservoir d'eau a un orifice situé à une distance h au-dessous de la surface de l'eau. Sachant que cet orifice est à hauteur y au-dessus du plancher, à quelle distance x du réservoir doit-on placer un verre sur le plancher pour recueillir l'eau, supposée être un liquide parfait ?



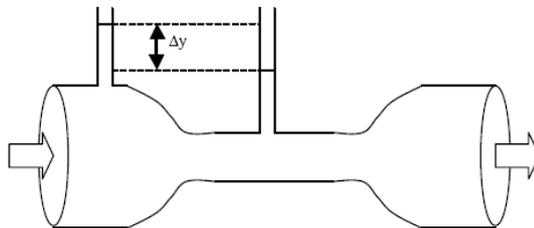
12. Pour déterminer la densité d'un fluide, on plonge un bloc de bois successivement dans l'eau puis dans ce fluide. On constate que dans l'eau, le bloc s'enfonce aux $9/10$ de sa hauteur, tandis que dans le fluide inconnu, il ne s'enfonce qu'aux $8/10$ de sa hauteur. Déterminer la densité de ce fluide ainsi que celle du bois dont est fait le bloc.
13. On veut remplir un grand réservoir ouvert avec l'eau d'un tuyau de débit J . Malheureusement, le réservoir a une fuite par un trou d'aire S , à sa base. Exprimer y , la hauteur d'équilibre que l'eau atteint dans ce réservoir, en fonction de S et J .
14. Le cerveau d'un être humain en position debout se trouve à 0,5 m au-dessus du coeur. Si une personne se penche de façon que son cerveau soit à 0,4 m au-dessous du coeur, quel est le changement de la pression du sang dans le cerveau ? ($\rho_{sang} = 1059,5 \text{ kg/m}^3$)
15. Un vaisseau sanguin de rayon r se ramifie en quatre vaisseaux, chacun de rayon $r/3$. Si la vitesse moyenne dans le vaisseau le plus large est égale à v , trouver la vitesse moyenne dans chacun des petits vaisseaux.
16. (EX) Pour vider un réservoir d'eau, on se sert d'un siphon d'une section de $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. On procède comme suit : On ferme les deux bouts du siphon initialement rempli d'eau. Ensuite on place l'un des bouts à 25 cm au-dessous de la surface libre du réservoir. L'autre

extrémité, on la laisse pendre librement à l'extérieur du récipient, à 50 cm au-dessous du bout immergé.

- (a) Calculer la vitesse de l'eau à la sortie du siphon, peu de temps après l'ouverture des extrémités du siphon.
 - (b) Le débit est-il constant ?
 - (c) Quelle est la vitesse de l'eau à la sortie quand la surface libre du réservoir se trouve à 10 cm au-dessus du bout immergé ?
17. La figure ci-dessous (à gauche) montre un orifice submergé (point 2) écouant un liquide d'un grand réservoir. Ecrire l'expression de la vitesse d'écouement de cet orifice.



18. Une boîte de lait en carton est placée sur une table (Fig. ci-dessus à droite). Elle a deux trous percés dans une face verticale, l'un au-dessus de l'autre. A un moment donné, les deux jets de lait qui s'en échappent atteignent la table au même point. Déterminer alors la hauteur du lait dans la boîte en fonction des hauteurs respectives y_i et y_s des trous inférieur et supérieur.
19. (EX) Le Père Noël dans son traineau magique tente un amerissage suite à un problème technique après avoir terminé la distribution des cadeaux. Le traineau est identique à un radeau de masse volumique $\rho=80 \text{ kg/m}^3$ et de dimension $10\text{m} \times 10\text{cm} \times 1\text{m}$. Sachant que le Père Noël pèse 100 kg, que la masse volumique de l'eau de mer est de 1025 kg/m^3 et que chacun des 8 rennes en pèse 160 kg :
 - (a) Quel est le nombre de rennes que le Père Noël peut sauver en les mettant dans le traineau, s'il veut que $1/5$ du radeau reste hors de l'eau ?
 - (b) Combien doivent peser les rennes si le Père Noël veut les sauver tous, $1/5$ du radeau devant rester émergé ?
20. Un mesureur (ou tube) de Venturi est inséré dans un oléoduc pour déterminer le débit et la vitesse d'écouement. On branche les deux tubes du manomètre, l'un dans l'étranglement et l'autre en dehors. Exprimer la vitesse d'écouement dans l'oléoduc en fonction de Δy , différence des hauteurs du liquide dans les deux colonnes et des sections connues de l'oléoduc et de l'étranglement.



21. (EX) Un lac est retenu par un barrage percé d'un orifice qui permet à l'eau de s'écouler dans la rivière en contrebas. A la sortie du barrage, la vitesse de l'eau est de 8 m/s.
 - (a) Quelle est la hauteur d'eau au dessus de l'orifice ?
 - (b) L'eau de la rivière s'écoule alors (toujours à la vitesse de 8m/s) dans un conduit circulaire qui voit soudainement son rayon diminuer de moitié. Que devient la vitesse de l'eau ?

22. (EX) Une barque pesant 150 kg et dont le volume total est de 3 m^3 sert à transporter d'une rive à l'autre d'un lac des graviers dont la densité moyenne est de 2. Quelle masse maximale de gravier peut être transportée à chaque voyage sans que la barque ne coule? Quel pourcentage du volume du bateau cela représente-t-il?
23. (EX) Un radeau chargé de 150 sacs de sable de 25 kg chacun flotte sur un lac d'eau douce ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$). Le radeau mesure 8 m sur 4 m, et est épais de 30 cm. La densité du bois dont est fait le radeau est de 0,55, et un passager de 75 kg est à bord.
- Quelle est le pourcentage immergé du volume du radeau?
 - Combien de sacs de sable devraient être déchargés pour que la fraction immergée ne dépasse pas $2/3$?

9 Ecoulement des fluides visqueux

Livre Kane-Sternheim, chapitre 14

- L'équation de continuité est toujours valable!
- Perte de charge dans une conduite = chute de pression le long de la conduite, due à la viscosité du fluide.

- De l'huile de ricin (à 25°C) est introduite directement dans l'estomac d'un robot à travers un tube horizontal de 1 m de longueur, à un débit de $6 \text{ cm}^3/\text{min}$. Si le tube a une section droite circulaire d'un diamètre intérieur de 2 mm, quelle est la différence de pression à maintenir entre ses extrémités? (η_{ricin} à $25^\circ\text{C} = 0,65 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$).
- Le débit moyen du sang à travers l'aorte est de $4,20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Le rayon de l'aorte est de $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$, et sa viscosité $\eta = 2,084 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$.
 - Quelle est la vitesse moyenne du sang dans l'aorte?
 - Quelle est la perte de charge sur une longueur de 0,1 m de l'aorte?
 - Quelle est la puissance nécessaire au pompage du sang à travers cette partie de l'aorte?
- Calculer la résistance à l'écoulement d'un capillaire humain typique. Le rayon est de $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ et la longueur vaut 1 mm.
 - Estimer le nombre de capillaires dans le corps humain, étant donné que le débit à travers l'aorte est de $9,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ et que la différence de pression entre le système artériel et le système veineux est de 11,6 kPa. Supposer que tous les capillaires sont en parallèle et que la perte de charge dans les capillaires correspond à 9% de la perte de charge totale.
- Une aiguille hypodermique est longue de 4 cm. Son rayon intérieur vaut 0,5 mm. De l'eau dont la viscosité est égale à $10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ est forcée à travers l'aiguille.
 - Quel est le débit maximum pour que l'écoulement reste laminaire dans l'aiguille? (suggestion : écoulement laminaire si $N_R < 2000$)
 - Quelle est la perte de charge (ΔP) nécessaire pour avoir un tel débit?
 - Si l'extrémité libre de l'aiguille est soumise à une pression de 1 atm, dans les conditions de débit laminaire maximum obtenues au point (a), quelle est la force à exercer sur la surface S du piston? Cette surface est supposée circulaire et de rayon $R = 5 \text{ mm}$.
- La vitesse limite d'une gouttelette d'huile de forme sphérique, lors de sa chute dans l'air à 20°C , est de $2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$. Quel est le rayon de cette gouttelette, si la masse volumique est de 930 kg/m^3 ?
- (EX) Le rayon d'un capillaire humain typique est de $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ et sa longueur de 1 mm. Quelle est la résistance équivalente des $3,08 \cdot 10^{10}$ capillaires que comporte le corps s'ils sont supposés en parallèle? (viscosité du sang de $\eta = 2,084 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$)? Quelle est la puissance nécessaire à l'entretien d'un écoulement dont le débit est de $9,7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ au travers de ce système?

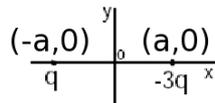
7. (EX) Un tuyau cylindrique fin de longueur $l=2$ cm et de rayon $R=1$ cm est parcouru par un fluide de viscosité $\eta=2 \cdot 10^{-3}$ Pa.s et de masse volumique $\rho=1000$ kg/m³. Si le débit est de $4 \cdot 10^{-6}$ m³/sec,
- Quelle est la vitesse moyenne du fluide dans le tuyau ?
 - L'écoulement est-il laminaire ou turbulent ?
 - En conservant le même débit ($Q=4 \cdot 10^{-6}$ m³/s), le tuyau se divise en n capillaires identiques de longueur $l'=3 \cdot 10^{-2}$ m et de rayon $R'=4 \cdot 10^{-4}$ m. Combien y a-t-il de capillaires si la perte de charge dans le système de capillaires parallèles est de 2984 Pa ?
8. (EX) a) Calculer le nombre de capillaires d'une personne si au repos la perte de charge est de 1050 Pa et le débit sanguin total est de $9,710^{-5}$ m³/s, et qu'un capillaire typique est long de 1 mm et a un diamètre de $4 \cdot 10^{-6}$ m. On tiendra compte d'une viscosité du sang de $2 \cdot 10^{-3}$ Pa.s.
- b) Pendant un effort, le coeur bat 2 fois plus vite, la perte de charge est doublée, et le coeur expulse plus de sang à chaque battement. Le débit est donc triplé. Calculer alors la viscosité du sang dans ce même système de capillaires pendant l'effort.

10 Forces électriques, champs et potentiels

Livre Kane-Sternheim, chapitre 16

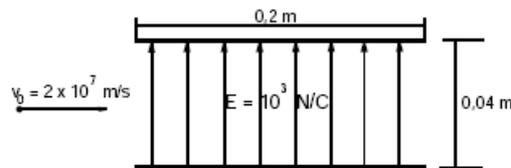
Pour rappel, le champ électrique est un champ vectoriel (besoin de définir sa direction et son sens en plus de son intensité) tandis que le potentiel est un scalaire (intensité uniquement).

- Trois petites sphères, portant chacune une charge de +25 nC, occupent les sommets d'un triangle isocèle rectangle dont l'hypoténuse a une longueur de 1,414 m. On prendra l'hypoténuse sur l'axe des x et le sommet de l'angle droit sur l'axe des y . Trouver la force électrique résultante sur la charge placée au sommet de l'angle droit.
- Deux boules de moëlle de 2 g sont suspendues dans l'air, chacune à l'extrémité d'un fil de coton de 50 cm de longueur, les deux fils étant fixés au même point. On dépose sur chacune de ces boules la même charge q ; elles s'éloignent alors et chaque fil forme un angle de 10° avec la verticale. Trouvez la valeur absolue de la charge q .
- Deux charges ponctuelles $q_1 = +10$ nC et $q_2 = -20$ nC se trouvent sur l'axe des x aux points de coordonnées $x = 0$ et $x = +10$ m, respectivement.
 - Que vaut la force électrique exercée par la charge q_1 sur la charge q_2 ?
 - Calculer le champ électrique au point d'abscisse $x = 4$ m.
 - Trouver, s'il existe, le point où le champ électrique est nul.
- Sur la figure ci-dessous, que vaut le potentiel
 - à l'origine ?
 - en $x = 3a$, $y = 0$?

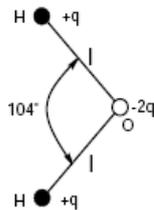


- Deux charges $+q$ et $-q$ sont aux points de coordonnées $(0, -d/2)$ et $(0, d/2)$. Déterminer la force sur une troisième charge $+Q$ située sur l'axe des x , à une distance X de l'origine.
- Une particule α est un noyau d'hélium avec une charge de $2e$ et une masse de $6,64 \cdot 10^{-27}$ kg. Supposons qu'une particule α soit accélérée du repos jusqu'à une vitesse de 10^7 m/s par des forces électriques dans le premier tronçon d'un accélérateur de particules. Quelle différence de potentiel faut-il pour obtenir cette accélération ?

7. Un dipôle électrique est constitué de charges $\pm e$ ($e=1.6 \cdot 10^{-19}$ C) distantes de 10^{-10} m. Il est placé dans un champ de 10^6 N/C. Que vaut le moment du couple sur le dipôle quand celui-ci est (a) parallèle au champ, (b) à angle droit avec le champ, (c) dans le sens opposé au champ ?
8. Un condensateur à lames parallèles a une capacité de $2 \mu\text{F}$ quand les lames sont séparées par le vide. Les lames sont à 10^{-3} m l'une de l'autre et sont connectées à une pile qui maintient une différence de potentiel de 50 V entre elles.
- Quelle est la charge des lames ?
 - Que vaut le champ électrique entre les lames ?
 - Si une feuille d'isolant, de constante diélectrique égale à 5, est insérée entre les lames, quelle est la nouvelle charge ?
 - Quel est le champ électrique avec la feuille isolante en place ?
9. Un électron est introduit avec une vitesse $v_0 = 2 \cdot 10^7$ m/s dans un champ électrique uniforme de 10^3 N/C. (Négliger la force de pesanteur sur l'électron ; valeurs numériques sur le schéma.)
- Trouver la direction et le module de son accélération.
 - Combien de temps restera-t-il dans le champ ?
 - Quelle est l'importance de la déviation verticale lorsqu'il sort du champ ?
 - Trouver l'angle entre la vitesse à la sortie et la direction initiale.

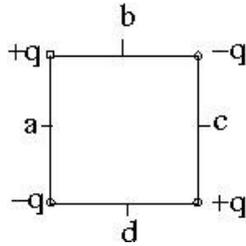


10. La figure ci-dessous montre un modèle de molécule d'eau. Chaque atome d'hydrogène a une charge résultante positive q et l'atome d'oxygène a une charge résultante $-2q$. La distance l est $9,65 \cdot 10^{-11}$ m. La charge positive sur un atome d'hydrogène et la moitié de la charge négative sur l'atome d'oxygène forment un dipôle. Le moment dipolaire électrique total \vec{p} de la molécule est la somme vectorielle des deux moments dipolaires H-O.
- Quelle est la direction de \vec{p} ?
 - Si $p = 6,0 \cdot 10^{-30}$ Cm, quelle est la charge q en multiples de la charge e du proton ?

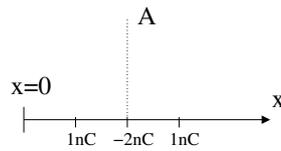


11. (EX) Quatre charges de 1nC mais de signes inconnus sont placées aux sommets d'un carré de 10 cm de côté.
- Si le champ électrique au centre du carré est dirigé horizontalement vers la droite, déterminez les signes des différentes charges et la valeur exacte du champ en ce point.
 - Donnez deux autres répartitions des signes des charges qui donnent un champ électrique nul au centre du carré. Quel est alors le potentiel électrique au centre dans chacun des cas ?
12. (EX) Quatre charges de $|q|=2\text{nC}$, deux positives et deux négatives, sont disposées aux quatre sommets d'un carré de 1 cm de côté, comme indiqué sur le schéma.

- (a) Calculer le champ électrique (direction, sens, intensité) aux points a b c et d (les milieux des côtés du carré)
- (b) Indiquer un point où le champ électrique est nul et justifier.
- (c) Déterminer la force qui s'exerce sur la charge négative située au sommet entre a et d.



13. (EX) Trois charges ponctuelles de 1 nC , -2 nC et 1 nC sont placées sur un même axe à respectivement $x=5\text{ cm}$, $x=10\text{ cm}$ et $x=15\text{ cm}$ comme illustré par la figure.
- (a) Déterminer le champ électrique au point A, situé sur une perpendiculaire à l'axe à 10 cm de la charge du milieu.
- (b) Où placer une 4ème charge de -2 nC sur cet axe, pour que le potentiel électrique soit nul en $x=0$?

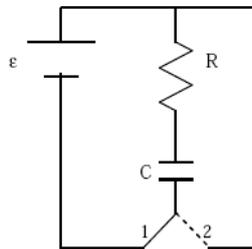


11 Courants continus

Livre Kane-Sternheim, chapitre 17

Pour déterminer la résistance équivalente d'un circuit, procéder par étapes, en remplaçant d'abord les résistances en série par leur résistance équivalente, puis celles en parallèle, puis en série, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on n'en ait plus qu'une. Résistances en série = l'une après l'autre le long du même conducteur ; Résistances en parallèle = on peut aller d'un point à un autre du circuit en passant soit par une résistance soit par l'autre.

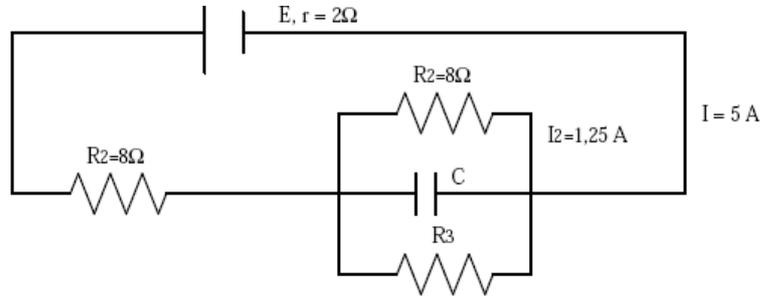
1. Une batterie a débité un courant d'intensité 2 A pendant 60 s dans un fil branché à ses bornes. Quelle est la charge totale qui est passée en un point du fil ?
2. Pour recharger une batterie de voiture vide, on la branche aux bornes d'un chargeur de 12 V. Au début, un ampèremètre indique un courant de 7 A, mais au fur et à mesure que la batterie se charge, il diminue lentement jusqu'à 3 A après 6 h. L'intensité diminue linéairement avec le temps. Quelle quantité de charge a été transférée à la batterie ?
3. Un magnétoscope portable a une plaque sur laquelle on lit qu'il consomme 1 W sous 9 V en courant continu. Quelle est l'intensité débitée par sa pile ?
4. La courroie non conductrice en mouvement d'un générateur Van de Graaff transporte $10 \mu\text{C}$ vers la sphère métallique à chaque seconde. La ddp entre la sphère et la source mise à la terre est de 3 MV. Quelle est la puissance minimum qui doit être fournie à ce générateur pour le maintenir en fonctionnement ?
5. Soit un circuit R-C série, dans lequel $R=2 \text{ M}\Omega$ et $C=6 \mu\text{F}$, alimenté par un générateur de f.e.m. $E=20 \text{ V}$ et de résistance interne négligeable.
 - (a) Déterminer la valeur du champ électrique à l'intérieur du condensateur 24 secondes après la fermeture du circuit.
 - (b) Quelle est l'énergie emmagasinée au même instant ?
 - (c) Que vaut la constante de temps de ce circuit ?
 La distance entre les armatures est égale à 1 mm.
6. Dans le circuit de la figure ci-dessous, l'interrupteur est en position 1. Initialement ($t=0$), le condensateur n'est pas chargé. Que valent à ce moment la différence de potentiel aux bornes de la résistance, la différence de potentiel aux bornes du condensateur et le courant dans le circuit ? Après un temps suffisamment long pour permettre la charge complète du condensateur, que valent la différence de potentiel aux bornes de la résistance, et la différence de potentiel du condensateur ? Donnez les étapes de votre raisonnement. ($\epsilon = 36 \text{ V}$, $R = 950 \Omega$ et $C = 7,5 \mu\text{F}$). Le condensateur étant complètement chargé, on amène l'interrupteur en



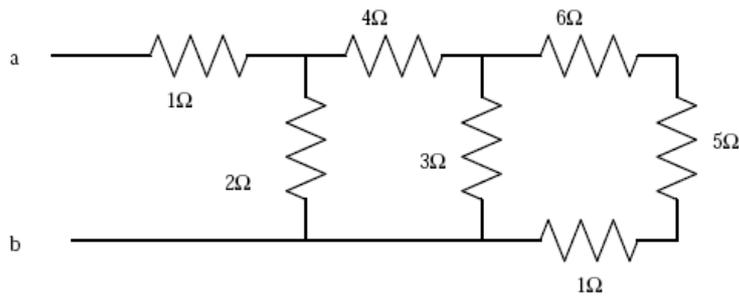
position 2. Dessiner le graphique de la différence de potentiel aux bornes du condensateur, de la différence de potentiel aux bornes de la résistance et du courant en fonction du temps.

7. Une batterie de f.e.m. 12 V dont la résistance interne est égale à $0,1 \Omega$ reçoit un courant de charge d'une intensité de 15 A. Déterminer
 - (a) la puissance dissipée par la résistance interne de la batterie
 - (b) la tension aux bornes de la batterie
 - (c) la puissance accumulée par la batterie

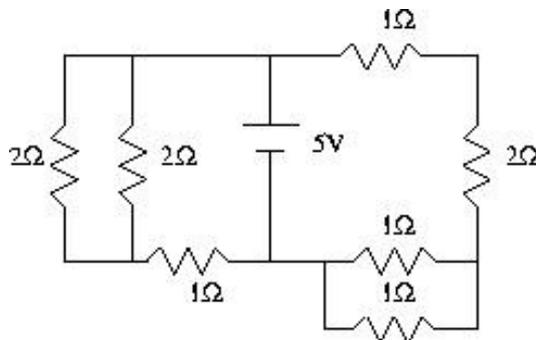
- (d) si la batterie est chargée pendant 6 heures, combien de temps minimum pourra-t-elle faire tourner un moteur consommant 60 W ?
8. Calculer la force électromotrice E du générateur de courant continu et la valeur de la résistance R_3 pour le circuit suivant.



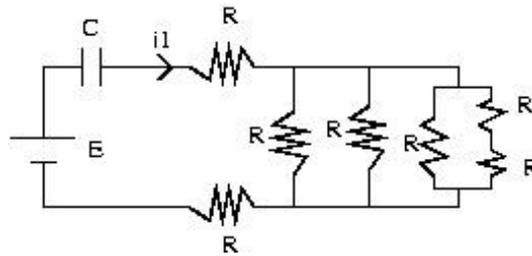
9. Soit le montage de résistances illustré à la figure suivante. (a) Déterminer la résistance équivalente entre les points a et b. (b) Si la résistance de 5Ω est parcourue par un courant d'intensité égal à 1 A, quelle est l'intensité du courant dans la résistance de 4Ω ?



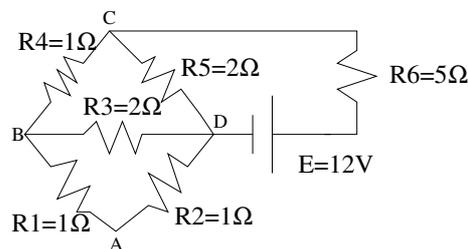
10. (EX) Le circuit ci-dessous est alimenté par une pile de 5 V de résistance interne négligeable, et les différentes résistances (1 ou 2 Ω) sont reprises sur le schéma. Calculez la résistance équivalente du circuit et donnez la puissance dissipée dans la partie du circuit à gauche de la force électromotrice.



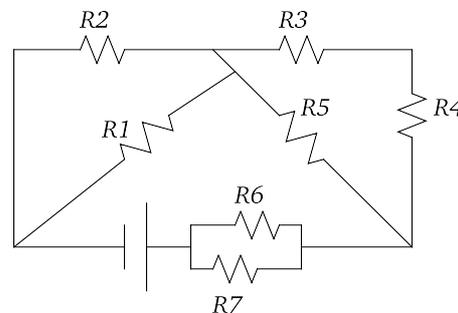
11. (EX) Un circuit est composé des éléments représentés sur le schéma ci-dessous. Toutes les résistances sont de $R = 2 \Omega$, la différence de potentiel fournie par la pile est de $E = 10 \text{ V}$ et la capacité du condensateur de $C = 10 \mu\text{F}$. Déterminez la résistance équivalente du circuit, ainsi que le courant i_1 au temps $t = 0$ et à un temps ultérieur $t \gg R_{eq}C$.



12. (EX) Le circuit ci-dessous est alimenté par une pile de 12 V de résistance interne négligeable, et les différentes résistances sont reprises sur le schéma. Calculer l'intensité de courant dans chaque résistance et la puissance fournie par la pile.



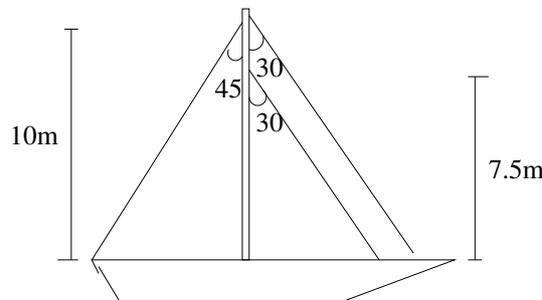
13. (EX) Dans le circuit ci-dessous, la tension fournie par le générateur est de 10 V.
- Quel est le courant qui le traverse?
 - Quel sont les courants qui traversent les résistances R_1 et R_4 ?
- Données : $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 1 \Omega$, $R_3 = 2 \Omega$, $R_4 = 2 \Omega$, $R_5 = 1 \Omega$, $R_6 = 1 \Omega$, $R_7 = 2 \Omega$



12 Révisions

- On lance une balle vers un mur à une vitesse de 25 m/s selon un angle de 40° au dessus de l'horizontale. Le mur se trouve à 22 m de l'endroit où la balle a été lancée.
 - A quelle distance au-dessus de son point de départ la balle frappe-t-elle le mur ?
 - Quelles sont les composantes horizontale et verticale de sa vitesse lorsqu'elle frappe le mur ?
 - Lors de l'impact, la balle a-t-elle atteint le sommet de sa trajectoire ?
- Un véhicule de masse $M=1000$ kg aborde en un point A une route rectiligne inclinée (en montée) à la vitesse de 72 km/h. La pente de la route est de 6%. Avant d'aborder la route inclinée, le conducteur débraille le moteur. L'ensemble des frottements équivaut à une force constante d'intensité 200 N et opposée à la vitesse. Déterminer la longueur maximale parcourue en montée, le temps de parcours en montée et le temps en descente pour retourner au point A, et sa vitesse lorsqu'il revient en A.

3. Compte tenu du fait que le coefficient de frottement entre du caoutchouc dur et de l'asphalte s'élève à environ 0,8, déterminer l'angle maximal qu'une pente peut avoir pour qu'on puisse y garer une voiture.
4. (EX) Deux masses sont suspendues de part et d'autre d'une poulie de masse négligeable, reliées par une corde de masse tout aussi négligeable. Les masses ($m_1=1$ kg, $m_2=3$ kg) reposent sur des plans inclinés de 30° .
 - Quel devrait être le coefficient de frottement statique minimum entre les surfaces et les blocs pour que le système reste au repos (en considérant les deux coefficients identiques) ?
 - Le coefficient de frottement cinétique réel entre le bloc 1 et la surface de gauche est de $\mu_1 = 0,4$ et celui entre le bloc 2 et la surface de droite de $\mu_2 = 0,2$. Déterminer l'accélération du système (direction, sens et intensité)
5. Le mât d'un voilier est maintenu par trois câbles métalliques (voir Fig.). Chacun des câbles de l'avant du navire est soumis à une tension de 5000 N. Quelle est la tension dans le câble arrière? Quelles sont les composantes de la réaction du mât sur le point d'attache au pont du navire? Cette réaction est-elle orientée vers l'avant ou l'arrière du bateau? On négligera le poids du mât.



6. Un courant électrique circulant dans une spire de rayon r exerce une force $F(x)$ sur un petit aimant situé à une distance x du centre de la spire (k et r sont des constantes positives). Pour quelles valeurs de x la fonction $F(x)$ est-elle maximum ?

$$F(x) = \frac{kx}{(x^2 + r^2)^{5/2}}$$

Calculer la valeur de ce maximum.

7. Si un mobile se déplace dans un système d'axe OX OY de façon que

$$x = a \cos t + b$$

$$y = a \sin t + c$$

Montrer que sa vitesse est constante en module.

8. (EX) La jambe dans le plâtre d'un blessé est retenue surélevée par un câble vertical accroché à son extrémité, relié à une poulie. Sachant que la jambe mesure 1,10 m, a une masse, plâtre compris, de 15 kg, et que son centre de gravité se situe à 70 cm de la hanche, déterminer la masse à accrocher de l'autre côté de la poulie pour que l'angle entre la jambe et l'horizontale soit de 15° . Déterminer également la force totale que la hanche exerce sur la jambe (intensité, sens, direction)
9. (EX) Deux masses $m_1=1$ kg et $m_2=2$ kg sont suspendues de part et d'autre d'une poulie (rayon $r=0,1$ m, masse $M=1$ kg, considérée comme un cylindre dont le moment d'inertie est de $I_{cyl}=Mr^2/2$). Si on peut négliger tout frottement, quelle sera l'accélération du système ?
10. Un satellite artificiel est en orbite circulaire autour de la terre à une altitude de 400 km. Avec quelle vitesse se déplace-t-il, sachant que la masse de la terre est de $M=6 \cdot 10^{24}$ kg et son rayon de $r=6400$ km, la masse du satellite étant de 150 kg ?

11. (EX) Une fillette pesant 267 N glisse sur une glissoire de terrain de jeux d'une longueur de 6,1m formant un angle de 20° avec l'horizontale. Le coefficient de frottement cinétique entre la glissoire et l'enfant est de 0,1. Quelle quantité d'énergie est transformée en énergie thermique? Si la fillette part du sommet avec une vitesse ayant un module de 0,457m/s, quelle est sa vitesse au pied de la glissoire?
12. Un lance missiles, de masse $M=5000$ kg, posé sur des skis, tire horizontalement une roquette de 100 kg à une vitesse de 350 m/s et, sous l'effet du recul, monte sur le plan incliné (voir fig 1, $\theta = 10^\circ$)
- Quelle sera la vitesse du lanceur juste après le tir?
 - En négligeant les frottements, jusqu'à quelle hauteur le lanceur monte-t-il sur le plan incliné?
 - Si l'on observe qu'il atteint seulement une hauteur de 1m, que vaut le coefficient de frottement cinétique entre les skis et la rampe? (on néglige les frottements sur la partie horizontale avant le plan incliné)

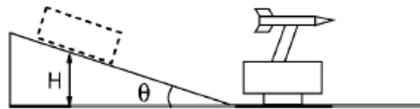


FIG. 1

13. Une boule en frigolite de 10 cm de rayon repose sur un liquide de telle manière qu'une fraction de 3,5 % de son volume se trouve en dessous de la surface libre du liquide. Si, à la boule, on suspend une petite sphère de métal de 2 cm de rayon et de $\rho = 7800$ kg/m³, la fraction de boule de frigolite qui se trouve en dessous de la surface libre du liquide est de 7,6 %. On demande la masse volumique de la frigolite ainsi que celle du liquide.
14. Un tube en verre a un rayon de 1mm et une longueur de 0,1 m.
- Quelle est la résistance à l'écoulement d'un liquide dont la viscosité est de 10^{-3} Pa s?
 - Si la perte de charge le long du tube est de 10^3 Pa, quel est le débit?
 - On soude à une extrémité du tube une bifurcation vers deux conduits en verre parallèle de 0,2 m de long et dont l'un a un rayon de 0,5 mm. Si la perte de charge supplémentaire dans les deux nouveaux tubes est de $0,5 \cdot 10^3$ Pa, quelle doit être la résistance à l'écoulement équivalente du nouveau système?
 - Quel doit alors être le rayon du dernier tube?
15. La cuve ouverte représentée à la Fig 2 contient un liquide de masse volumique 10^3 kg/m³. A un instant donné, le niveau du liquide baisse à la vitesse de 1 cm/s tandis qu'il coule à la vitesse de 50 cm/s au niveau du manomètre situé 2 m au dessous de la surface libre. Quel est à cet instant la pression du liquide en ce point du tuyau?
16. Calculer la grandeur de la vitesse limite d'une bulle d'air à 20° ($\rho = 1.2$ kg/m³) de 1 mm de rayon qui s'élève dans une huile de viscosité de 0,2 Pa s et d'une densité de 0,9.
17. (EX) Au cours d'une transfusion sanguine, le récipient contenant le sang est placé à une hauteur telle que le niveau du sang se trouve à 1,3 m au-dessus de l'aiguille. Cette dernière a un diamètre intérieur de 0,36 mm et une longueur de 3 cm. En 1 minute, 4,5 cm³ de sang sont transfusés. Calculer la viscosité du sang sachant que sa densité vaut 1,05 et que la pression à la sortie de l'aiguille est de 2000 Pa.
18. (EX) On construit une douche artisanale avec une cuve cylindrique de 50 cm de diamètre et de 50 cm de haut, qu'on place en hauteur. On relie un tuyau de 2 cm de diamètre au bas de

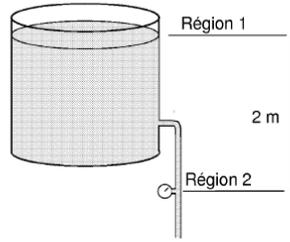
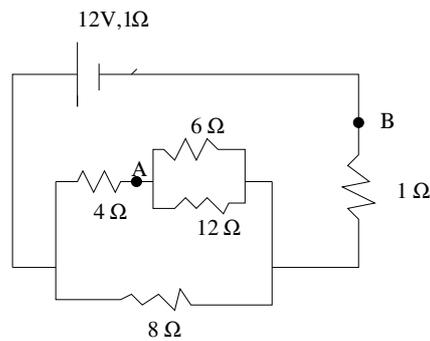


FIG. 2

la cuve, et dont l'extrémité se situe à 50 cm sous le fond de la cuve.

- (a) Déterminer la vitesse d'écoulement de l'eau à la sortie du tuyau quand la cuve est pleine.
 - (b) Que devient la vitesse d'écoulement si on place un pommeau de 50 trous de 2 mm de diamètre au bout du tuyau ?
 - (c) Que pourrait-on faire pour que la vitesse à la sortie soit doublée ?
19. (EX) Trois charges positives $+Q$ sont placées à 3 des 4 sommets d'un carré de côté a .
- (a) Déterminer le champ électrique et le potentiel au centre du carré.
 - (b) Où peut-on placer une charge négative $-2Q$ pour que le potentiel s'annule au centre du carré ?
 - (c) Où placer cette charge pour que le champ électrique soit nul au centre du carré ?
20. (EX) Dans le circuit ci-dessous, calculer
- (a) le courant dans le générateur
 - (b) le courant dans chacune des résistances
 - (c) la différence de potentiel entre A et B



13 Solutions numériques

13.1 Maths

13.1.1 Calcul vectoriel

1. $(F \cos \alpha, F \sin \alpha), (F \cos \alpha, -F \sin \alpha), (-F \sin \alpha, -F \cos \alpha)$
 $(-F \sin \alpha, F \cos \alpha), (F \sin \alpha, F \cos \alpha), (F \sin \alpha, -F \cos \alpha)$
2. $\vec{AB} = 6, \vec{C} = (3; 5), C = \sqrt{34}, \alpha = 59^\circ$
3. $(2,5; 4,33)$ et $(-0,87; 4,92)$
4. $\vec{D} = (4, 5; 2, 5)$ et $\vec{E} = (10, 8; -15, 4); \vec{F} = (0; 0; 75, 2)$ et $\vec{G} = (0; 0; -47, 9)$

13.1.2 Algèbre

$$y=5; x<7; w=1,15 \text{ ou } -0,35; v=50 \text{ ou } -2$$

13.1.3 Analyse

1. 4m; entre 6 et 8 s; oui
2. $\frac{\partial f}{\partial x} = 6x + 4y, \frac{\partial f}{\partial y} = 4y + 4x + 2, \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = 6, \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = 4, \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} = 4$
3. $v_{0-1} = -2 \text{ m/s}$ et $v_{1-3} = 4 \text{ m/s}$. $v_{2.5} = 8 \text{ m/s}$
4. $I_{0-1} = 0,5, I_{1-3} = 1, I_{tot} = 1,5$

13.2 Cinématique

1. (a) $t=20 \text{ s}$ (b) $x=1200 \text{ m}+200 \text{ m}$
2. (a) $h=12742 \text{ m}$ (b) $T=51 \text{ s}$ (c) $T_1=2,04 \text{ s}$ et $99,9 \text{ s}$
3. (a) $v=-14,715 \text{ m/s}$ (b) $T=1,5 \text{ s}$ (c) $T_1=3,5 \text{ s}$
4. Pas de racine à l'équation $x_{voiture}(T)=x_{austin}(T); d_{min}=10 \text{ m}$
5. $v_0=31,3 \text{ m/s}$
6. $v=40,98 \text{ m/s}$
7. $v_0=9,19 \text{ m/s}$
8. (a) $x=24,69 \text{ m}$ (out) (b) $\Delta y=0,831 \text{ m}$
9. (a) $x=440 \text{ m}$ (b) $v_y=6,06 \text{ m/s}$ vers le bas (c) $v=93,4 \text{ m/s}$
10. course de 4,28 m, vitesse moyenne de -2,6 m/s
11. (a) $y=3,06 \text{ m}$ (lob réussi) (b) $x=13,7 \text{ m}$ balle in
12. (a) $v=8,95 \text{ m/s}$ (b) $h=3,52 \text{ m}, v=9,8 \text{ m/s}$ et $\theta=72^\circ$ en montée
13. (a) $h=2001,4 \text{ m}$ (b) $v=200 \text{ m/s}$ et $\theta=82^\circ$ vers le bas

13.3 Les lois de Newton

1. $F=507,61 \text{ N}$
2. $\alpha = 21.9^\circ$
3. (b) $a=g/3$ (c) $m_1=m_2$ (d) $a=g$
4. $T_1=12,02 \text{ m}, T_2=15,2 \text{ m}$ et $a=2,21 \text{ m/s}^2$
5. (a) $N=138,7 \text{ N}$ (b) $a=2,47 \text{ m/s}^2$ (c) $T=61,4 \text{ N}$ et (d) $v=2,43 \text{ m/s}$
6. (a) $\mu_s=0,75$ (b) $F>2002 \text{ N}$ (c) $a=1,98 \text{ m/s}^2$ (d) $F=3667 \text{ N}$
7. (a) $\mu_s < \tan 30^\circ$ (b) $a=2,27 \text{ m/s}^2$ (c) $\theta = 21,3^\circ$ (d) $T > 11,7 \text{ N}$ (e) $T > 9,3 \text{ N}$

13.4 La statique

1. $T=50$ N et $F=100$ N
2. $x=16,15$ et $\theta = 38,26^\circ$
3. de gauche à droite $T= 4000$ N 2000 N 1000 N
4. $T= 138,37$ N
5. $T=120$ N et $E=96$ N
6. $T=264,28$ N, $R_x=251,34$ N, $R_y=46,67$ N et $AM=0,132$ ($=W/T$)
7. $R_x=0$ N et $R_y=-500$ N
8. (a) $C_x=13,2$ N (b) $R_x=160$ N (c) $R_y + C_y=292$ N
9. $P=27,75$ N, $R_x=-19,62$ N, $R_y=19,62$ N
10. (a) $(\frac{M}{100+M}, \frac{100+1,5M}{100+M})$ (b) $M=17,65$ kg
11. $R=14,715$ N, vers le haut, et $\tau=9,2$ Nm (sortant de la feuille si canne monte vers la droite)
12. $F=14$ N, $R_x=13,5$ N, $R_y=16$ N, $R=20,9$ N, $\theta=49,8^\circ$
13. $\mu_s=0,8$

13.5 Le mouvement circulaire

1. (a) $a_c=10$ m/s² (b) $\alpha=-4,1$ rad/s² et $a_t=-0,6$ m/s²
2. (a) $\omega=66,66$ rad/s (b) $\alpha=4,44$ rad/s² (c) $\theta=500$ rad= $79,6$ tours
3. (a) $T=39,24$ N (b) $v=3,84$ m/s
4. $\omega=1,1$ tour/min ou $0,114$ rad/s
5. $\alpha=11,5^\circ$ et $v=32,4$ m/s
6. $M=33,195$ kg
7. $\tau_{fr}=7,04$ Nm
8. (a) $m=5,76$ kg (b) $T=44,25$ N

13.6 Travail-Energie-Puissance

1. (a) $h=31,85$ m (b) $2,2$ N
2. $x=5,22$ m
3. $v=31,32$ m/s
4. $\mu_c=0,917$
5. $P=547,45$ W
6. 54%
7. (a) $\Delta E=35316$ J (b) $v=123,5$ km/h= $34,31$ m/s (c) $W=16566$ N
8. $v=\sqrt{\frac{mg}{m_1/4+m_2/4+m/2}}$
9. $v_{max}=3,45$ m/s et $E_{ch}=-4,49$ J
10. (a) $v_B=22,2$ m/s $v_C=12,62$ m/s et $v_D=17,22$ m/s (b) $v_B=14,767$ m/s
11. (a) $v=7,67$ m/s (b) $h=2,75$ m

13.7 Quantité de mouvement et moment cinétique

1. $v=1,18$ m/s et $L=17658$ Nms ; $v=23,544$ m/s et $F=16629,6$ N
2. $v=39,13$ m/s
3. $v=0,005$ m/s
4. $v=5$ km/h et $\theta=53^\circ$
5. (a) $\omega(t) = \frac{(M/2+m)R^2\omega_0}{MR^2/2+m(R-vt)^2}$ (b) $\omega(t) = (1 + 2m/M)\omega_0$
6. (a) $3/2$ m/s vers l'avant (b) $2/3$ m/s vers l'avant et 97%
7. (a) 30kg (b) 2,71 m/s

13.8 Mécanique des fluides non-visqueux

1. $F=103166,25$ N
2. sans charge $x=0,1525$ m ; $m=472,57$ kg
3. à hauteurs égales, pressions égales
4. Indication : appliquer la loi de Boyle ($PV=cst$) au gaz sous la cloche hors de l'eau et dans l'eau
5. $F=220725$ N
6. $S=6,88$ m²
7. $\rho_{bois}=750$ kg/m³
8. (a) 14 (b) 5
9. 8%, niveau identique
10. volume 1 m³, donc par exemple 0,3 m de haut, et 2 m x 1.67 m long et large
11. $x=2\sqrt{hy}$
12. $\rho_{bois}=900$ kg/m³, $\rho_{fl}=1125$ kg/m³
13. $y=\frac{J^2}{2gS^2}$
14. $P=9,34$ kPa
15. $v_2=9v/4$
16. (a) $v=3,83$ m/s (b) non (c) $v=3,43$ m/s
17. $v_2=\sqrt{2gH}$
18. $h=y_i + y_s$
19. (a) $n=4$ (b) $m_R=80$ kg
20. $v=\sqrt{\frac{2gy}{S_1^2/S_2^2-1}}$
21. (a) $h=3,26$ m (b) $v=32$ m/s
22. $m=2850$ kg, $V=47\%$ V_{tot}
23. (a) 95%, (b) 109 sacs déchargés

13.9 Écoulement des fluides visqueux

1. $\Delta P=165521$ Pa
2. (a) $v=7,91$ mm/s (b) $\Delta p=7,8 \cdot 10^{-2}$ Pa (c) $3,28 \cdot 10^{-7}$ W
3. (a) $R=3,32 \cdot 10^{17}$ Pa.s.m⁻³ (b) $N=3,08 \cdot 10^{10}$
4. (a) $Q < 1,57 \cdot 10^{-6}$ m³/s (b) $\Delta p=2560$ Pa (c) $F=8,16$ N
5. $r=4,23 \cdot 10^{-8}$ m
6. $R=1,08 \cdot 10^7$ Pa s m⁻³ et $P=0,1$ W
7. (a) 0,0127 m/s, (b) Laminaire $Nr=127$, (c) 8
8. (a) $N=2,94 \cdot 10^{10}$, (b) $\eta_{sang,effort}=1,333 \cdot 10^{-3}$ Pa.s

13.10 Forces électriques, champs et potentiels

- $F_y = 7,95 \cdot 10^{-6} \text{ N}$
- $q = 1,077 \cdot 10^{-7} \text{ C}$
- (a) $F = 1,8 \cdot 10^{-8} \text{ N}$ (b) $E = 10,625 \text{ N/C}$ (c) $d = 24,14 \text{ m}$ à gauche de la charge q_1
- (a) $V = -\frac{2kq}{a}$ (b) $V = -\frac{5kq}{4a}$
- $F = \frac{kqQd}{(x^2 + (d/2)^2)^{3/2}}$ direction y positif
- $V = 1\,037\,500 \text{ V} = 1,04 \text{ MV}$
- (a) $\tau = 0$ (b) $\tau = 1,6 \cdot 10^{-23} \text{ Nm}$ (c) $\tau = 0$
- (a) $Q = 0,0001 \text{ C}$ (b) $E = 5 \cdot 10^4 \text{ N/C}$ (c) pas de changement (d) $E' = 10^4 \text{ N/C}$
- (a) $a = 1,76 \cdot 10^{14} \text{ m/s}^2$ vers le bas (b) $T = 10^{-8} \text{ s}$ (c) $y = 0,0088 \text{ m}$ (d) $\theta = 5^\circ$
- (a) horizontal vers la gauche (b) $q = 0,316 \text{ e}$
- (a) $+ - E = 5,09 \cdot 10^3 \text{ N/C}$ (b) $+ + V = 509,1 \text{ V}$ ou $+ - V = 0 \text{ V}$ (ou signes inverses)
(a) $+ -$ (b) $+ +$ $- +$
- (a) $E = 1,3 \cdot 10^6 \text{ N/C}$ pour chacun des points, dirigés vers la charge négative la plus proche
(b) au centre du carré (c) $F = 3,29 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ dirigée vers le centre du carré.
- (a) $E = 512 \text{ N/C}$ dirigé vers le bas (b) $x = 30 \text{ cm}$

13.11 Courants continus

- $Q = 120 \text{ C}$
- $Q = 108000 \text{ C}$
- $I = 1/9 \text{ A}$
- $P = 30 \text{ W}$
- (a) $E = 1,7 \cdot 10^4 \text{ V/m}$ (b) $U = 8,98 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ (c) $\tau = 12 \text{ s}$
- Charge : en $t = 0$ $V_r = 36 \text{ V}$ $V_c = 0 \text{ V}$, $I = 0,038 \text{ A}$; plus tard $V_r = 0$, $V_c = 36 \text{ V}$, $I = 0 \text{ A}$. Décharge : 3 exponentielles décroissantes.
- (a) $P = 22,5 \text{ W}$ (b) $V = 10,5 \text{ V}$ (c) $P = 157,5 \text{ W}$ (d) 15h45
- $E = 60 \text{ V}$ et $R_3 = 2,67 \Omega$
- (a) $R_{eq} = 2,52 \Omega$ (b) $I = 5 \text{ A}$
- $R_{eq} = 14/11 \Omega$ et $P = 12,5 \text{ W}$
- $R_{eq} = 32/7 \Omega$, $i_1(0) = 2,19 \text{ A}$, $i_1(t \gg RC) = 0 \text{ A}$
- $R_{eq} = 6 \Omega$, donc $i_6 = 2 \text{ A}$, $i_5 = 1 \text{ A}$, $i_4 = 1 \text{ A}$, $i_3 = 0,5 \text{ A}$, $i_2 = 0,5 \text{ A}$, $i_1 = 0,5 \text{ A}$. $P = 24 \text{ W}$
- (a) $I = 4,6875 \text{ A}$, (b) $I_1 = 1,5625 \text{ A}$ et $I_4 = 0,9375 \text{ A}$

13.12 Révisions

- (a) 12 m (b) $v_x = 19,15 \text{ m/s}$ et $v_y = 4,8 \text{ m/s}$
- 254 m , $25,4 \text{ s}$ et $36,24 \text{ s}$, $v = 14 \text{ m/s}$
- $38,66^\circ$
- $\mu_s = 0,288$, $a = 0,328 \text{ m/s}^2$
- $T = 6,2 \cdot 10^3 \text{ N}$, $R_x = 620 \text{ N}$, $R_y = -13000 \text{ N}$, vers l'avant
- $x = r/2$; $F = \frac{16k}{5^{5/2}r^4}$
- à méditer !
- $m = 9,54 \text{ kg}$, $R_{vertical} = 53,51 \text{ N}$
- $a = 2,8 \text{ m/s}^2$

10. $v=7,6$ km/s
11. $5,46$ m/s
12. (a) $v=7$ m/s (b) $h=2,5$ m (c) $0,264$
13. $\rho_{liq}=1273$ kg/m³, $\rho_{fr}=44,6$ kg/m³
14. (a) $R=2,55 \cdot 10^8$ Pa s /m³ (b) $Q=3,9 \cdot 10^{-6}$ m³/s (c) $R_{eq}=1,28 \cdot 10^8$ Pa s /m³ (d) $1,4$ mm
15. $P=120820$ Pa
16. $v=9,8 \cdot 10^{-3}$ m/s
17. $\eta=2,0810^{-3}$ Pa s
18. (a) $v=4,43$ m/s (b) idem (c) augm h
19. (a) $E=2kQ/a^2$ vers le sommet sans charge, $V=6kQ/\sqrt{2}a$ (b) à une distance $x=a\sqrt{2}/3$ (c) sur la diag, côté opposé au sommet sans charge, à $x=a$
20. (a) 2 A (b) 1 A dans 8 , $0,67$ A dans 6 , $0,33$ A dans 12 (c) 6 V