Physique
Semestre de printemps 2025

Roger Sauser
Raphaël Butté
Guido Burmeister

https://moodle.epfl.ch/course/view.php?id=15842

Corrigé 1

Exercice 1

On détermine la masse volumique du bijou, $\rho_{\text{bijou}} = m_{\text{bijou}}/V_{\text{bijou}}$, et on compare cette dernière à la masse volumique de l'or.
Selon l'énoncé, le volume du bijou est

$$V_{\text{bijou}} = 2.3\,\text{cm}^3\,.$$

La masse volumique du bijou est donc

$$\rho_{\text{bijou}} = \frac{m_{\text{bijou}}}{V_{\text{bijou}}} \cong 1.11 \cdot 10^4\,\text{kg}\,\text{m}^{-3}\,.$$

Comme $\rho_{\text{bijou}} < \rho_{\text{Au}}$, le bijou n'est pas en or pur !

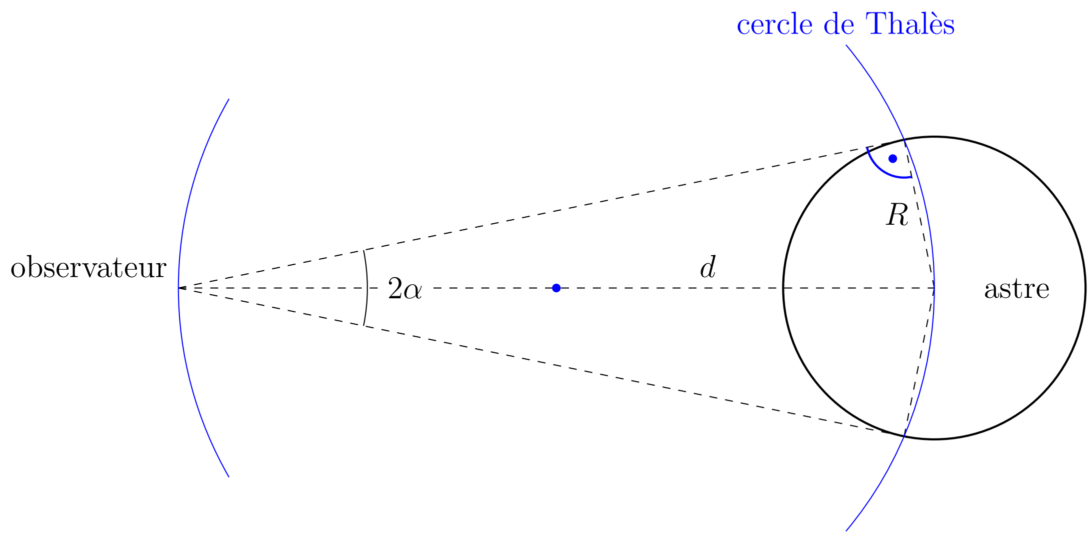
Exercice 2

On utilise la définition du litre, $1\,\ell = 1\,\text{dm}^3$ (à se rappeler), ainsi que celle des multiples et sous-multiples décimaux des unités internationales.
On obtient

- $1\,\text{m}^3 = (1\,\text{m})^3 = (10\,\text{dm})^3 = 10^3\,\text{dm}^3 = 10^3\,\ell$,
- $1\,\text{m}\ell = 10^{-3}\,\ell = 10^{-3}\,\text{dm}^3 = 10^{-3}\,(10^2\,\text{mm})^3 = 10^3\,\text{mm}^3$,
- $1\,\text{cm}^3 = 10^{-3}\,\text{dm}^3 = 10^{-3}\,\ell = 1\,\text{m}\ell$ (à se rappeler) ,
- $1\,\text{cm} = 10^{-5}\,\text{km}$,
- $1\,\text{g}\,\ell^{-1} = 10^{-3}\,\text{kg}\,(10^{-3}\,\text{m}^3)^{-1} = 1\,\text{kg}\,\text{m}^{-3}$ (à se rappeler) .

Exercice 3

Considérer un astre (lune ou soleil) et un observateur (sur terre) de l'astre.
Pour un disque apparent (partie visible d'une boule), le diamètre apparent est l'ouverture angulaire entre deux rayons extrêmes de visée : le plus bas et le plus haut (ou le plus à gauche et le plus à droite).
Dessin (important pour visualiser la situation !) :



Le diamètre apparent est donc

$$D_{\mathrm{app}} = 2\alpha = 2 \arcsin \frac{R}{d} \, .$$

- Pour le soleil,

$$D_{\mathrm{sol}} = 2 \arcsin \frac{6.95 \cdot 10^{8}\,\mathrm{m}}{1.50 \cdot 10^{11}\,\mathrm{m}} \simeq 0.53^{\circ} \, .$$

- Pour la lune,

$$D_{\mathrm{lune}} = 2 \arcsin \frac{1.74 \cdot 10^{6}\,\mathrm{m}}{3.84 \cdot 10^{8}\,\mathrm{m}} \simeq 0.52^{\circ} \, .$$

Remarque : la similitude des diamètres apparents est bien mise en évidence lors des éclipses de soleil.

Exercice 4

Considérer les définitions de la masse et du poids d'un objet
La masse mesure la quantité de matière de l'objet et est ainsi l'une de ses propriétés, indépendante du lieu où elle se trouve.
Le poids est la force de gravitation exercée sur l'objet par une autre masse. A la surface d'un astre, le poids d'une masse m s'écrit

$$\vec{F} = m\vec{g}$$

où $\vec{g}$ est le champ de gravitation dû à l'astre.

- Sur terre,

$$||\vec{g}_{\mathrm{T}}|| = g_{\mathrm{T}} \simeq 9.81\,\mathrm{m\,s^{-2}}$$

- Sur la lune,

$$||\vec{g}_{\mathrm{L}}|| = g_{\mathrm{L}} \simeq 1.6\,\mathrm{m\,s^{-2}}$$

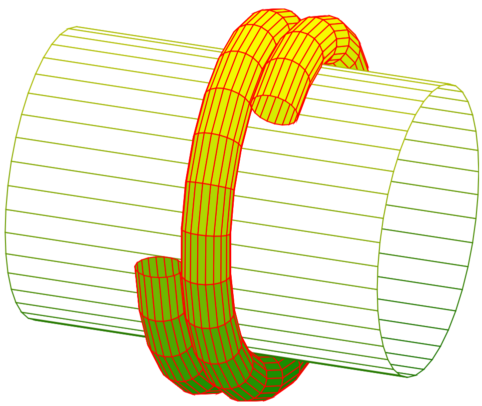
Sur la lune, un objet pèse donc environ 5 fois moins que sur terre.

Exercice 5

On utilise la connaissance du matériau dont est formé le câble.
La masse volumique d'un matériau homogène fait le lien entre les dimensions de l'objet et sa masse.
Masse du câble : $M = \rho V$.
Le câble étant cylindrique de rayon $r = 2.5\,\mathrm{cm}$ et de longueur $L = 250\,\mathrm{m}$,

$$M = \rho L \pi r^2 = 7.85 \cdot 10^{3}\mathrm{kg\,m^{-3}} \cdot 250\,\mathrm{m} \cdot \pi \cdot (2.5 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{m})^2 = 3.85 \cdot 10^{3}\,\mathrm{kg} \, .$$

Parmi les différentes manières d'enrouler un câble sur une bobine, celle-ci est la plus courante.



Une figure permet de visualiser la situation étudiée et de définir la nomenclature utilisée dans la résolution du problème. La faire est donc une première étape indispensable !
Plus le câble est long, plus le nombre de tours est important.
Le calcul du nombre de tours du câble sur la bobine diffère selon les hypothèses (simplificatrices) choisies !

(a) Admettons que l'épaisseur du câble est négligeable : à chaque tour il repasse « dans lui-même ».

On utilise le lien entre la longueur du câble et le nombre de tours dans l'enroulement :

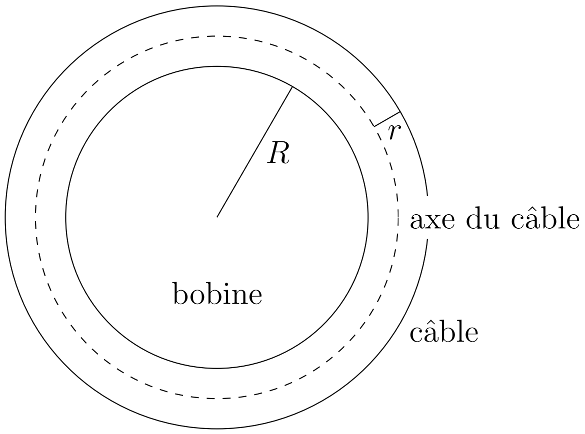
$$N_{\text{tours}} = \frac{\text{longueur}}{\text{longueur d'un tour}} = \frac{L}{2\pi R}\,,$$

R étant le rayon de la bobine. Alors

$$N_{\text{tours}} = \frac{250\,\text{m}}{2\pi \cdot 1\,\text{m}} = 39.79\,.$$

(b) Tenons compte de l'épaisseur du câble, mais négligeons l'enroulement en spirale : à chaque tour il repasse « dans lui-même » mais « consomme » plus de longueur à chaque tour.

En coupe :



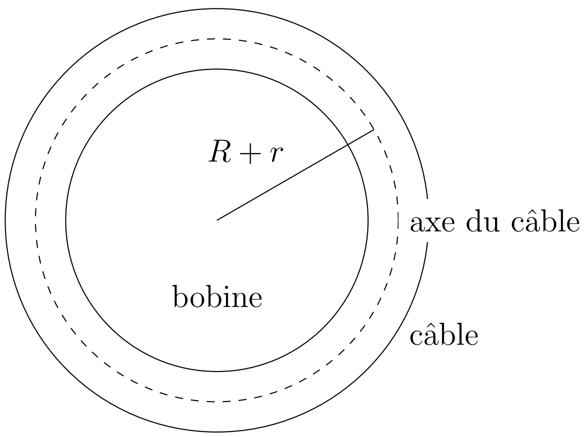
La partie en contact avec la bobine est en compression. La partie opposée est en élongation. Seul l'axe du câble conserve sa longueur.

Le câble s'enroule donc sur une bobine effective de rayon $R + r = 1.025\,\mathrm{m}$, soit de circonférence $6.44\,\mathrm{m}$.

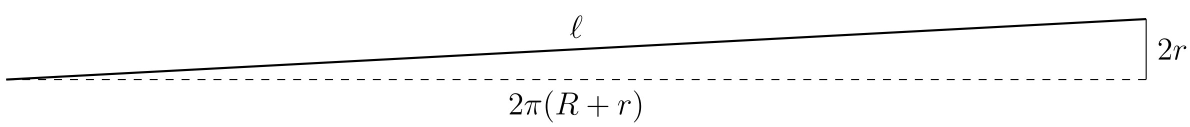
$$N_{\text{tours}} = \frac{L}{2\pi(R+r)} = \frac{250\,\mathrm{m}}{2\pi \cdot 1.025\,\mathrm{m}} = 38.82\,.$$

(c) Tenons encore compte de l'enroulement en spirale : pour chaque tour de bobine, on a un décalage d'un diamètre de câble. La longueur d'enroulement sur un tour est donc légèrement supérieure.

En coupe :



L'enroulement se fait en spirale : à chaque tour, le câble est décalé de $2r$.



La longueur d'enroulement sur un tour vaut donc (Pythagore)

$$\ell = \sqrt{[2\pi(R+r)]^2 + [2r]^2} = \sqrt{(6.44\,\mathrm{m})^2 + (0.05\,\mathrm{m})^2} = 6.44\,\mathrm{m}.$$

D'où

$$N_{\text{tours}} = 38.82\,.$$

Remarque : le décalage est négligeable à cette précision de deux décimales (la différence relative est de 0.003%).

Exercice 6

(a) Sachant que New York est une des villes les plus grandes du monde, la deuxième option pour le nombre d'habitants semble la plus probable. Selon les statistiques officielles, la population de la ville de New York comptait plus de 8 millions d'âmes en 2005. L'agglomération de NY a presque atteint les $30'000'000$ en 2005.

(b)-(f) Admettons qu'il y a 2 millions de familles (1/5 de la population) et que 20% de ces familles possèdent un piano, on estime leur nombre total à $400'000$.

(g) La fréquence d'accordage varie bien sûr : des pianos ne sont jamais accordés et d'autres le sont chaque mois. En moyenne, un accordage par piano par année semble raisonnable, soit un total de $400'000$ accordages de piano par année à NYC.

(h) Avec un agenda bien rempli, un accordeur pourrait servir environ quatre clients par jour, travaillant 200 jours par année. Chacun accorderait alors 800 pianos par année.

(i) En conclusion, une telle estimation permettrait de fournir du travail à 500 accordeurs de piano. Nous ne connaissons pas le vrai nombre d'accordeurs de piano travaillant à NY.

Les estimations se situent normalement dans la gamme de 20 à 2000 accordeurs. On conclut donc que l'estimation est correcte à un ordre de grandeur près, d'où l'utilité de l'approche de Fermi. Notez que les problèmes de Fermi n'ont jamais comme but de trouver la réponse exacte. Il n'est pas question de donner un résultat du type : “il y a 63 accordeurs de piano à New York”. Notez également que nous avons trouvé une réponse raisonnable à une question à laquelle il semble à première vue difficile de répondre.