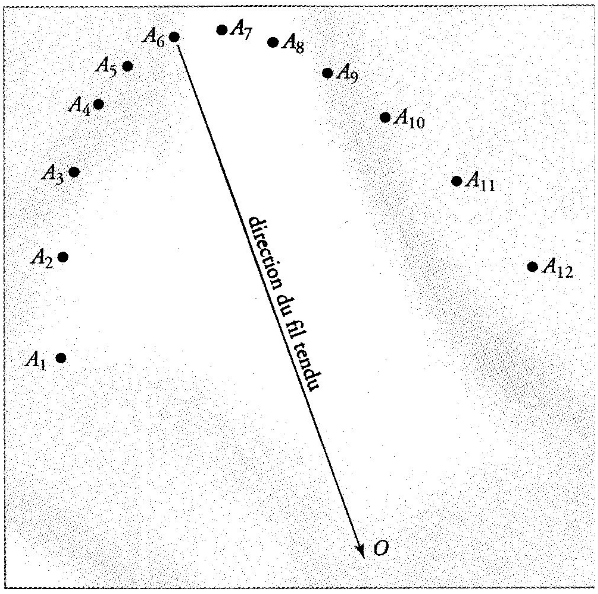
Chapitre 7. Mouvements et forces
Exercices

Exercice 1 : 2nd principe / Action d'un élastique sur un mobile

Un mobile attaché à un fil élastique dont l'autre extrémité est liée à un point fixe O, est lancé sur une table à coussin d'air horizontale.

Les positions du centre d'inertie G du mobile sont enregistrés à intervalles de temps consécutifs égaux à 50 ms. Sur l'enregistrement est reportée la direction du fil tendu lorsque le centre d'inertie G occupe la position A_6.

1. Calculer la valeur de la vitesse de G en A_5, puis en A_7, positions proches et encadrant la position A_6.
2. Représenter à l'échelle 1cm pour 5 $.10^{-2}$ $m.s^{-1}$ les vecteurs vitesses en A_5 et A_7.
3. Représenter le vecteur variation $\Delta \vec{v}_6 = \vec{v}_7 - \vec{v}_5$ du vecteur vitesse du centre d'inertie du mobile.
4. Comparer $\Delta \vec{v}_6$ à la résultante $\Sigma \vec{F}_{ext}$ des forces appliquées au mobile lorsque G se trouve en A_6. Le résultat de cette étude est-il conforme à la deuxième loi de Newton ?



Exercice 2 : Attraction gravitationnelle / Satellite Spot 4

Le poids d'un objet peut s'identifier à la force gravitationnelle exercée par la Terre sur ce corps.

1. Montrer que l'intensité de la pesanteur g au voisinage de la Terre est telle que $g = \frac{Gm_T}{d^2}$ avec d la distance de l'objet au centre de la Terre et m_T la masse de la Terre.
2. Calculer la valeur de g sur la surface de la Terre puis à une altitude de 830 km.

Le satellite Spot 4 décrit une trajectoire circulaire dont le centre coïncide avec le centre de la Terre à une altitude de 830 km. Sa masse est de 2800 kg.

3. Déterminer son poids sur la surface de la Terre puis en orbite.

Données : *masse de la Terre M_T = 5,98 x 10^{24} kg* *rayon de la Terre R_T = 6,38 x 10^3 km*

Exercice 3 : Attraction gravitationnelle / Et pourtant, elle tombe !

« Dans la douceur d'une soirée d'automne, Newton rêve sous un pommier de Woolsthorpe, en regardant la Lune. Soudain, une pomme tombe. Car tout ce qui est privé de support tombe sur la Terre.

Et la Lune ? Elle n'a pas de support : pourquoi ne tombe-t-elle pas ? En un éclair, Newton « voit » la réponse : elle tombe !… La Lune tombe vers la Terre. Sinon, elle continuerait tout droit, et disparaîtrait dans l'infini. Puisque sa trajectoire s'incurve vers la Terre, c'est qu'elle tombe, mais sa « vitesse de travers » est si grande que sa chute incurve juste assez sa course pour la maintenir à la même distance de la Terre. »

Extrait de Newton et la mécanique céleste, Jean-Pierre Maury, Gallimard 1990

1. Quelle serait la trajectoire de la Lune si elle n'était soumise à aucune force ? Justifier.
2. Comment peut-on affirmer que la Lune est soumise à une force ? Quelle est cette force ?
3. Donner l'expression littérale de cette force.
4. Représenter cette force sur un schéma figurant la Terre et la Lune.
5. Calculer la valeur de cette force.

6. Que signifie l'expression « vitesse de travers » ? Que pourrait-il se passer si cette vitesse de travers n'était pas aussi grande ?

<u>*Données :*</u> *masse de la Terre $m_T = 5{,}98 \times 10^{24}$ kg* *rayon de la Terre $r_T = 6{,}38 \times 10^{3}$ km*
masse de la Lune $m_L = 7{,}35 \times 10^{22}$ kg *rayon de la Lune $r_L = 1{,}74 \times 10^{3}$ km*
distance centre de la Terre – centre de la Lune $d = 3{,}80 \times 10^{5}$ km

<u>Exercice 4 ☆ : Trou noir</u>

A l'origine d'un trou noir, il y a une étoile ordinaire mais de masse importante, des dizaines de fois plus que le Soleil. Au terme de sa vie (qui ne dure que quelques centaines de millions d'années, comparées aux dix milliards d'années de notre Soleil), cette grosse étoile explose et éjecte ses couches périphériques de matière.
Le noyau résiduel a cependant une masse bien plus grande que celle du Soleil, et ce noyau subit de ce fait une extraordinaire contraction. Sa masse se comprime jusqu'à ce qu'elle finisse par atteindre un volume très faible et on obtient un trou noir d'où rien ne peut s'échapper, pas même la lumière, d'où le qualificatif de noir.
Le diamètre d'un trou noir est très petit et, évidemment, fonction de sa masse : il est de 3 km pour un trou noir de 10 fois la masse solaire.

1. Calculer la valeur de la force gravitationnelle exercée sur un objet de masse 1 kg qui serait située sur le bord du trou noir.
2. Comparer la valeur trouvée au poids de cet objet à la surface de la Terre.

<u>Donnée</u> : masse du Soleil $m_S = 2 \times 10^{30}$ kg

<u>Exercice 5 :</u> Bilan de forces / Construction des pyramides

Pour construire les pyramides, les Égyptiens ont sans doute utilisé la technique du plan incliné. Justifions ce procédé !
On prendra pour inclinaison du plan $\alpha = 10°$ et pour valeur de l'intensité de pesanteur $g = 10$ N. kg^{-1}.
Un bloc de pierre cubique de 1m de côté à une masse de 2500 kg.

1. Calculer son poids.
2. Combien d'hommes, exerçant chacun une force de 800 N seraient nécessaires pour le soulever. Est-ce possible ?

On envisage le bloc de pierre immobile sur le plan incliné. Des rouleaux de bois, intercalés entre le bloc de pierre et le sol incliné, rendent les frottements négligeables. Pour maintenir le bloc en équilibre, on exerce une force $\vec{F}$ suivant la ligne de plus grande pente.

3. Quelles sont les forces qui agissent sur lui ? Représenter ces différentes forces.

On considère un repère orthonormé dont l'axe $\vec{x}$ est orienté suivant la ligne de plus grande pente.

4. Exprimer les coordonnées de chacune des forces dans ce repère.
5. Quelle doit-être la valeur minimale de la force $\vec{F}$ pour que le bloc monte le long du plan incliné ?

Quel est le nombre d'hommes nécessaires pour cela ?

<u>Exercice 6 :</u> Bilan de forces / Skieuse nautique

Une skieuse nautique se déplace en ligne droite et à vitesse constante en conservant une posture invariable. La corde de traction fait un angle de 10° avec l'horizontale. La masse de la skieuse équipée vaut m = 60 kg.

1. Comment se nomme un tel mouvement ?
2. Quelles sont les forces extérieures qui agissent sur la skieuse ? La poussée d'Archimède intervient-elle ? Justifier.
3. Représenter les forces sur un schéma réduit au centre d'inertie de la skieuse vue de profil.
4. Au cours de ce mouvement, quelle relation existe-t-il entre les forces ?
5. En déduire les valeurs de chacune des forces si la force de frottement de l'eau vaut f = 100 N.

Exercice 7 : Bilan de forces / Enseigne suspendue

Une enseigne de 20 kg est suspendue au-dessus d'une rue. Elle est retenue par deux filins attachés en un même point O de l'enseigne et par ailleurs accrochés à des façades d'immeubles de part et d'autre de la rue. Chacun des filins fait un angle α = 60° avec la direction de la verticale.

1. Schématiser l'enseigne et les filins.
2. Effectuer un bilan des forces exercées sur l'enseigne (on notera $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ les forces exercées par les filins).
3. Exprimer littéralement les coordonnées de chacune des forces auxquelles est soumise l'enseigne, dans un repère orthonormé correctement choisi.
4. Appliquer le principe d'inertie à l'enseigne.
5. En projetant la relation précédente sur l'axe horizontal, que peut-on en déduire pour F_1 et F_2 ?
6. En projetant le principe d'inertie sur l'axe vertical, en déduire les valeurs de F_1 et F_2. Calculer cette valeur.

Plus la valeur de la force qu'un câble doit exercer sur ses points d'attache est grande, plus les risques de rupture du câble sont grands.

7. Pour quelle valeur de l'angle α les risques de rupture sont-ils minimaux ? maximaux ?

Exercice 8 : Poussée d'Archimède / Volume immergé d'un paquebot

Un paquebot de masse $6,25 .10^4$ tonnes est immobile, à quai.

1. Quelles sont les forces subies par le paquebot ?
2. Exprimer chacune de ces forces en fonction de la masse m du paquebot, du volume V de la partie immergée du paquebot et de la masse volumique μ de l'eau de mer.
3. Calculer le volume V de la partie immergée.

Donnée : densité de l'eau de mer d = 1,03

Exercice 9 ☆ : Poussée d'Archimède / Viscosité

On étudie le mouvement d'une bille de verre immergée dans de l'huile contenue dans une éprouvette. Les frottements ne sont pas négligeables : lorsque la bille descend, l'huile exerce une force de frottement fluide dont la valeur évolue selon l'expression f = 0,115 v (v étant la vitesse en $m.s^{-1}$ du centre d'inertie de la bille).

On l'immerge totalement et on l'abandonne sans vitesse initiale.

1. Déterminer les forces agissant sur la bille une fois qu'elle est lâchée.
2. Représenter ces forces.
3. A partir du calcul de la valeur de chacune des forces, montrer qu'initialement (à l'instant où la bille est lâchée), le mouvement est accéléré.
4. Par la suite, la bille va atteindre une vitesse limite si la profondeur de l'huile est suffisante : sa vitesse devient constante et atteint une valeur « limite ».
5. Que peut-on alors dire du mouvement de la bille ?
6. Exprimer la valeur de la vitesse limite atteinte par la bille. La calculer.

Données :	*masse volumique du verre*	$\mu_V = 2,6\ g.cm^{-3}$
	masse volumique de l'huile	$\mu_H = 0,97\ g.cm^{-3}$
	rayon de la bille	$r = 0,5\ cm$
	volume d'une sphère	$V = 4/3\ \pi\ r^3$
	pesanteur	$g = 9,8\ N.kg^{-1}$