

Nom et Prénom :

EXERCICE 1 : Missions sur la Lune (13,5 points)

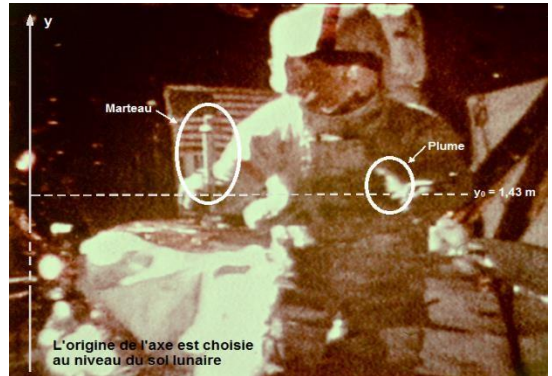
L'année 2019 a marqué le 50^e anniversaire de la mission Apollo 11. En effet, le 20 juillet 1969, l'Homme marche pour la première fois sur la Lune.

Le but de cet exercice est d'étudier différents aspects des missions Apollo 11 et 14 : la chute libre sur la Lune et le mouvement du vaisseau Apollo 11 autour de la Lune.

Partie A : Chute libre sur la Lune

Une expérience spectaculaire a été réalisée sur la Lune par l'astronaute David Scott en 1971. Scott a utilisé un marteau et une plume qu'il a lâchés simultanément d'une même hauteur avec une vitesse initiale nulle. Les deux objets ont touché le sol lunaire au même instant.

L'objet de cette partie est de déterminer la durée de la chute des objets.



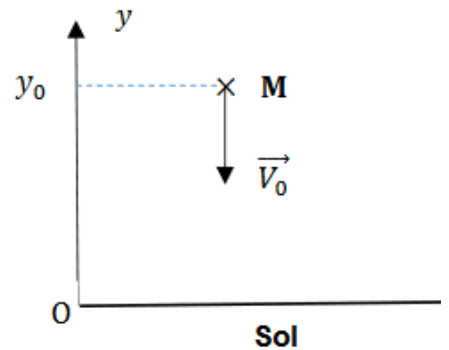
Données

- intensité de pesanteur terrestre : $g_T = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
- intensité de pesanteur lunaire : $g_L = 1,62 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Le mouvement du centre de masse du marteau noté M est étudié dans un référentiel lunaire supposé galiléen.

Il est vertical suivant l'axe (Oy). L'origine du repère est choisie au niveau du sol lunaire.

Le pointage des positions du marteau débute à un instant choisi comme origine des dates lorsque le marteau se trouve à 1,43 m du sol. Il a alors une vitesse \vec{V}_0 verticale, dirigée vers le bas.



1. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer la coordonnée a_y du vecteur accélération \vec{a} du centre de masse du marteau suivant l'axe Oy. 2
2. Déterminer l'expression littérale de l'équation horaire $y(t)$ de la position du centre de masse du marteau au cours du mouvement. 3

Le pointage des positions successives occupées par le marteau a permis de réaliser un graphe représentant ces positions, repérées par des points, en fonction du temps.

Le tableau utilisé permet de modéliser la courbe $y = f(t)$ représentant l'évolution temporelle des positions par une parabole d'équation : $y = A t^2 + B t + C$

Avec :

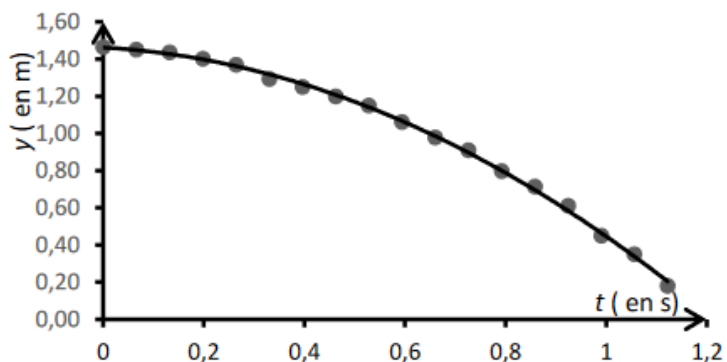
$A = -0,865 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

$B = -0,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

$C = 1,43 \text{ m}$

y en mètre

t en seconde



3. Montrer que la modélisation graphique est en accord avec l'équation horaire $y(t)$ de la question 2.

1

4. À l'aide de l'équation de la modélisation, déterminer le temps de chute du marteau sur la Lune.

1,5

La même expérience est reproduite sur Terre en considérant les frottements avec l'air négligeables.

5. Comparer le temps de chute du marteau sur la Terre à celui obtenu sur la Lune. Justifier sans calcul.

1

Partie B : Mouvement du vaisseau Apollo 11 autour de la Lune

En 1969, le vaisseau Apollo 11 se trouve au voisinage de la Lune à une altitude $h_L = 110$ km par rapport au sol lunaire. À cet instant, le module lunaire se détache du vaisseau emportant à son bord les deux astronautes Buzz Aldrin et Neil Armstrong vers le sol lunaire. Le troisième astronaute Michael Collins reste seul en orbite dans le vaisseau qui est animé d'un mouvement supposé circulaire uniforme dans le référentiel d'étude centré sur la Lune et supposé galiléen. Libéré de son module, le vaisseau possède alors une masse $m = 3,0 \times 10^4$ kg.

L'objet de cette partie est de déterminer la durée de la période de révolution T du vaisseau Apollo 11.

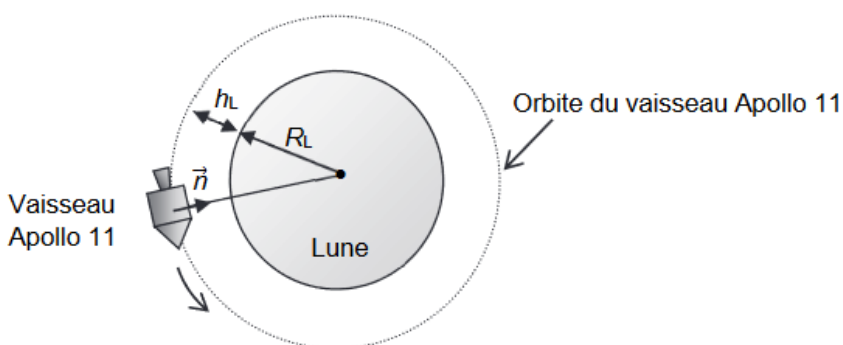


Figure 1. Vaisseau en orbite lunaire à une altitude h_L

Données

- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
- masse de la Lune : $M_L = 7,34 \times 10^{22} \text{ kg}$
- rayon de la Lune : $R_L = 1,73 \times 10^3 \text{ km}$
- altitude du vaisseau : $h_L = 110 \text{ km}$
- masse du vaisseau : $m = 3,0 \times 10^4 \text{ kg}$
- expression de la force gravitationnelle entre deux masses ponctuelles, notées m_1 et m_2 , et séparées d'une distance d : $F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$

On note \vec{n} un vecteur unitaire choisi dans la direction vaisseau – centre de la Lune et dans le sens du vaisseau Apollo 11 vers la Lune (cf. figure 1). On considère que le vaisseau n'est soumis qu'à l'attraction de la Lune.

6. Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle exercée par la Lune sur le vaisseau Apollo 11 en fonction des données et du vecteur unitaire \vec{n} .

1

7. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer l'expression du vecteur accélération \vec{a} du vaisseau Apollo 11 à l'altitude h_L dans le référentiel lunaire supposé galiléen.

1

8. Montrer que la norme de la vitesse v du vaisseau Apollo 11 à l'altitude h_L a pour expression :

1,5

$$v = \sqrt{\frac{G M_L}{R_L + h_L}}$$

9. Calculer la valeur de la période de révolution T du vaisseau Apollo 11.

1,5

EXERCICE 2 : L'encre et son effaceur (6,5 points)

L'encre bleue utilisée dans les stylos-plume contient, entre autres, du bleu d'aniline qui contribue à sa couleur. C'est cette couleur qui doit disparaître lors de l'utilisation d'un effaceur.

L'objectif de l'exercice est l'étude du bleu d'aniline et la détermination de sa masse dans une cartouche d'encre.

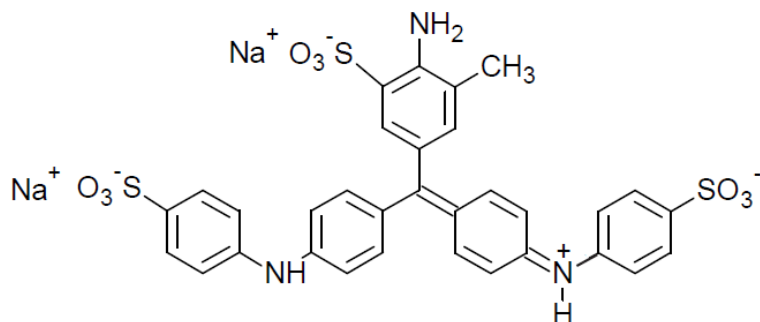


Figure 1. Formule topologique du bleu d'aniline dans l'eau, ($2 \text{ Na}^+(\text{aq})$; $\text{C}_{32}\text{H}_{25}\text{N}_3\text{O}_9\text{S}_3^{2-}(\text{aq})$)



Figure 2. Cercle chromatique

Pour simplifier, on note le bleu d'aniline ($2 \text{ Na}^+(\text{aq})$; $\text{Hbleu}^{2-}(\text{aq})$). On suppose que seuls les ions $\text{Hbleu}^{2-}(\text{aq})$ sont responsables de la couleur de l'encre.

Données :

- Masse molaire du bleu d'aniline : $737,7 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Extrait de table de spectroscopie infrarouge :

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Caractéristiques de la bande d'absorption
O – H alcool	3200 – 3700	large et intense
O – H acide carboxylique	2600 – 3200	large et intense à moyenne,
C = O	1650 – 1740	fine et intense
N – H	1560 - 1640	fine et intense
	3100 - 3500	large et moyenne

Pour caractériser la couleur du bleu d'aniline d'une cartouche d'encre, on vide intégralement une cartouche d'encre dans une fiole jaugée de 200,0 mL et on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On obtient la solution S_{encre} dont on réalise le spectre UV-visible (figure 3) et le spectre IR (figure 4).

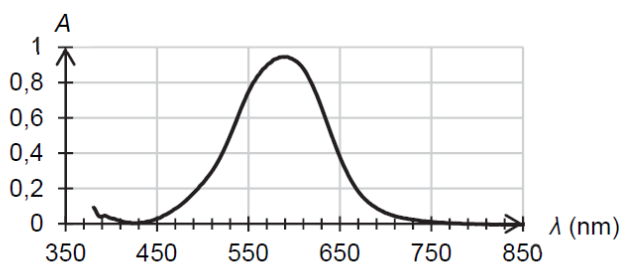


Figure 3. Spectre d'absorption de la solution d'encre S_{encre}

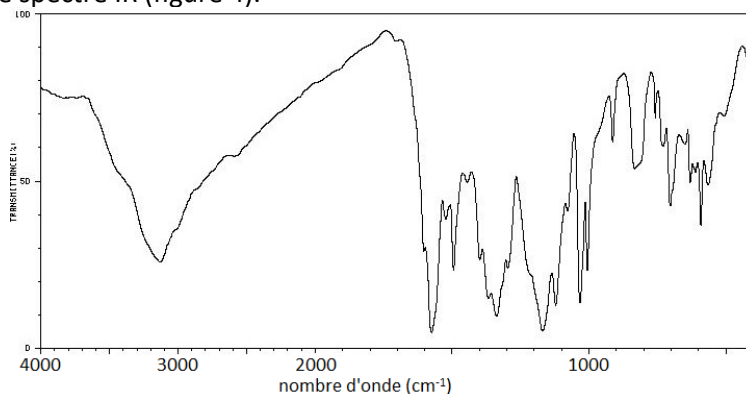


Figure 4. Spectre infrarouge de la solution d'encre S_{encre}

1. Attribuer les bandes caractéristiques du spectre infrarouge de la solution analysée aux liaisons du bleu d'aniline.
2. Justifier la couleur de la solution S_{encre} .

1

1

Pour déterminer la masse en bleu d'aniline dans la cartouche d'encre dans la solution S_{encre} , on réalise une solution mère S_0 à une concentration en bleu d'aniline de $c_0 = 6,78 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

À partir de la solution mère S_0 , on réalise plusieurs solutions filles :

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Volume prélevé de la solution mère V_0 (mL)	10,0	20,0	25,0	33,0	50,0
Volume de la solution fille V_f (mL)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Concentration en quantité de matière de la solution fille c_f ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	$6,78 \times 10^{-5}$...	$1,69 \times 10^{-4}$	$2,34 \times 10^{-4}$	$3,39 \times 10^{-4}$
Absorbance	0,322	0,584	0,882	1,195	1,489

3. Nommer la verrerie nécessaire pour réaliser la solution fille S_2 , en précisant les volumes.

1

4. Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière de la solution fille S_2 manquante dans le tableau de valeurs.

1

On représente l'absorbance des différentes solutions filles en fonction de la concentration en bleu d'aniline, mesurée à la longueur d'onde $\lambda = 590 \text{ nm}$ retenue pour l'étude.

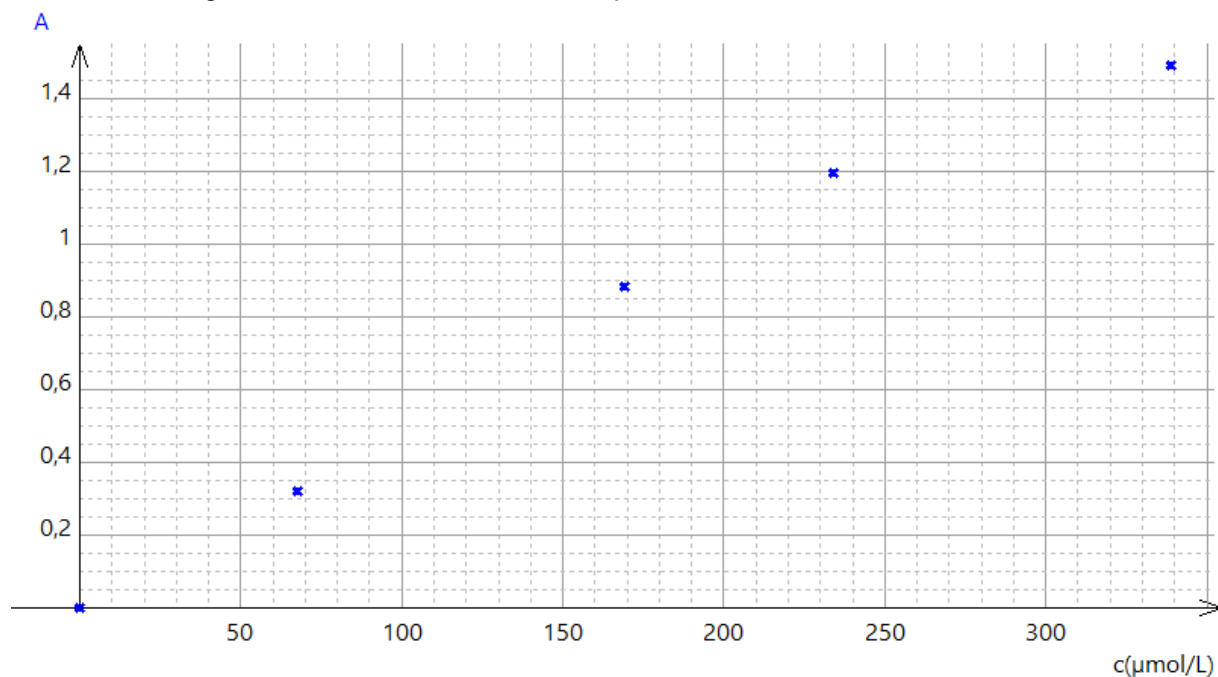


Figure 5. Courbe d'étalonnage : absorbance en fonction de la concentration en bleu d'aniline

À la longueur d'onde retenue pour l'étude, l'absorbance de la solution S_{encre} est égale à 0,95.

5. Déterminer la masse de bleu d'aniline contenue dans une cartouche d'encre.

2,5

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.