

EXERCICE A : MISE EN ORBITE D'UN SATELLITE ARTIFICIEL

1. L'ascension de la fusée Ariane

1.1. Système : fusée

Référentiel : terrestre

Bilan des forces :

- poids \vec{P}

- force de poussée \vec{F}

La fusée décolle si $\vec{P} + \vec{F}$ est orienté vers le haut et donc $F > P$ en norme.

1.2. 2^{ème} loi de Newton appliquée à la fusée : $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a}$

Soit : $\vec{P} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}$ et en projection sur Oy : $P_y + F_y = m \cdot a_y$

donc : $-P + F = m \cdot a$ et : $a = \frac{F}{m} - \frac{m \cdot g_0}{m} = \frac{F}{m} - g_0 = \text{cste}$

1.3.
$$a_1 = \frac{F}{m_1} - g_0 = \frac{2445 \cdot 10^3}{208 \cdot 10^3} - 9,8 = 2,0 \text{ m.s}^{-2}$$

1.4.

1.4.1. $m_2 = m_1 - m(\text{N}_2\text{O}_4) = 208 - 147,5 = 60,5 \text{ tonnes} = 60,5 \cdot 10^3 \text{ kg}$

$$a_2 = \frac{F}{m_2} - g_0 = \frac{2445 \cdot 10^3}{60,5 \cdot 10^3} - 9,8 = 31 \text{ m.s}^{-2}$$

1.4.2. L'accélération a augmenté en passant de $2,0 \text{ m.s}^{-2}$ au décollage à 31 m.s^{-2} juste avant l'arrêt des moteurs Viking V car la masse de la fusée a diminué. Le mouvement d'ascension de la fusée n'est pas uniformément accéléré.

1.5.

1.5.1. $\dim\left(\frac{\Delta t}{\Delta m} F\right) = \dim\left(\frac{\Delta t}{\Delta m} m \cdot a\right) = \frac{\text{s}}{\text{kg}} \cdot \text{kg} \cdot \text{m.s}^{-2} = \text{m.s}^{-1} = \dim(V_e)$

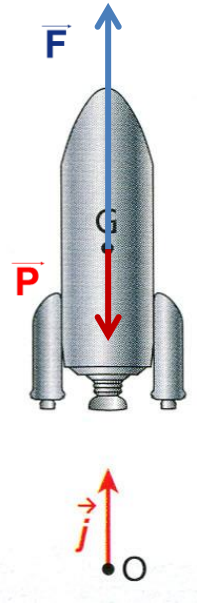
En $\Delta t = 145$ secondes la fusée subit une variation de masse $|\Delta m| = 147,5$ tonnes.

$$V_e = \left| \frac{\Delta t}{\Delta m} \right| \cdot F = \frac{145}{147,5 \cdot 10^3} \cdot 2445 \cdot 10^3 = 2,40 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1} = 2,40 \text{ km.s}^{-1}$$

1.5.2. $\Delta m = \text{masse finale} - \text{masse initiale} < 0$ car la masse de la fusée diminue en raison des gaz éjectés. Donc $\Delta t / \Delta m < 0$

Comme : $\vec{V}_e = \frac{\Delta t}{\Delta m} \vec{F}$ alors \vec{V}_e et \vec{F} ont des sens opposés : \vec{V}_e est orienté vers le bas car \vec{F} orienté vers le haut.

1.5.3. D'après la 3^{ème} loi de Newton, principe des actions réciproques : les moteurs exercent sur les gaz une force verticale vers le bas, alors les gaz exercent sur la fusée une force verticale vers le haut de même valeur.



2. Étude du satellite artificiel situé à basse altitude

2.1. Schéma \Rightarrow

2.2. D'après la deuxième loi de Kepler : les aires balayées par le segment ST pendant des durées égales sont égales. La trajectoire du satellite étant circulaire, pour que les aires balayées pendant des durées égales soient égales, sa vitesse est nécessairement constante.

Le mouvement du satellite est circulaire uniforme.

2.3. Pour un mouvement circulaire uniforme : $\vec{a} = \frac{v_s^2}{r} \vec{u}$

Le vecteur accélération est radial, centripète, et de norme égale à :

$$a = \frac{v_s^2}{r}$$

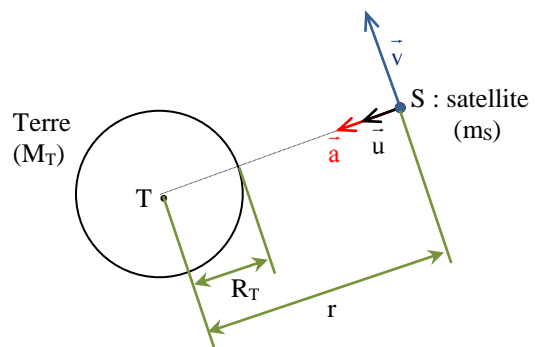
2.4.
$$\vec{F}_s = G \frac{m_s \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}$$

2.5. Système : satellite

Référentiel : géocentrique

Bilan des forces : \vec{F}_s

2^{ème} loi de Newton appliquée au satellite : $G \frac{m_s \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u} = m_s \cdot \vec{a}$ d'où : $\vec{a} = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}$



L'accélération d'un satellite ayant un mouvement circulaire uniforme de rayon r a pour expression : $a = \frac{v_s^2}{r} = \frac{v_s^2}{R_T + h}$

En égalisant les valeurs des deux expressions obtenues pour a : $\frac{G.M_T}{(R_T+h)^2} = \frac{v_s^2}{R_T+h}$ donc : $v_s = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T+h}}$

Durant une période, le satellite parcourt le périmètre de l'orbite à la vitesse : $v_s = \frac{2\pi(R_T+h)}{T_s} \Leftrightarrow T_s = \frac{2\pi(R_T+h)}{v_s}$

On a donc : $T_s = 2\pi(R_T+h) \sqrt{\frac{R_T+h}{G.M_T}} = 2\pi \sqrt{\frac{(R_T+h)^3}{G.M_T}}$

$$2.6. v_s = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T+h}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 5,98 \cdot 10^{24}}{6400 \cdot 10^3 + 200 \cdot 10^3}} = 7,77 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$$

$$T_s = \frac{2\pi(R_T+h)}{v_s} = \frac{2\pi(6400 \cdot 10^3 + 200 \cdot 10^3)}{7,77 \cdot 10^3} = 5334 \text{ s} = 1 \text{ h } 29 \text{ min}$$

$$2.7. \vec{F}_S = m_s \cdot \vec{g}(h) \Leftrightarrow G \frac{m_s \cdot M_T}{(R_T+h)^2} \vec{u} = m_s \cdot \vec{g}(h) \text{ d'où : } \vec{g}(h) = G \frac{M_T}{(R_T+h)^2} \vec{u} \text{ soit : } \boxed{g(h) = G \frac{M_T}{(R_T+h)^2}}$$

$$g(h) = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 5,98 \cdot 10^{24}}{(6400 \cdot 10^3 + 200 \cdot 10^3)^2} = 9,15 \text{ m.s}^{-2}$$

EXERCICE C : L'EFFET DOPPLER PEUT-IL PERTURBER UN DANSEUR ?

1. Détermination de la vitesse de Kilian

1.1. • La distance parcourue lors du saut est repérée par $G_i G_f$ sur le plan de la scène.

$G_i G_f \leftrightarrow 1,85 \text{ cm}$ or le document est à l'échelle 1/120^{ème} donc : $G_i G_f = 1,85 \times 120 = 222 \text{ cm} = \underline{2,22 \text{ m}}$

• La trajectoire nous donne une valeur de 2,15m.

On peut donc retenir une distance horizontale parcourue par Kilian lors du grand "jeté" : $d = \underline{2,19 \text{ m}}$

1.2. La vitesse horizontale moyenne est alors égale à : $v = \frac{G_i G_f}{\Delta t} = \frac{2,19}{0,710} = \underline{3,08 \text{ m.s}^{-1}}$

2. Fréquence du son perçu par Kilian

2.1. Une onde sonore est une onde mécanique longitudinale de compression-dilatation de l'air. Lors du passage de la perturbation, chaque point du milieu vibre dans une direction parallèle à la direction de propagation de l'onde : il s'agit bien d'une onde longitudinale.

2.2. Le piano émet des La3 dont la fréquence est égale à 440Hz d'après le tableau des fréquences de quelques notes.

2.3. La fréquence du son perçue par Kilian est différente de 440Hz en raison de l'effet Doppler : Kilian est en mouvement par rapport à la source (le piano). Il s'éloigne du piano donc le son perçu par le danseur sera plus grave donc de fréquence plus basse.

$$f_R = f_E \frac{v_{\text{son}}}{v_{\text{son}} + v_R} = 440 \times \frac{340}{340 + 3,08} = \underline{436 \text{ Hz}}$$

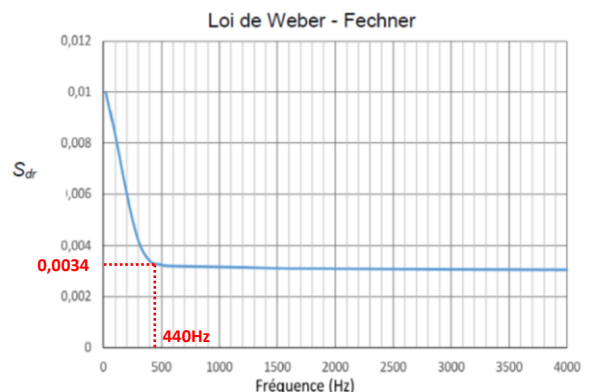
2.4. Calculons la variation relative de fréquence :

$\Delta f / f = 4 / 440 = 9 \cdot 10^{-3} > S_{\text{dr}} = 1 / 1000 = 10^{-3}$ qui est le seuil différentiel relatif pour une oreille entraînée.

Kilian pourra donc percevoir la différence de hauteur.

2.5. À 440Hz, le graphe de la loi de Weber-Fechner donne un seuil égal à : $S_{\text{dr}} = \underline{3,4 \cdot 10^{-3}}$.

La variation relative de fréquence étant égale à $9 \cdot 10^{-3}$, le seuil est à nouveau dépassé : même un autre danseur ayant une oreille peu entraînée aurait perçu cette différence de fréquence.



3. Discussion entre Alice et Kilian

Alice, la pianiste, est immobile par rapport à l'émetteur, le piano. L'émetteur et le récepteur ne sont pas en mouvement relatif : l'effet Doppler ne se manifeste pas.

Kilian n'est pas immobile par rapport à l'émetteur, le piano. L'émetteur et le récepteur sont pas en mouvement relatif, Kilian s'éloigne du piano : l'effet Doppler se manifeste. Le son perçu par Kilian en mouvement est plus grave et son oreille entraînée le perçoit ce qui explique le désaccord entre les deux artistes.

EXERCICE B : ANALYSE SPECTRALE

1. Dosage d'un antiseptique

1.1. Par lecture graphique : $\epsilon_{350} = 1030 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} = \underline{1,0 \cdot 10^3 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}}$

1.2. Loi de Beer-Lambert : $A_{350} = \epsilon_{350} \times \ell \times c = 1,0 \cdot 10^3 \times 1,0 \times 0,04 = 40 = \underline{4 \cdot 10^1}$

1.3. • Par lecture graphique : $\epsilon_{500} = 250 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} = \underline{2,5 \cdot 10^2 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}}$

Pour une solution diluée 10 fois, la concentration c' sera voisine de : $c' = c/10 = \underline{0,004 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$

Soit une absorbance égale à : $A_{500}' = \epsilon_{500} \times \ell \times c' = 2,5 \cdot 10^2 \times 1,0 \times 0,004 = \underline{1} < 2$

La solution diluée aura une absorbance inférieure à 2 à cette longueur d'onde de 500nm : le spectrophotomètre ne saturera pas.

• Cela n'aurait pas été le cas en faisant la mesure à 350nm.

En effet : $A_{350}' = \epsilon_{350} \times \ell \times c' = 1,0 \cdot 10^3 \times 1,0 \times 0,004 = 4 > 2$

1.4. La courbe $A = f([I_2])$ du document 3 est une droite passant par l'origine.

Cette courbe traduit la proportionnalité entre A et $[I_2]$ de la loi de Beer-Lambert : $A = k \cdot [I_2] = \epsilon_{500} \times \ell \times [I_2]$

$$\epsilon_{500} = \frac{A}{\ell \cdot [I_2]} = \frac{2,5}{1,0 \times 10^{-3}} = \underline{2,5 \cdot 10^2 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}} \quad \text{en utilisant le point de coordonnées : } [I_2] = 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \quad \text{et } A = 2,5$$

1.5. $A' = \epsilon_{500} \times \ell \times C'$ soit : $C' = \frac{A'}{\epsilon_{500} \times \ell} = \frac{1,00}{2,5 \cdot 10^2 \times 1,0} = \underline{4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$

1.6. La solution ayant été diluée 10 fois : $C_L = 10 \times C' = \underline{4,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$

2. Attribution d'un spectre IR à une molécule

2.1. abscisses : nombre d'onde σ

ordonnées : transmittance T

2.2. Tableau :

formule semi-développée	famille(s)	nom
<chem>CH3-CH2-CH=CH2</chem>	alcène	but-1-ène
<chem>CH3-CH2-CH2-CH2-OH</chem>	alcool	butan-1-ol
<chem>CH2=CH-CH2-CH2-OH</chem>	alcène et alcool	but-3-èn-1-ol
<chem>CH3-CH2-CH2-CO2H</chem>	acide carboxylique	acide butanoïque

2.3. Le spectre du document 6 est celui d'un alcool :

O-H_{lié alcool} : $3200-3450 \text{ cm}^{-1}$ forte et large

mais ne présente pas de bandes C=C ou C_{ène}-H.

La molécule est donc le butan-1-ol.

2.4. Seule la bande O-H_{lié alcool} est présente révélant la présence de liaisons hydrogène : le spectre a été obtenu en phase condensée.

En phase gazeuse, seule la bande O-H_{libre} serait visible sur le spectre à des nombres d'onde plus élevés : $3600-3700 \text{ cm}^{-1}$

2.5. Le butan-2-ol et le butan-1-ol possèdent le même et unique groupe fonctionnel et vont donc présenter des spectres IR similaires avec les mêmes bandes d'absorption : bande O-H + bande C-H habituelle.

Les deux molécules ne pourront donc pas être distinguées avec cette spectroscopie.


Remarque : la zone dite "des empreintes digitales" ($\sigma < 1500 \text{ cm}^{-1}$) sera néanmoins différente mais celle-ci est difficilement exploitable.

Les spectres RMN du proton de ces deux molécules seront distincts car la position de groupe hydroxyle n'étant pas la même, des différences sont prévisibles au niveau de la courbe d'intégration, des déplacements chimiques et des multiplicités des différents groupes de protons équivalents.

3. Esters et odeur fruitée

3.1. Il s'agit de l'acide méthanoïque.

3.2. Formules semi-développée et topologique de l'éthanoate de méthyle :

semi-développée	topologique
<chem>CC(=O)OC</chem>	

3.3. Les deux molécules possèdent le même et unique groupe fonctionnel : le groupe ester.

Les spectres IR de ces deux molécules vont donc être identiques :

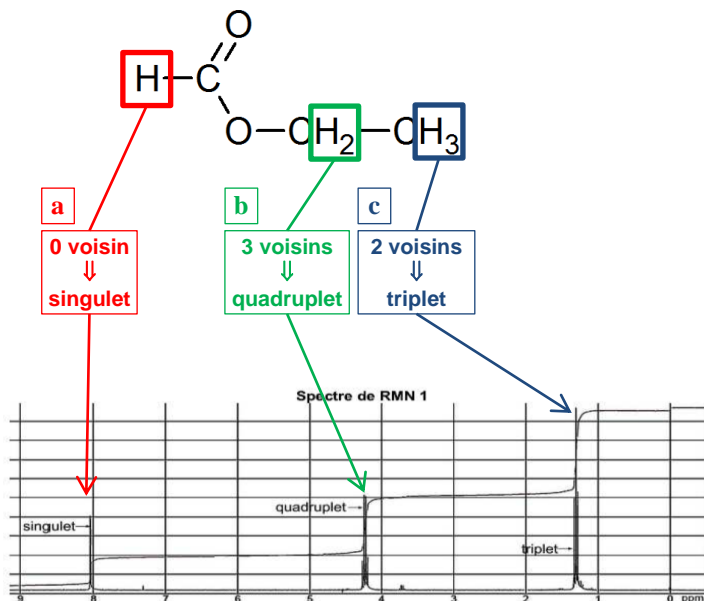
C=O_{ester} : $1730-1750 \text{ cm}^{-1}$

C-O_{ester} : $1050-1300 \text{ cm}^{-1}$

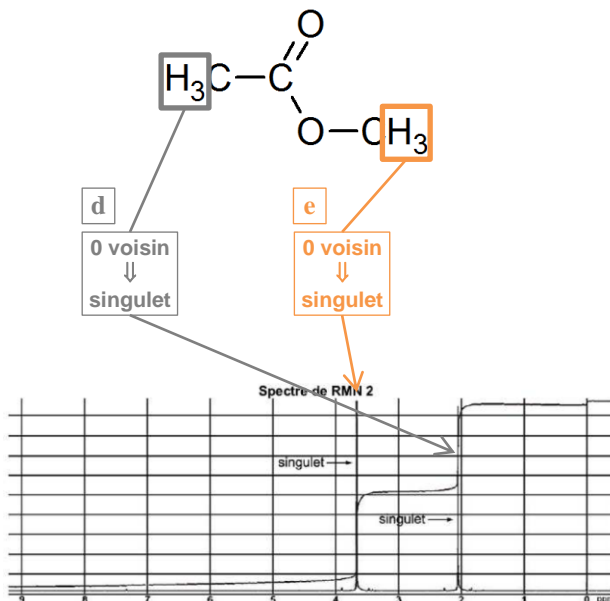
+ bande C-H habituelle.

3.4.

méthanoate d'éthyle → RMN 1



éthanoate de méthyle → RMN 2



① **Nombre de signaux :**

Le nombre de signaux d'un spectre RMN est égal au nombre de groupes de protons équivalents de la molécule.

Le méthanoate de méthyle possède 3 groupes de protons équivalents : son spectre RMN possède donc 3 signaux ce qui permet de le relier au spectre RMN 1.

L'éthanoate de méthyle possède 2 groupes de protons équivalent en accord avec les deux signaux du spectre RMN 2.

② **Multiplicité :**

Règle des (n+1)-uplets : un groupe de protons équivalents possédant n voisins donne un signal possédant (n+1) pics.

L'analyse ci-dessus est en accord avec les multiplicités des signaux des deux spectres.

③ **Déplacements chimiques :**

$\delta(\text{groupe a}) = 8,0\text{ppm}$ (singlet du spectre RMN 1) en accord avec la table ($8-8,5\text{ppm} \leftrightarrow \text{H-COO-R}$).

$\delta(\text{groupe b}) = 4,2\text{ppm}$ (quadruplet du spectre RMN 1) cohérent avec la table ($3-4,1\text{ppm} \leftrightarrow \text{-CH}_2\text{-O-}$).

$\delta(\text{groupe e}) = 3,7\text{ppm}$ (singlet déblindé du spectre RMN 2) en accord avec la table ($3,7\text{ppm} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{-O-}$).

④ **Courbe d'intégrations :**

La hauteur de chaque saut vertical de la courbe d'intégration (hauteur entre deux paliers) est proportionnelle au nombre de protons équivalents responsable du signal correspondant.

Spectre RMN 1 :

Le saut correspondant au singlet du groupe a intègre pour 1H : il mesure 8mm.

Le saut est deux fois plus grand (16mm) pour le groupe b car celui-ci comporte 2H.

Le saut est trois fois plus grand (24mm) pour le groupe c car celui-ci comporte 3H.

Spectre RMN 2 :

Les deux sauts ont la même hauteur (24mm) car les deux groupes d et e possèdent le même nombre de protons : 3H.

3.5. Le méthanoate de butyle possède 5 groupes de protons équivalents : son spectre comportera 5 signaux.

méthanoate de butyle

pour info : spectre RMN de cet ester

