

LYCÉE MAINE DE BIRAN
BACCALAURÉAT BLANC

14 FÉVRIER 2017

PHYSIQUE - CHIMIE

SÉRIE S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30

COEFFICIENT : 8

Spécialité

L'usage des calculatrices est autorisé.
Le sujet comporte 9 pages numérotées de 1 à 9.

Les trois exercices sont indépendants les uns des autres :

Exercice A : Mise en orbite d'un satellite artificiel par la fusée Ariane (6 points)

Exercice B : Analyse spectrale (9 points)

Exercice C : Le capodastre (5 points)

EXERCICE A : Mise en orbite d'un satellite artificiel par la fusée Ariane

Document : le lanceur Ariane

Le premier lanceur Ariane est une fusée à trois étages dont la hauteur totale est de 47,4 m et qui pèse, avec sa charge utile (satellite), 208 tonnes au décollage.

Le premier étage qui fonctionne pendant 145 secondes est équipé de 4 moteurs Viking V alimentés par du peroxyde d'azote N_2O_4 (masse de peroxyde emportée : 147,5 tonnes).

L'intensité de la force de poussée totale \vec{F} de ces 4 réacteurs est constante pendant leur fonctionnement: elle vaut $F = 2445$ kN.

Ce lanceur peut mettre en orbite circulaire basse de 200 km d'altitude un satellite de 4850 kg ; il peut également placer sur une orbite géostationnaire un satellite de 965 kg ; il peut aussi être utilisé pour placer en orbite héliosynchrone des satellites très utiles pour des applications météorologiques.

D'après Encyclopedia Universalis



1. L'ascension de la fusée Ariane (3 points)

- Le champ de pesanteur \vec{g} est supposé uniforme : son intensité est $g_0 = 9,8$ m.s⁻².
- On choisit un axe Oz vertical dirigé vers le haut.
- On étudie le mouvement de la fusée dans le référentiel terrestre qu'on suppose galiléen.

1. Représenter clairement, sur un schéma, en les nommant, les deux forces qui agissent sur la fusée Ariane lorsqu'elle s'élève verticalement. On néglige les frottements et la poussée d'Archimède dans l'air.
2. À un instant quelconque t , la masse de la fusée est m . En appliquant une loi de Newton que l'on citera, montrer que l'accélération a pour expression littérale : $a = \frac{F}{m} - g_0$.
3. On considère d'abord la situation au décollage. La masse de la fusée vaut alors m_1 . Calculer la valeur numérique de l'accélération a_1 à cet instant.
4. On envisage la situation qui est celle immédiatement **avant que tout le peroxyde d'azote ne soit consommé**. La masse de la fusée vaut alors m_2 .
 - a. Calculer la valeur numérique de m_2 puis celle de l'accélération a_2 à cet instant.
 - b. Le mouvement d'ascension de la fusée est-il uniformément accéléré ?
5. La vitesse d'éjection \vec{V}_e des gaz issus de la combustion du peroxyde d'azote est donnée par la relation :

$$\vec{V}_e = \frac{\Delta t}{\Delta m} \times \vec{F}$$

où $\frac{\Delta t}{\Delta m}$ est l'inverse de la variation de masse de la fusée par unité de temps et caractérise la consommation des moteurs.

- a. Vérifier l'unité de V_e par analyse dimensionnelle. Calculer la valeur numérique de V_e .
- b. Quel est le signe de $\frac{\Delta t}{\Delta m}$? En déduire le sens de \vec{V}_e .
- c. A l'aide d'une loi connue qu'on énoncera, expliquer pourquoi l'éjection des gaz propulse la fusée vers le haut.

2. Étude du satellite artificiel situé à basse altitude (3 points)

On s'intéresse au mouvement d'un satellite artificiel S situé à une altitude h , de masse m_S , en orbite circulaire de rayon r autour de la Terre de masse M_T , de rayon R_T et de centre O.

On suppose que la Terre est une sphère et qu'elle présente une répartition de masse à symétrie sphérique et que le satellite peut être assimilé à un point.

On appelle \vec{F}_S la force qu'exerce la Terre sur le satellite.

Données

- $g_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$; $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.
- Altitude : $h = 200 \text{ km}$.
- Masse de la Terre, supposée ponctuelle : $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$.
- Rayon terrestre : $R_T = 6400 \text{ km}$.

1. Faire un schéma où sont représentés : la Terre, le satellite S, \vec{F}_S , r , R_T et un vecteur unitaire \vec{u} orienté du satellite S vers la Terre.
2. En considérant que l'orbite de ce satellite est circulaire, montrer que son mouvement est uniforme.
3. En déduire les caractéristiques du vecteur accélération \vec{a} du satellite.
4. Donner l'expression littérale de \vec{F}_S en fonction des données du problème.
5. Appliquer la deuxième loi de Newton au satellite en orbite circulaire pour en déduire l'expression de la vitesse v_S du satellite en fonction de G , M_T , R_T et h puis celle de sa période de révolution T_S .
6. Calculer v_S et T_S .
7. On pose $\vec{F}_S = m_S \times \overline{g(h)}$. On note $g(h)$ l'intensité du champ de pesanteur $\overline{g(h)}$ à l'altitude h où se trouve le satellite : $g(h) = \|\overline{g(h)}\|$. Exprimer $g(h)$ en fonction de G , M_T , R_T et h puis calculer sa valeur à l'altitude du satellite.

EXERCICE B : Analyse spectrale

Les 3 parties de cet exercice sont indépendantes.

Les données spectroscopiques figurent en fin d'exercice.

1. Dosage d'un antiseptique (3 points)

► Document 1 : La loi de Beer-Lambert

Soit une radiation monochromatique de longueur d'onde fixe traversant un échantillon d'épaisseur ℓ , l'absorbance vérifie la loi de Beer-Lambert soit :

$$A = \varepsilon \cdot \ell \cdot C$$

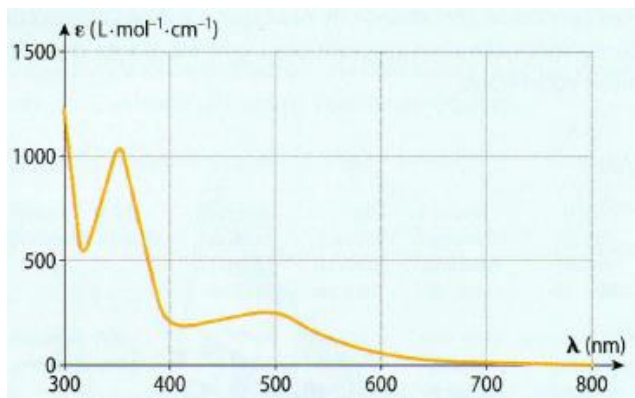
Avec : A l'absorbance (sans unité) ; ε le coefficient d'absorption molaire en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$; ℓ : la largeur de la cuve en cm et C la concentration de la solution en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

► Document 2 : La solution de Lugol

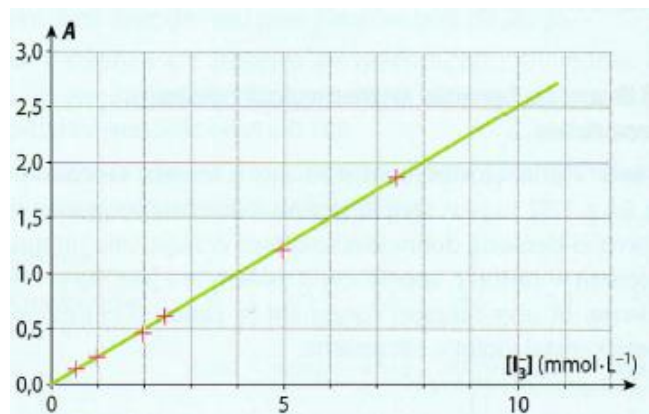
La solution de Lugol est un antiseptique proposé par le médecin français Jean Guillaume Auguste Lugol au XIX^{ème} siècle. C'est une solution aqueuse de diiode I_2 et d'iodure de potassium ($\text{K}^+ + \text{I}^-$). En présence d'un excès d'ions iodure I^- , le diiode réagit pour donner l'ion triiodure I_3^- selon la réaction $\text{I}_2 + \text{I}^- \rightarrow \text{I}_3^-$. Cette solution antiseptique est donc une solution d'ion triiodure dont la concentration molaire voisine de $C = 0,04 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

► Document 3 : Spectre UV-visible de l'ion triiodure (I_3^-) en solution aqueuse.

ε est le coefficient d'absorption molaire de l'espèce.



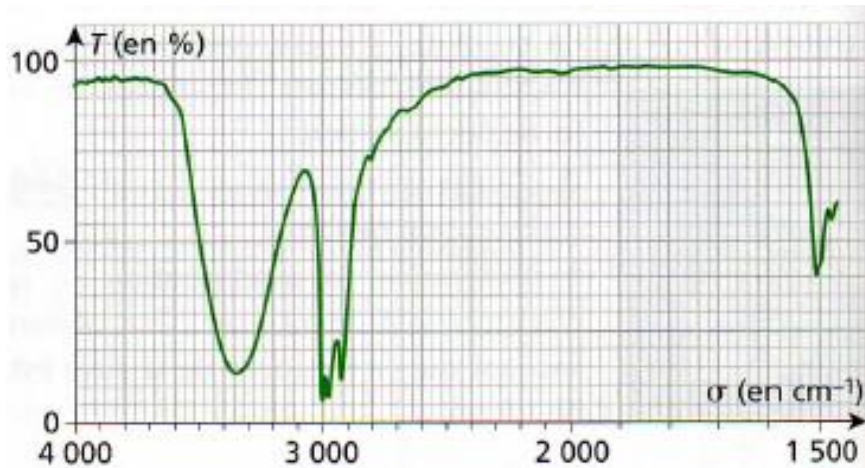
► Document 4 : Courbe d'étalonnage pour le dosage de l'ion triiodure (I_3^-) à une longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$ et avec une cuve d'épaisseur $\ell = 1,0 \text{ cm}$.



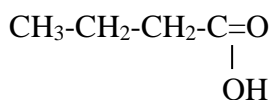
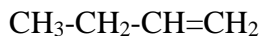
- 1.1. Quel est l'ordre de grandeur du coefficient d'absorption molaire ε_{350} de l'ion I_3^- à $\lambda = 350 \text{ nm}$?
- 1.2. À partir de cette valeur, calculer l'absorbance théorique A_{350} d'une solution de Lugol à 350 nm, dans une cuve d'épaisseur $\ell = 1,0 \text{ cm}$.
- 1.3. L'absorbance maximale mesurable est égale à 2.
Justifier que le dosage du Lugol soit effectué pour $\lambda = 500 \text{ nm}$, après dilution d'un facteur 10.
- 1.4. Déterminer, en exploitant le document 4, le coefficient d'absorption molaire ε_{500} de l'ion I_3^- à 500 nm.
- 1.5. La solution diluée au dixième possède une absorbance $A' = 1,00$. Que vaut sa concentration C' ?
- 1.6. Déterminer la concentration de la solution de Lugol C_L .

2. Attribution d'un spectre IR à une molécule (3 points)

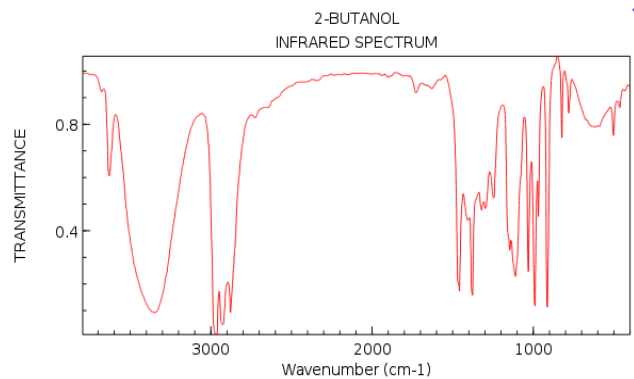
► Document 5 : Spectre IR de la molécule recherchée



► Document 6 : Formule semi-développée de 4 molécules



► Document 7 : Spectre IR du butan-2-ol



- 2.1. Quel est le nom de chaque grandeur physique portée en abscisse et en ordonnée sur le spectre du document 5 ?
- 2.2. Pour chacune des quatre molécules du document 6, construire un tableau réunissant les informations suivantes :
 - le nom de la molécule.
 - la ou les famille(s) à laquelle (auxquelles) elle appartient.
- 2.3. Relier le spectre IR du document 5 à l'une des quatre molécules du document 6 et donner le nom de la molécule ayant généré ce spectre. Justifier avec deux arguments.
- 2.4. Le spectre IR du document 5 est-il obtenu en phase gazeuse ou en phase condensée ? Justifier.
- 2.5. La spectroscopie IR permet-elle de distinguer le butan-2-ol (document 7) et la molécule générant le spectre sur le document 5 ? Justifier alors de la nécessité d'une autre spectroscopie. Indiquer son nom.

3. Esters et odeur fruitée (3 points)

Les esters ont souvent une odeur agréable. On les trouve naturellement dans les fruits dont ils sont souvent responsables de l'arôme. La parfumerie et l'industrie alimentaire utilisent aussi les esters et les obtiennent par extraction ou par synthèse.

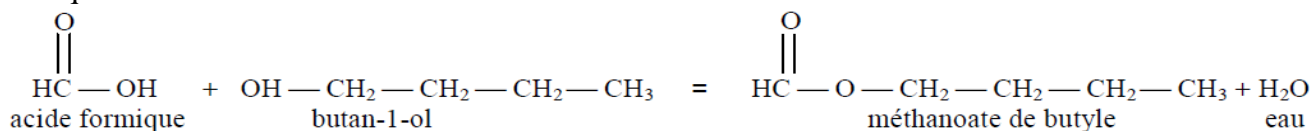
De tous temps, certains « nez » éduqués ont été capables de distinguer des odeurs très voisines et d'identifier ainsi des esters. De nos jours, les espèces organiques peuvent être identifiées par des méthodes spectroscopiques (infrarouge, résonance magnétique nucléaire, etc.).

► Document 8 : Odeurs générées par des esters

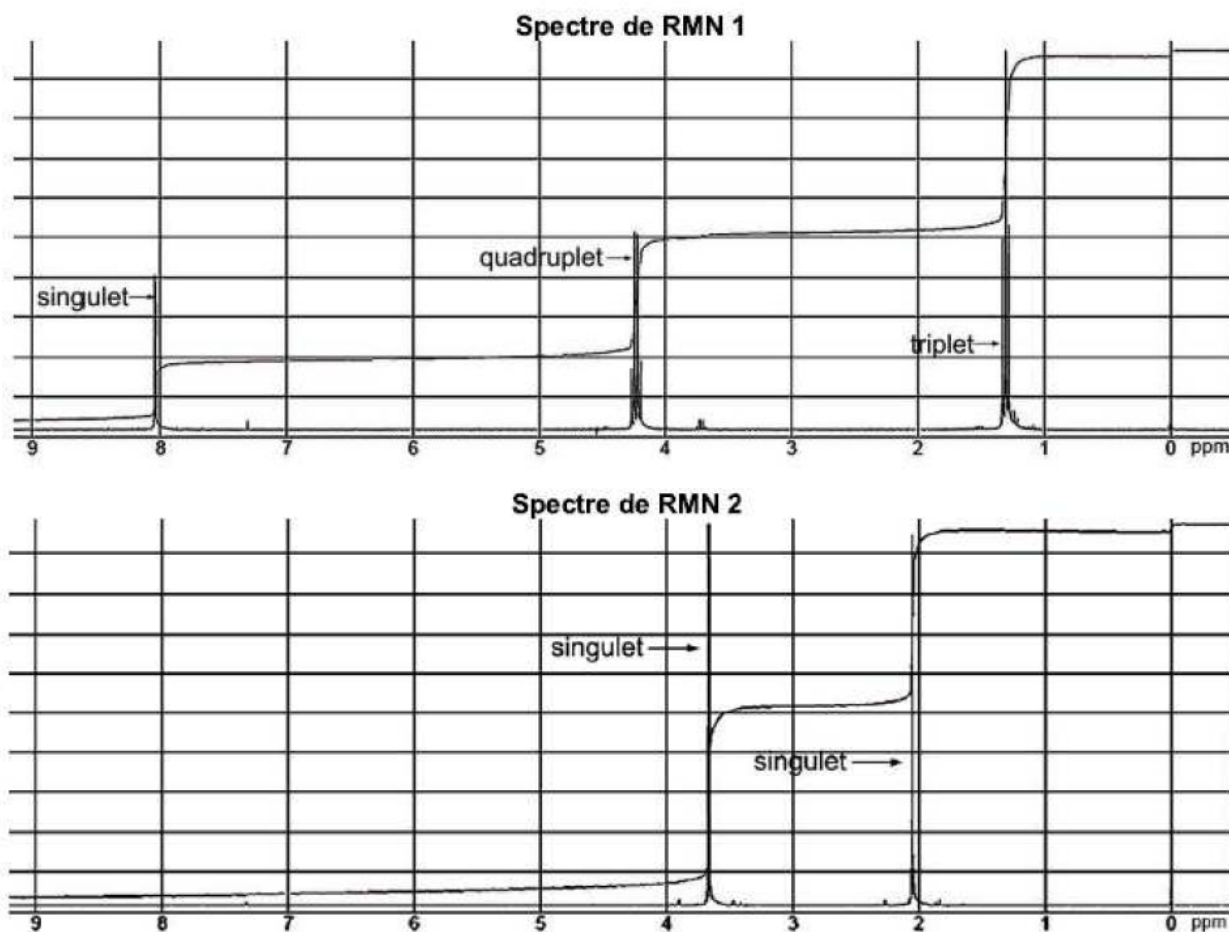
Ester	Odeur	Ester	Odeur
méthanoate d'éthyle	fruitée	éthanoate de butyle	pomme
méthanoate de butyle	fruitée	éthanoate d'octyle	orange
éthanoate de méthyle	fruitée	propanoate d'éthyle	fraise
éthanoate de propyle	poire	butanoate d'éthyle	ananas

► Document 9 : synthèse du méthanoate de butyle

Il est relativement aisé de passer d'un produit ayant une odeur âcre, comme l'acide formique, à l'odeur fruitée d'un ester. L'équation de la réaction de synthèse du méthanoate de butyle à partir de l'acide formique est :



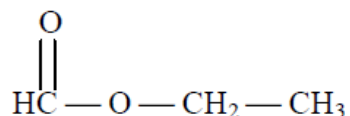
► Document 10 : spectres de RMN du proton de l'éthanoate de méthyle et du méthanoate d'éthyle



On se propose d'étudier les caractéristiques de la synthèse du méthanoate de butyle à partir de l'acide formique puis d'identifier des esters.

3.1. Quel est le nom en nomenclature officielle de l'acide formique ?

La distinction des esters par l'odeur peut être incertaine, en particulier dans le cas du méthanoate d'éthyle et de l'éthanoate de méthyle. La formule semi-développée du méthanoate d'éthyle est :



3.2. Indiquer les formules semi-développée et topologique de l'éthanoate de méthyle.

3.3. La spectroscopie IR permet-elle de distinguer l'éthanoate de méthyle du méthanoate d'éthyle ? Justifier.

3.4. Associer chacun des spectres du **document 10** à l'ester correspondant.

Justifier en termes de nombres de signaux, de multiplicité, de courbe d'intégration et de déplacement chimique.

3.5. Prévoir le nombre de signaux et la multiplicité de chaque groupe de protons équivalents pour le spectre RMN du méthanoate de butyle.

Données :

Table de données pour la spectroscopie IR.

famille	cétone	aldéhyde		acide carboxylique		ester		alcool		alcène	
	C = O	C _{tri} - H	C = O	O - H _{lié}	C = O	C = O	C - O	O - H _{lié}	O - H _{libre}	C _{ène} - H	C=C
nombres d'onde (cm ⁻¹)	1705	2700	1720	2500	1700	1730	1050	3200	3600	3000	1625
	- 1725	- 2900	- 1740	- 3200	- 1725	- 1750	- 1300	- 3450	- 3700	- 3100	- 1685
Intensité	Forte	Faible à moyenne	Forte	Forte et très large	Forte	Forte	Forte	Forte et large	Variable et fine	Moyenne à forte	Moyenne et fine

Table de données pour la spectroscopie RMN (valeurs de déplacements chimiques).

proton	CH ₃ -CH ₂ -	CH ₃ -CH ₂ -CO-R	CH ₃ -O-	-CH ₂ -O-	H-COO-R	-COOH	R-OH
déplacement chimique δ (ppm)	0,9 - 2	2,4	3,7	3 - 4,1	8 - 8,5	8,5 - 13	0,5 - 5,5

EXERCICE C : Le capodastre

Un capodastre est un accessoire que l'on fixe en travers du manche d'une guitare sur une case particulière. De composition très variable (élastique, ressort ou boulon), il raccourcit la longueur de toutes les cordes sans modifier leurs tensions, ce qui crée en fait un nouveau sillet. Toutes les cordes à vide jouent maintenant des tons de hauteur supérieure à ceux qu'elles produisent sans le capodastre.



*Photographie d'un capodastre
placé sur la 3^{ème} case du manche d'une guitare.*

La principale fonction du sillet est de maintenir les cordes au niveau de la tête de la guitare. Le sillet fixe ainsi la limite haute des cordes de la guitare, tout comme le chevalet sur la partie basse de l'instrument. Il joue ainsi le rôle de « frette zéro » et détermine donc le son des cordes à vide obtenu lorsqu'on fait vibrer une corde sans placer de doigt sur le manche.

Dans cet exercice, on s'intéresse au rôle du capodastre utilisé par les guitaristes.

Question préalable :

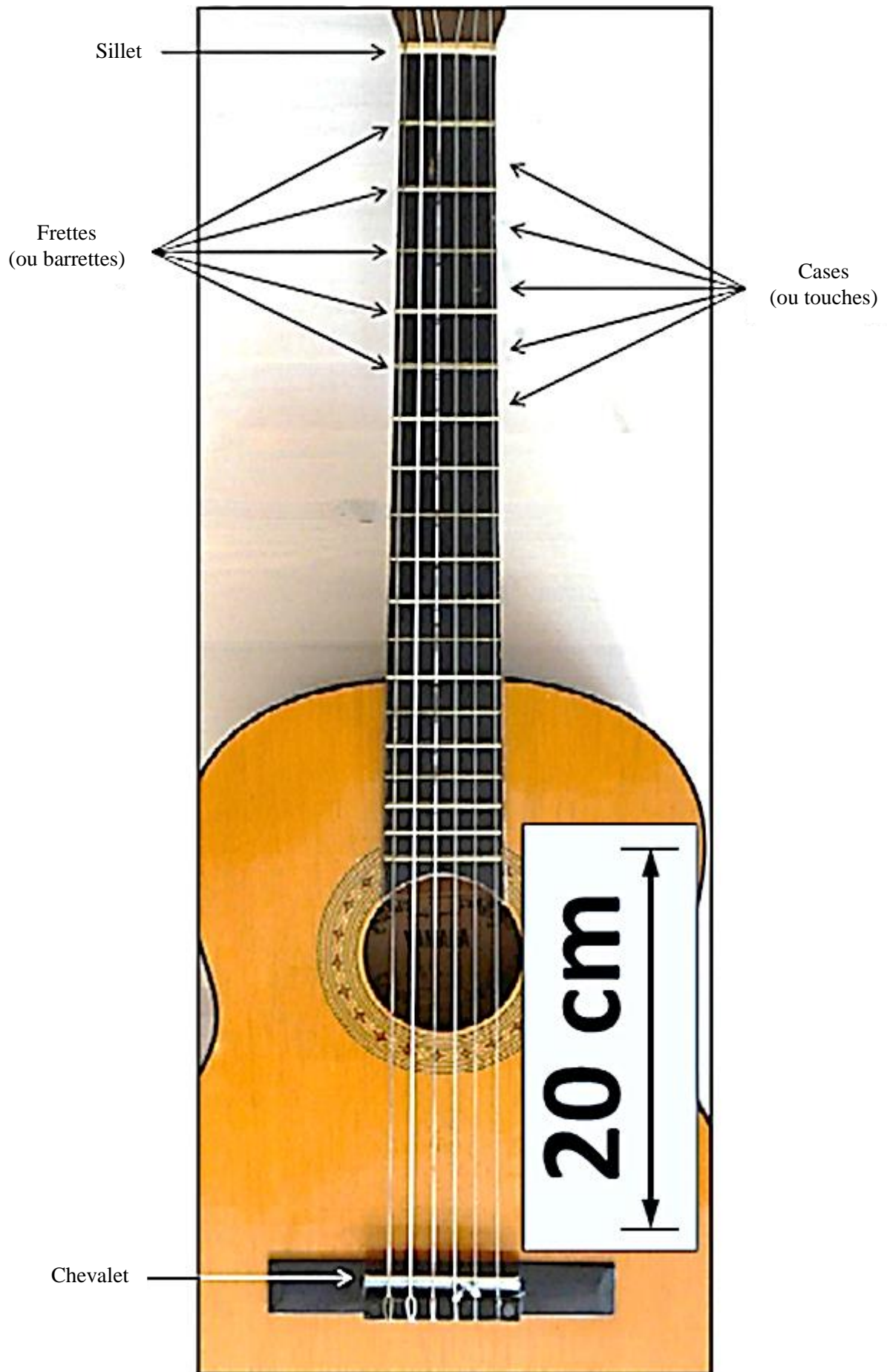
Déterminer les paramètres physiques de la corde dont dépend sa fréquence de vibration et préciser le ou lesquels de ces paramètres restent fixes lors de l'utilisation d'un capodastre.

Problème :

Montrer que lorsqu'on place le capodastre à la troisième case, la corde n°1 joue à vide trois demi-tons au-dessus de celui joué sans capodastre.

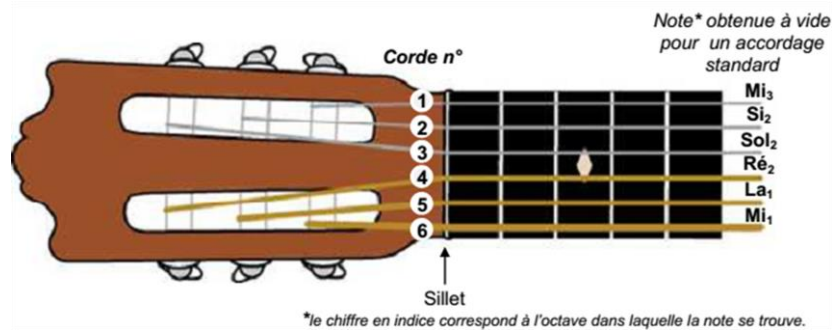
L'analyse des données ainsi que la démarche suivie seront évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés à leur terme.

► Document 1 : Photographie d'une guitare



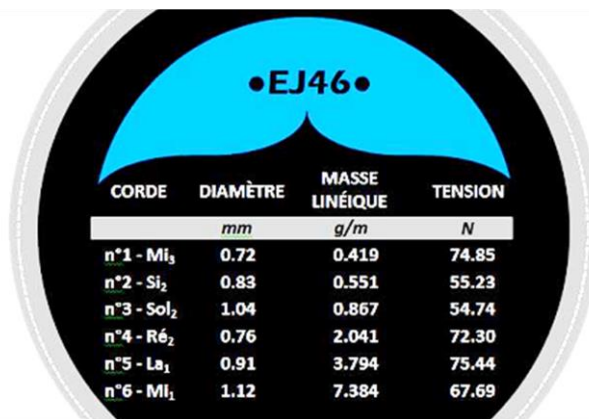
► **Document 2 : Les cordes**

Numéro des cordes d'une guitare et note obtenue lorsque l'on joue chaque corde « à vide » (c'est-à-dire que la corde vibre sur toute sa longueur sans que le musicien ne place ses doigts sur les cases du manche de la guitare) :



*le chiffre en indice correspond à l'octave dans laquelle la note se trouve.

Reproduction d'une pochette de cordes nylon de guitare classique :



► **Document 3 : Comment la gamme tempérée est-elle bâtie ?**

La gamme tempérée, ou plus exactement la gamme à tempérament égal, divise l'octave en douze demi-tons, ou intervalles chromatiques, selon la séquence suivante : do, do dièse, ré, ré dièse, mi, fa, fa dièse, sol, sol dièse, la, la dièse, si. Pour passer d'une de ces notes à la suivante, on multiplie la fréquence par 1,059 (racine douzième de 2 pour les mathématiciens), ce qui revient à monter le son d'un demi-ton. Quand on a multiplié douze fois par 1,059, c'est-à-dire par 2, on tombe dans l'octave suivante. On reprend alors la séquence : do, do dièse, ré, ré dièse, mi, fa, fa dièse, sol, sol dièse, la, la dièse, si.

D'après « les sons en 150 questions »

Fréquence des notes de la gamme tempérée :

Fréquences en Hertz par octave			
Notes	1	2	3
do	65,41	130,81	261,63
ré	73,52	146,83	293,66
mi	82,41	164,81	329,63
fa	87,31	174,61	349,23
sol	98,00	196,00	392,00
la	110,00	220,00	440,00
si	123,47	246,94	493,88

► **Document 4 : Les vibrations d'une corde idéale**

[...] Il y a une relation incontournable : celle qui donne la hauteur de son d'une corde en fonction de tout le reste (longueur, tension, etc) [...] On montre que la fréquence fondamentale f d'une corde tendue, la longueur L, sa tension T et sa masse linéique μ (masse d'une longueur de corde d'un mètre) sont reliés par :

$$f = \frac{1}{2.L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

qui donne la fréquence fondamentale de la vibration transversale. Elle montre par exemple qu'à tension et longueur données, une corde plus lourde sonnera plus grave.

Adapté de « Le guide du Cordage »