19PYSCSPO3

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2019

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : 3h30 – Coefficient : 8

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

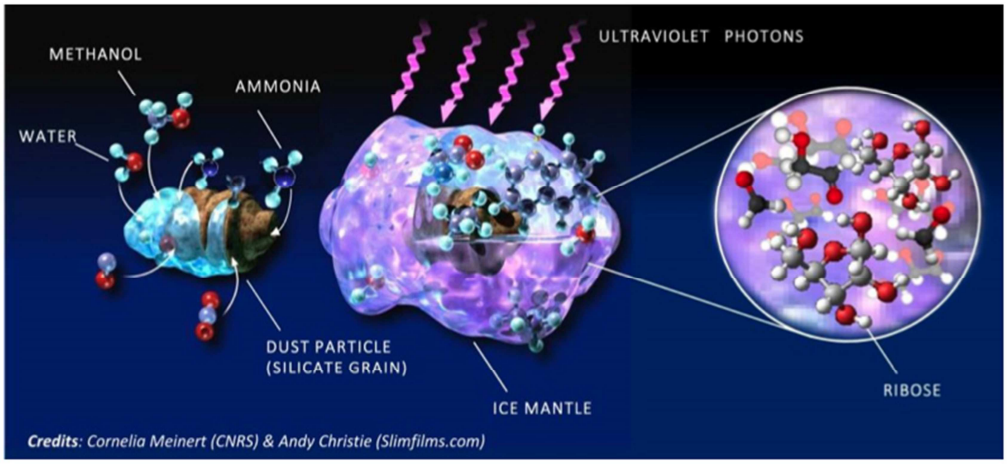
Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

19PYSCSPO3

EXERCICE I : DU SUCRE DANS UNE COMÈTE ARTIFICIELLE (8 POINTS)

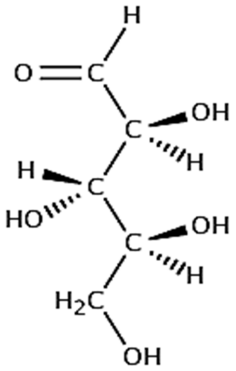
Les scientifiques s'interrogent depuis longtemps sur l'origine des molécules biologiques. Selon certains, la Terre aurait été « ensemencée » par des comètes ou astéroïdes contenant les briques de base nécessaires à leur construction. Et effectivement, plusieurs acides aminés et bases azotées ont déjà été trouvés dans des météorites, mais pas le ribose, molécule-clé du vivant. Cependant, en simulant l'évolution de la glace interstellaire composant les comètes, des équipes de recherche françaises ont réussi à former du ribose, étape importante pour comprendre les origines de la vie.
Dans un premier temps, une « comète artificielle » a été produite à l'Institut d'Astrophysique Spatiale : les astrophysiciens ont simulé en laboratoire la formation de grains de poussières enrobés de glace, la matière première des comètes. Ce matériau a été irradié par des UV, comme dans les nébuleuses où se forment ces grains. Puis, l'échantillon a été porté à température ambiante, comme lorsque les comètes s'approchent du Soleil. Sa composition a ensuite été analysée à l'Institut de chimie de Nice. Plusieurs sucres ont été détectés, parmi lesquels le ribose.

D'après le communiqué de presse du CNRS - 7 avril 2016



1. La molécule de ribose

1.1. Recopier la représentation de la molécule de ribose donnée ci-contre en entourant les groupes caractéristiques.
Nommer les fonctions correspondantes.

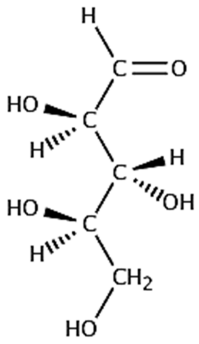


1.2. Repérer sur la molécule de ribose le ou les atomes de carbone asymétrique(s) par un astérisque. Justifier.

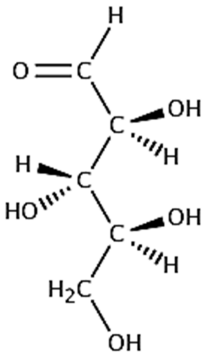
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

19PYSCSPO3

1.3. Deux stéréoisomères de la molécule de ribose sont représentés ci-dessous. Reconnaître s'il s'agit de molécules identiques, énantiomères ou diastéréoisomères. Justifier.



Représentation (a)



Représentation (b)

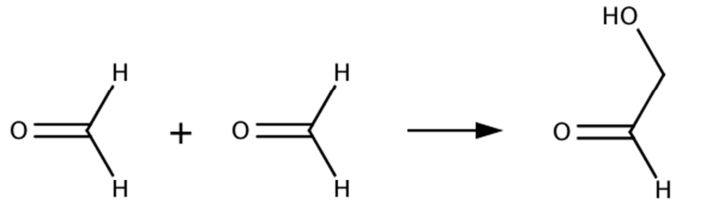
1.4. Le ribose est assez soluble dans l'eau. Proposer une explication.

2. Synthèse de la molécule de ribose

2.1. En quoi la détection de ribose dans une comète artificielle apporte-t-elle un argument supplémentaire à la théorie des comètes comme source de molécules organiques qui ont rendu possible la vie sur Terre ?

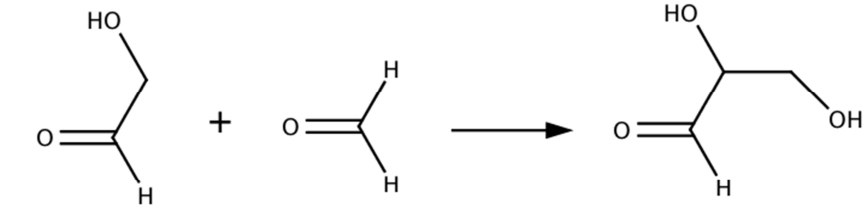
Le ribose est synthétisé dans la comète artificielle par une réaction de formose en cinq étapes. Les deux premières étapes sont :

Étape 1 :



formaldéhyde + formaldéhyde → glycolaldéhyde

Étape 2 :



glycolaldéhyde + formaldéhyde → glycéraldéhyde

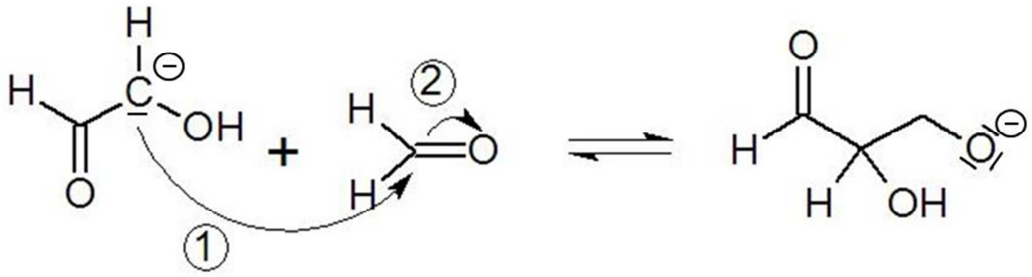
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.2. Quel est le nom du formaldéhyde en nomenclature officielle ?

2.3. Justifier le nom en nomenclature officielle de la molécule de glycéraldéhyde : 2,3-dihydroxypropanal.

2.4. On peut suivre l'avancement de l'étape 2 par spectroscopie infrarouge (IR) ou résonance magnétique nucléaire (RMN) du proton.
Quelle est selon vous la méthode la plus adaptée ? Argumenter votre réponse en précisant le type de renseignements apportés par la spectroscopie infrarouge et la multiplicité des signaux RMN pour chaque molécule.

2.5. La formation du glycéraldéhyde, associée à la deuxième étape de la réaction de formose, est une réaction d'aldolisation qui se déroule en réalité en plusieurs étapes. L'une des étapes intermédiaires est :



Données :

Atome	Hydrogène	Carbone	Oxygène
Électronégativité	2,2	2,6	3,4

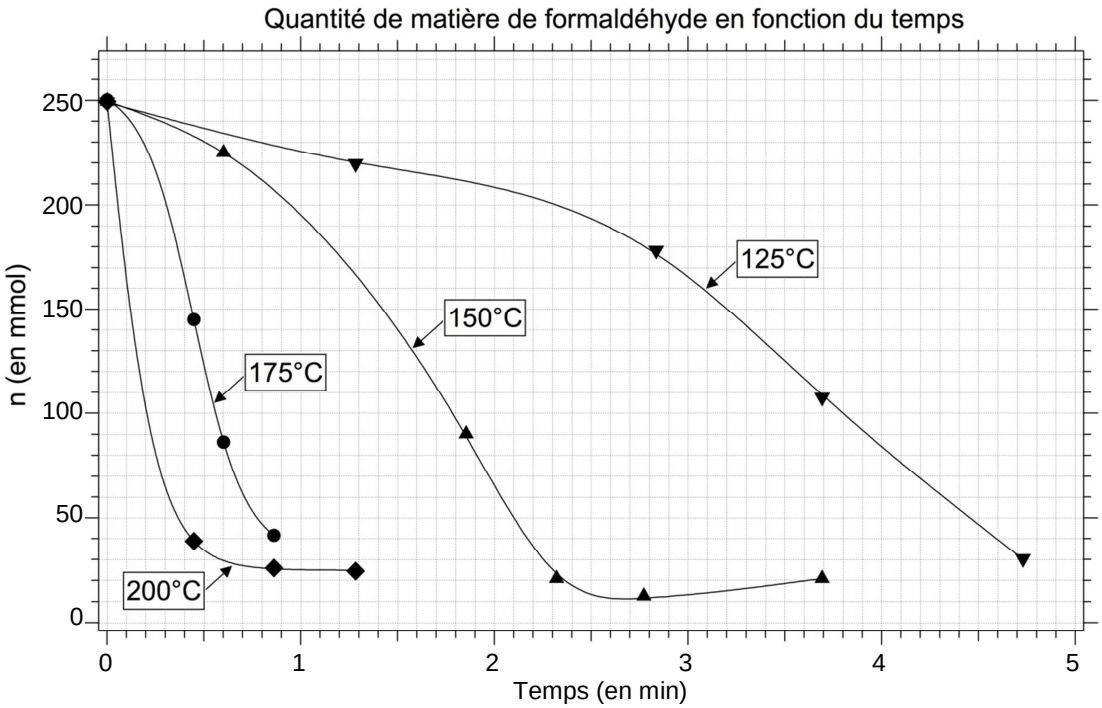
2.5.1 Que représentent les flèches courbes ?

2.5.2 Identifier le site accepteur et le site donneur associés à la flèche ①. Justifier.

3. Cinétique de la réaction de formose

Les molécules organiques à l'origine de la vie sur Terre ont pu être amenées de l'espace par des comètes ou des météorites. Elles ont aussi pu se former au fond des océans au niveau des sources hydrothermales.
Des chercheurs ont étudié la cinétique de la réaction de formose, à l'origine du ribose, dans des conditions de haute pression et de haute température comparables à celles rencontrées au niveau des sources hydrothermales. Ils ont obtenu les courbes données à la page suivante.

19PYSCSPO3



3.1. Rappeler la définition du temps de demi-réaction.

3.2. Déterminer le temps de demi-réaction de l'expérience se déroulant à 125 ℃ en admettant que l'état final est identique pour toutes les températures.

3.3. Quelle est, en général, l'influence de la température sur la cinétique d'une réaction chimique ? Est-ce vérifié dans ces expériences ? Justifier.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

19PYSCSPO3

EXERCICE II : L'EXPLORATION DE L'ASTÉROÏDE RYUGU (7 POINTS)

Hayabusa 2, « faucon-pèlerin » en japonais, est arrivée à bon port. Après avoir quitté la Terre en décembre 2014, la sonde japonaise a atteint le 27 juin 2018 l'astéroïde Ryugu, d'environ 900 m de diamètre, situé à 280 millions de kilomètres de la Terre. Objectif ? Collecter et rapporter sur Terre en décembre 2020 quelques milligrammes d'échantillons, matériaux très anciens témoignant de la formation du système solaire.

D'après Sciences et Avenir, 27 juin 2018

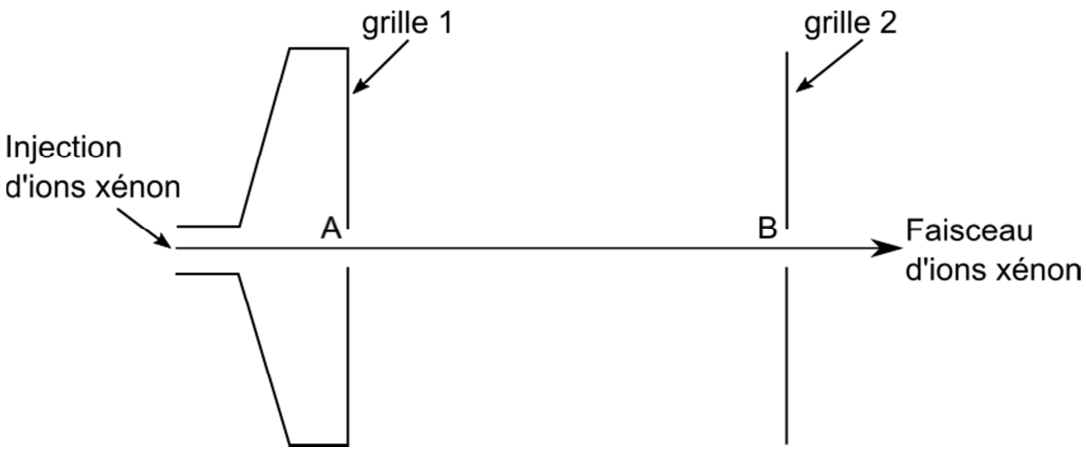
On se propose, dans cet exercice, d'étudier le mode de propulsion de la sonde Hayabusa 2, la transmission de données photographiques, le largage du module Mascot (Mobile asteroid surface scout) et la composition de la matière de l'astéroïde.

1. Propulsion de la sonde Hayabusa 2

La sonde Hayabusa 2 dispose de quatre moteurs à propulsion ionique au xénon qui sont utilisés pour ajuster sa trajectoire. Chaque moteur éjecte à grande vitesse des ions xénon par sa tuyère, ce qui a pour effet de pousser la sonde à l'opposé de celle-ci. Ce moteur convient pour de longs voyages spatiaux, puisqu'il consomme peu.

D'après CNESmag Educ n°63 - octobre 2014

Un schéma simplifié du moteur à propulsion ionique de la sonde Hayabusa 2 est donné ci-dessous :



Des ions xénon Xe^+ sont lentement injectés dans une première chambre. On considère que leur vitesse initiale est nulle au point A. Ils sont ensuite fortement accélérés par le champ électrostatique horizontal supposé uniforme qui règne entre deux grilles planes verticales aux bornes desquelles on applique une tension électrique U = 1500 V. Finalement, les ions xénon sont éjectés du moteur par le point B. On négligera le poids des ions xénon Xe^+ par rapport à la force électrique qui s'exerce sur eux.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Données :

- Masse d'un ion xénon Xe^+ : $m_{Xe+} = 2{,}18 \times 10^{-25}$ kg
- Masse de la sonde Hayabusa 2 : $m_{sonde} = 608{,}6$ kg
- Charge élémentaire : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C

1.1. Représenter sur la copie les grilles 1 et 2 puis, sans souci d'échelle, le champ électrostatique $\vec{E}$ en un point quelconque situé entre les grilles pour qu'un ion Xe^+ soit accéléré de la grille 1 à la grille 2. Justifier.

1.2. On étudie le mouvement d'un ion xénon Xe^+ de masse m_{Xe+} dans le référentiel du moteur supposé galiléen.
Cet ion quitte le point A avec une vitesse initiale nulle. Son énergie cinétique au point B est alors égale au travail de la force électrique qui s'exerce sur lui entre A et B.
Les deux grilles sont séparées par une distance d.
La valeur E du champ électrique est reliée à la tension électrique U par la relation : $E = \dfrac{U}{d}$.

1.2.1. Établir l'expression littérale du travail de la force électrique que subit l'ion xénon entre A et B en fonction de e, E et d.

1.2.2. Montrer que la vitesse de l'ion xénon au point B s'écrit : $v = \sqrt{\dfrac{2 \times e \times U}{m_{Xe+}}}$.

1.2.3. Calculer la valeur de la vitesse de l'ion xénon au point B.

1.3. La sonde dispose de 66,5 kg de xénon dans ses réservoirs. Chaque moteur éjecte 0,34 mg d'ions xénon par seconde et la sonde fait fonctionner en permanence trois de ses moteurs pendant la phase de propulsion.
On étudie le système {sonde + ions xénon}, considéré comme isolé, dans le référentiel héliocentrique supposé galiléen.

À la date $t = 0$ s, le système est immobile.
À la date $t = 1$ s, la sonde a éjecté une masse d'ions xénon notée m_{ions} à la vitesse $\overrightarrow{V_{ions}}$. On note $\overrightarrow{V_{sonde}}$ la vitesse de la sonde. On considère que la masse de la sonde reste constante durant cette phase.

1.3.1. En comparant la quantité de mouvement du système aux dates $t = 0$ s et $t = 1$ s, montrer que :

$$\overrightarrow{V_{sonde}} = -\frac{m_{ions}}{m_{sonde}} \overrightarrow{V_{ions}}$$

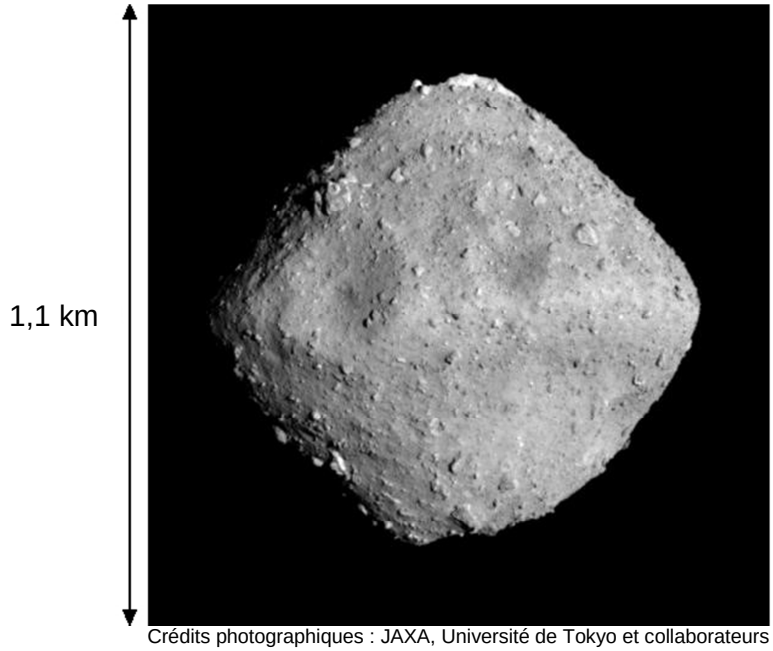
1.3.2. En déduire pourquoi, comme indiqué dans le texte introductif, l'éjection à grande vitesse des ions xénon par la tuyère a pour effet de pousser la sonde à l'opposé de celle-ci.

1.3.3. Calculer la durée de fonctionnement maximal des moteurs. Proposer une hypothèse sur l'écart entre la durée de la mission Hayabusa 2 donnée dans l'introduction de l'exercice et la valeur obtenue.

2. Photographie de l'astéroïde Ryugu et transmission des données

La sonde Hayabusa 2 communique les données scientifiques avec la Terre en transmettant des signaux avec un débit de transmission de 32 kilobits par seconde.

La photographie ci-après de l'astéroïde Ryugu a été acquise le 26 juin 2018 par la caméra ONC de la sonde, alors que celle-ci se trouvait à une distance de 20 km de l'astéroïde. Cette image représente un carré de 1,1 km de côté et possède une définition de 512 × 512 pixels, chaque pixel étant codé par 1 octet.



Crédits photographiques : JAXA, Université de Tokyo et collaborateurs

2.1. Est-il possible de distinguer un détail de dimension égale à 3 m sur la photographie ? Justifier.

2.2. Évaluer le diamètre moyen de l'astéroïde Ryugu à partir de sa photographie. Vérifier la cohérence du résultat avec les informations données au début de l'exercice.

2.3. Déterminer la durée nécessaire pour transmettre toutes les données de cette photographie.

3. Largage du module Mascot

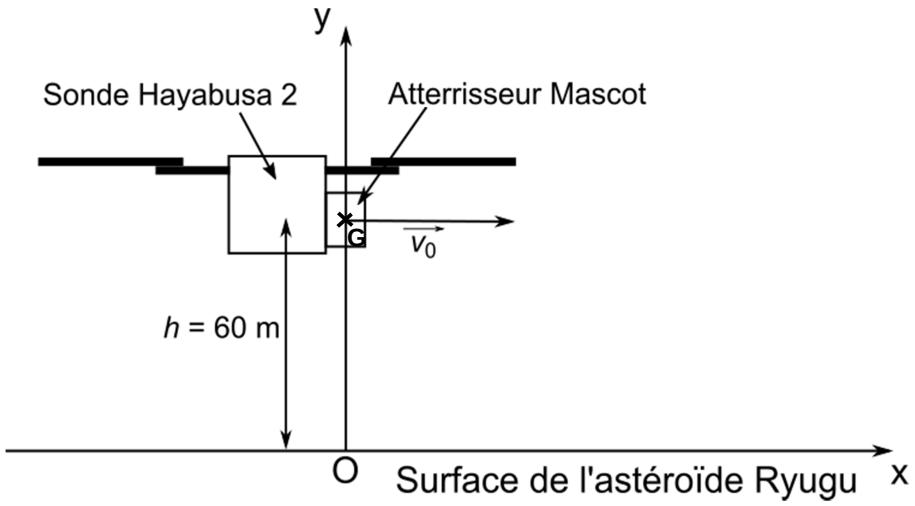
La sonde Hayabusa 2 embarque l'atterrisseur Mascot qui doit permettre d'aider à la sélection des sites de prélèvement des échantillons. Mascot sera séparé d'Hayabusa 2 à seulement 60 m d'altitude de Ryugu le 3 octobre 2018. Après une descente balistique et sans dispositif de stabilisation, on s'attend à ce qu'il touche la surface de l'astéroïde à la vitesse de 10 $cm.s^{-1}$ avec à la clé quelques rebonds.

D'après un article de Futura-Sciences, 27 juin 2018

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Le mouvement de l'atterrisseur Mascot est étudié dans le référentiel de l'astéroïde supposé galiléen et muni d'un repère (Ox, Oy) comme indiqué sur le schéma ci-après.

L'atterrisseur Mascot, assimilé à un point matériel G, est largué d'une hauteur h au-dessus de la surface de l'astéroïde Ryugu avec une vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$ horizontale alors que la sonde Hayabusa 2 est maintenue en vol stationnaire au-dessus de l'astéroïde grâce à ses propulseurs.
L'instant du largage est choisi comme origine des temps.



On considère que l'atterrisseur Mascot n'est soumis qu'à son poids.
On admet que le mouvement a lieu dans le plan (Oxy).

Données :

- Intensité du champ de pesanteur de l'astéroïde Ryugu : $g_R = 1{,}1 \times 10^{-4}$ m.s^{-2}
- Vitesse initiale de l'atterrisseur Mascot : $v_0 = 5{,}5 \times 10^{-2}$ m.s^{-1}
- Masse de l'atterrisseur Mascot : m = 10 kg
- On assimilera l'atterrisseur Mascot à un cube de 30 cm de côté.

3.1 Montrer que les coordonnées du vecteur vitesse et du vecteur position du point matériel G modélisant l'atterrisseur Mascot sont respectivement :

$$\begin{cases} v_x(t) = v_0 \\ v_y(t) = -g_R t \end{cases} \quad \text{et} \quad \begin{cases} x(t) = v_0 t \\ y(t) = -\dfrac{g_R t^2}{2} + h \end{cases}$$

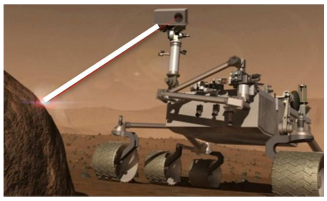
3.2 Déterminer la valeur de la vitesse de l'atterrisseur Mascot au moment où il touche la surface de l'astéroïde Ryugu.
Est-ce cohérent avec l'article de Futura-Sciences ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

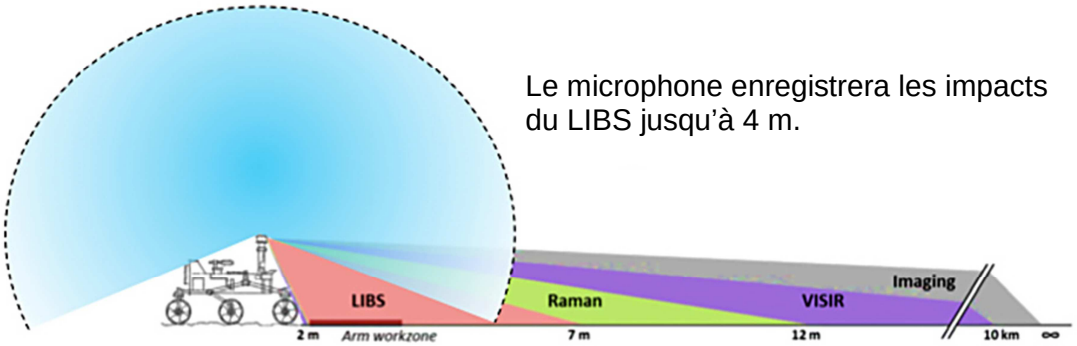
19PYSCSPO3

EXERCICE III : UN MICROPHONE SUR LA PLANÈTE MARS (5 POINTS)

L'agence spatiale américaine (NASA) enverra un nouveau rover sur Mars en 2020. Un instrument toulousain, SuperCam, sera embarqué à bord.



SuperCam est un instrument d'analyse des roches et des sols autour du rover Mars 2020. Il utilise entre autre la technique d'analyse spectroscopique induite par ablation laser (LIBS). Son faisceau laser pulsé émet un rayonnement à 1067 nm délivrant environ 15 mJ pour une durée d'impulsion de 5 ns.
Ce laser de puissance tire sur une cible, ce qui provoque la fusion du matériau et l'apparition d'un plasma que l'on détecte à distance en spectroscopie UV-visible. L'impact du laser génère également une forte onde de pression détectable par un microphone.
Les mesures faites en laboratoire en conditions terrestres ont montré que la puissance sonore des impacts du laser vaut $1{,}3 \times 10^{-2}$ W.



Le microphone enregistrera les impacts du LIBS jusqu'à 4 m.

D'après msl-curiosity.cnes.fr et supercam.cnes.fr

Données :

- Caractéristiques du vent martien :

En journée sur Mars, le vent souffle en moyenne à 3,5 $m.s^{-1}$. Cela correspond à un son de niveau d'intensité sonore de l'ordre de 53 dB.
La vitesse du vent dépasse rarement 10 $m.s^{-1}$, ce qui correspond à un son de niveau d'intensité sonore environ égal à 74 dB.

- Détectabilité d'un son sur Mars par le microphone de SuperCam :

Pour que le microphone de SuperCam puisse détecter un son malgré le bruit du vent martien, il est nécessaire que le niveau d'intensité sonore du son soit supérieur de 10 dB à celui du bruit du vent.

- Relation entre le niveau d'intensité sonore L (dB) et l'intensité sonore I ($W.m^{-2}$) :

$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ avec $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ $W.m^{-2}$, intensité sonore de référence.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

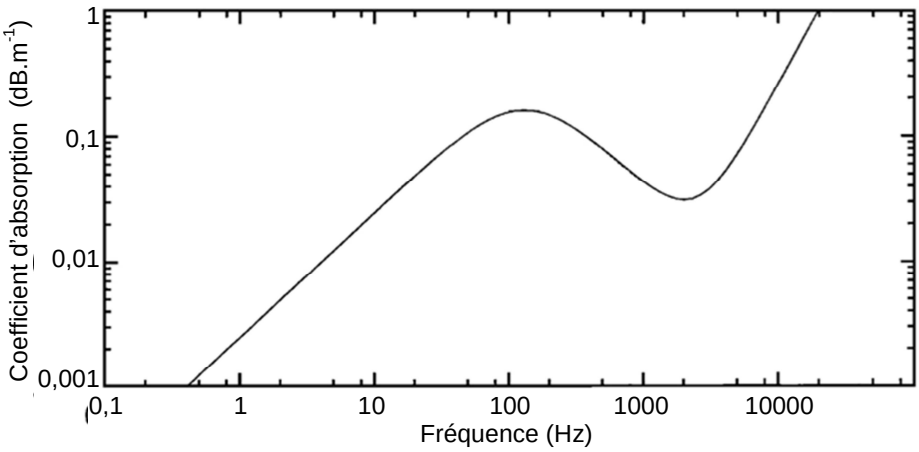
- L'intensité sonore I à une distance R d'une source émettant dans toutes les directions est reliée à la puissance sonore P de cette source par la relation $I = \frac{P}{S}$ où S représente la surface de la sphère de rayon R ($S = 4\pi R^2$).

- Dans le cas de la propagation du son sur Mars, il faut aussi tenir compte de l'absorption due à l'atmosphère martienne. L'atténuation par absorption atmosphérique A (en dB) est donnée par la relation :

$$A = \frac{-20\ \alpha(f)R}{\ln(10)} - 12$$

où R est la distance à la source et $\alpha(f)$ le coefficient d'absorption atmosphérique, fonction de la fréquence du son.

- Coefficient d'absorption atmosphérique en fonction de la fréquence pour une atmosphère de CO_2 à la pression de 6 mbar et à la température de – 53 °C ; conditions proches de celles de l'atmosphère de Mars.



Question préalable :
Justifier par un calcul l'appellation « laser de puissance » donnée au laser qui équipe SuperCam.

Problème :
On suppose que les sons des impacts laser ont une fréquence égale à 1 kHz. Déterminer dans quelle condition de vent, parmi celles proposées, le microphone de l'instrument SuperCam sera capable de détecter les sons des impacts laser.

L'analyse des données ainsi que la démarche suivie sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Par ailleurs, ce n'est pas seulement la justesse du résultat qui est évaluée, mais également le regard critique porté sur les résultats obtenus.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 11 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer