Corrigé complet — Bac S 2019 Polynésie rattrapage (ancien programme)

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Du sucre dans une comète artificielle** Groupes caractéristiques · Carbone asymétrique et stéréoisomérie · Nomenclature · Spectroscopies IR et RMN · Mécanisme réactionnel · Temps de demi-réaction et facteurs cinétiques	8 pts	1 h 20	13 questions	p. 2
Ex 2	**L'exploration de l'astéroïde Ryugu** Champ électrostatique uniforme · Travail d'une force et énergie cinétique · Quantité de mouvement et propulsion · Image numérique et débit binaire · Deuxième loi de Newton · Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme	7 pts	1 h 10	12 questions	p. 8
Ex 3	**Spécialité : Un microphone sur la planète Mars** Puissance et énergie d'une impulsion laser · Intensité sonore · Niveau d'intensité sonore · Atténuation géométrique · Atténuation par absorption · Lecture sur échelle logarithmique	5 pts	50 min	2 questions	p. 14

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Du sucre dans une comète artificielle

Bac S 2019 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **8 points** **Durée conseillée 1 h 20**

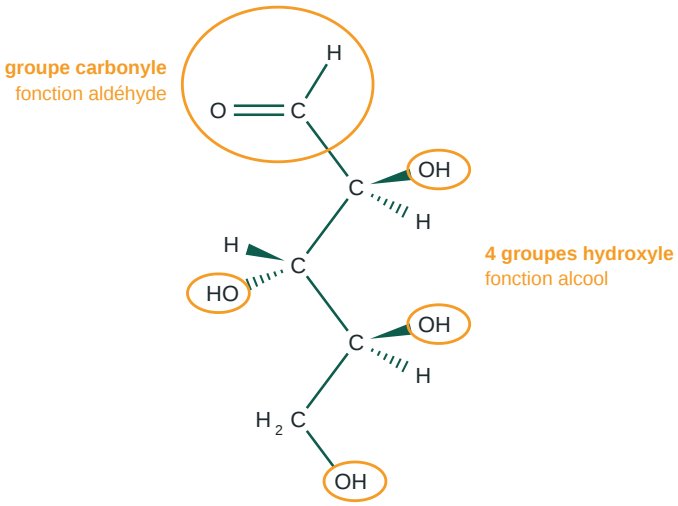
1.1 Recopier la représentation de la molécule de ribose en entourant les groupes caractéristiques. Nommer les fonctions correspondantes.

La molécule de ribose porte :

- un groupe carbonyle $C{=}O$ en bout de chaîne (carbone lié à un H) : fonction **aldéhyde** ;
- quatre groupes hydroxyle $-OH$: fonction **alcool**.

Un groupe carbonyle (fonction aldéhyde) et quatre groupes hydroxyle (fonction alcool).

PIÈGE
Confondre le nom du groupe (carbonyle, hydroxyle) et celui de la fonction (aldéhyde, alcool). Le carbonyle en bout de chaîne donne un aldéhyde ; au milieu d'une chaîne, ce serait une cétone.



1.1 · Ribose : groupes caractéristiques entourés

1.2 Repérer par un astérisque le ou les atomes de carbone asymétriques du ribose. Justifier.

Un atome de carbone asymétrique est un carbone tétraédrique lié à quatre atomes ou groupes d'atomes tous différents.

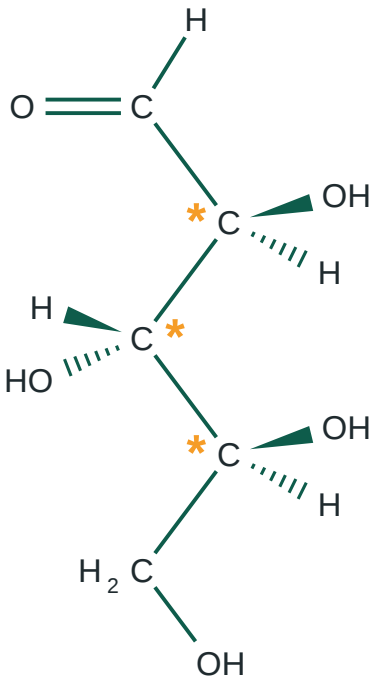
Les carbones n° 2, 3 et 4 de la chaîne sont chacun liés à un H, à un OH et à deux morceaux de chaîne différents : ils sont asymétriques.

Le carbone de l'aldéhyde n'a que trois voisins (double liaison) et celui du groupe CH_2OH porte deux H identiques : ils ne le sont pas.

Le ribose possède trois atomes de carbone asymétriques (voir la figure).

COMPRENDRE
Le carbone asymétrique et les stéréoisomères de configuration relevaient du programme de Terminale S ; ils ne figurent plus au programme actuel de la spécialité.

MÉTHODE
Éliminer d'abord les carbones engagés dans une double liaison et ceux qui portent deux H. Pour les autres, comparer les deux morceaux de chaîne en entier, pas seulement le premier atome.



1.2 · Ribose : les trois atomes de carbone asymétriques, marqués d'un astérisque

1.3 Deux stéréoisomères du ribose sont représentés en (a) et en (b). S'agit-il de molécules identiques, d'énantiomères ou de diastéréoisomères ? Justifier.

En plaçant un miroir vertical entre les deux dessins, la représentation (a) est l'image de la représentation (b) : la chaîne en zigzag est inversée de gauche à droite, et chaque liaison vers l'avant (triangle plein) ou vers l'arrière (hachures) garde sa nature.

Ces deux molécules ne sont pas superposables : la molécule est chirale, elle n'a pas de plan de symétrie puisque ses deux extrémités (CHO et CH_2OH) sont différentes.

(a) et (b) sont images l'une de l'autre dans un miroir et non superposables : ce sont des **énantiomères**.

PIÈGE
Répondre « énantiomères » sans dire que les deux molécules ne sont pas superposables. Deux images dans un miroir qui se superposent sont une seule et même molécule.

COMPRENDRE
Des diastéréoisomères sont des stéréoisomères qui ne sont pas images l'un de l'autre. Ce serait le cas si la configuration d'un seul ou de deux des trois carbones asymétriques avait changé.

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

L'oxygène est bien plus électronégatif que l'hydrogène : les liaisons $O-H$ des quatre groupes hydroxyle sont polarisées, comme celles de l'eau.

Le ribose peut donc établir de nombreuses liaisons hydrogène avec les molécules d'eau, par ses groupes hydroxyle et par l'oxygène du carbonyle. C'est en outre une molécule polaire, et l'eau est un solvant polaire.

Le ribose, polaire, forme des liaisons hydrogène avec l'eau : il y est soluble.

COMPRENDRE
Une liaison hydrogène s'établit entre un H lié à un atome très électronégatif (ici O) et un doublet non liant d'un autre atome O. Cinq atomes d'oxygène pour cinq carbones : le ribose s'entoure facilement de molécules d'eau.

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 des molécules organiques qui ont rendu possible la vie sur Terre ?

Des acides aminés et des bases azotées ont déjà été trouvés dans des météorites, mais jamais le ribose, molécule-clé du vivant.

L'expérience reproduit ce que subit la glace d'une comète : irradiation par des UV, puis réchauffement à l'approche du Soleil. Du ribose se forme dans ces conditions.

Le ribose peut donc se former dans les comètes : elles ont pu apporter sur Terre cette brique du vivant qui manquait à la théorie.

PIÈGE
Recopier le texte sans conclure. La réponse attendue relie trois idées : le ribose n'avait jamais été détecté, il se forme dans des conditions cométaires, il est indispensable au vivant.

2.2 Quel est le nom du formaldéhyde en nomenclature officielle ?

Le formaldéhyde $HCHO$ est un aldéhyde (terminaison « -al ») à un seul atome de carbone (préfixe « méthan- »).

Le formaldéhyde est le **méthanal**.

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

- La chaîne carbonée compte trois atomes de carbone : « propan- ».
- Elle porte un groupe carbonyle en bout de chaîne, fonction aldéhyde : terminaison « -al ». Le carbone de ce groupe porte le numéro 1.
- Deux groupes hydroxyle sont liés aux carbones n° 2 et n° 3 : préfixe « 2,3-dihydroxy ».

Chaîne à 3 carbones, aldéhyde sur le carbone 1, groupes OH sur les carbones 2 et 3 : 2,3-dihydroxypropanal.

COMPRENDRE
L'aldéhyde l'emporte sur l'alcool : il donne la terminaison du nom et impose la numérotation. Le groupe OH est alors désigné par le préfixe « hydroxy » et non par la terminaison « -ol ».

2.4 Pour suivre l'avancement de l'étape 2, quelle est la méthode la plus adaptée : spectroscopie IR ou RMN du proton ? Argumenter en précisant les renseignements apportés par l'IR et la multiplicité des signaux RMN pour chaque molécule.

Infrarouge. Un spectre IR renseigne sur les liaisons, donc sur les groupes caractéristiques. Le glycolaldéhyde (réactif) et le glycéraldéhyde (produit) possèdent les mêmes liaisons : $C{=}O$ et $C{-}H$ d'aldéhyde, $O{-}H$ d'alcool. Les mêmes bandes sont présentes avant et après : l'IR distingue mal le réactif du produit.

RMN. Un proton ayant n voisins équivalents donne un signal à $n+1$ pics ; les protons des groupes OH donnent des singulets.

- Formaldéhyde $HCHO$: deux protons équivalents sans voisin, un singulet.
- Glycolaldéhyde $HO{-}CH_2{-}CHO$: trois signaux. CHO : triplet (2 voisins) ; CH_2 : doublet (1 voisin) ; OH : singulet.
- Glycéraldéhyde $HO{-}CH_2{-}CH(OH){-}CHO$: cinq signaux. CHO : doublet (1 voisin) ; CH : quadruplet ($2+1=3$ voisins) ; CH_2 : doublet (1 voisin) ; deux OH : deux singulets.

Le nombre de signaux et leur multiplicité changent au cours de la transformation.

La **RMN du proton** est la plus adaptée : les spectres du réactif et du produit sont différents, alors que leurs spectres IR présentent les mêmes bandes.

PIÈGE
Compter comme voisins les H des groupes OH. Seuls comptent les H portés par les carbones adjacents ; les H d'un même carbone, équivalents entre eux, ne se couplent pas.

COMPRENDRE
La RMN du proton était au programme de Terminale S ; elle ne figure plus au programme actuel de la spécialité, où seule la spectroscopie infrarouge est étudiée.

2.5.1 Dans l'étape intermédiaire du mécanisme, que représentent les flèches courbes ?

Une flèche courbe représente le déplacement d'un doublet d'électrons : elle part d'un site donneur de doublet (riche en électrons) et pointe vers un site accepteur (pauvre en électrons).

Chaque flèche courbe représente le mouvement d'un doublet d'électrons, du site donneur vers le site accepteur.

COMPRENDRE
La flèche ① crée une liaison $C{-}C$. La flèche ② fait basculer un doublet de la double liaison $C{=}O$ sur l'oxygène, qui porte alors la charge négative dans le produit.

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

Données utiles électronégativités : H 2,2 ; C 2,6 ; O 3,4

Site donneur : l'atome de carbone qui porte la charge négative. Il possède un doublet non liant, c'est un site riche en électrons ; la flèche ① part de ce doublet.

Site accepteur : l'atome de carbone du formaldéhyde. L'oxygène est plus électronégatif que le carbone ($3{,}4 > 2{,}6$) : la liaison $C{=}O$ est polarisée et ce carbone porte une charge partielle positive δ^+. C'est un site pauvre en électrons.

Donneur : le carbone chargé négativement ; accepteur : le carbone δ^+ du groupe carbonyle du formaldéhyde.

PIÈGE
Désigner l'oxygène du formaldéhyde comme accepteur parce qu'il termine la réaction avec la charge négative. La pointe de la flèche ① arrive sur le carbone ; l'oxygène, lui, est riche en électrons.

3.1 Rappeler la définition du temps de demi-réaction.

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement a atteint la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \dfrac{x_f}{2}$.

PIÈGE
Écrire « la moitié de la durée de la réaction » ou « la moitié du réactif a disparu ». La seconde formule n'est juste que si le réactif est entièrement consommé dans l'état final.

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

Données utiles graphique : $n_0 = 250$ mmol de formaldéhyde ; palier de la courbe à 200 °C : $n_f \approx 25$ mmol

La courbe à 125 °C n'atteint pas son palier. L'état final étant le même à toutes les températures, on le lit sur la courbe à 200 °C : il reste $n_f \approx 25$ mmol de formaldéhyde.

La quantité de formaldéhyde consommée est proportionnelle à l'avancement. À $t_{1/2}$, la moitié de la quantité consommée au total a donc disparu :

$$n(t_{1/2}) = n_0 - \frac{n_0 - n_f}{2} = \frac{n_0 + n_f}{2} = \frac{250 + 25}{2} \approx 138 \text{ mmol}$$

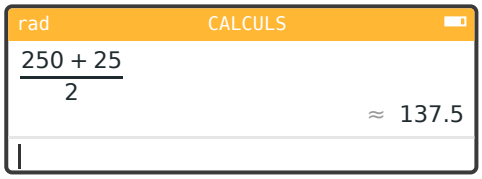
On lit l'abscisse du point d'ordonnée 138 mmol sur la courbe à 125 °C.

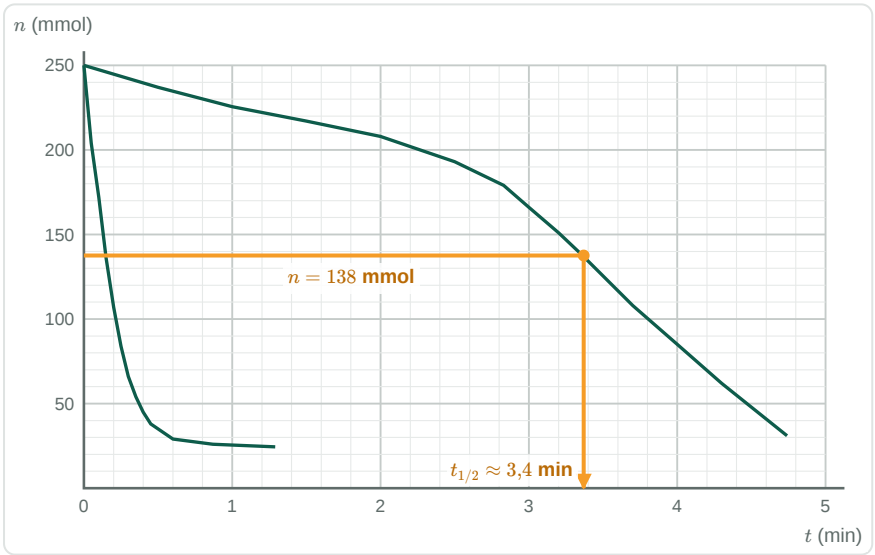
$t_{1/2} \approx 3{,}4$ min, soit environ 3 min 20 s.

PIÈGE
Lire le temps pour $n = 125$ mmol, la moitié de n_0 : le formaldéhyde n'est pas entièrement consommé. Autre erreur : prendre comme état final le dernier point de la courbe à 125 °C (30 mmol), alors que la réaction n'est pas terminée.

COMPRENDRE
Le sujet ne donne pas l'équation bilan, et elle est inutile : quel que soit le nombre stœchiométrique du formaldéhyde, la mi-avancement correspond au milieu entre n_0 et n_f. Lecture graphique : deux chiffres significatifs suffisent.

À LA CALCULATRICE





3.2 · Courbes à 125 °C et à 200 °C du sujet, avec la lecture de $t_{1/2}$ à 125 °C

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.

Données utiles $n(t_{1/2}) \approx 138$ mmol et $t_{1/2}$ à 125 °C (3.2)

La température est un facteur cinétique : en général, plus elle est élevée, plus la transformation est rapide.

Sur le graphique, l'ordonnée 138 mmol est atteinte de plus en plus tôt quand la température augmente :

- à 125 °C : $t_{1/2} \approx 3{,}4$ min ;
- à 150 °C : $t_{1/2} \approx 1{,}5$ min ;
- à 175 °C : $t_{1/2} \approx 0{,}5$ min ;
- à 200 °C : $t_{1/2} \approx 0{,}15$ min.

Le temps de demi-réaction diminue quand la température augmente : l'influence de la température est bien vérifiée.

MÉTHODE

Pour comparer des vitesses à partir de courbes, comparer les temps de demi-réaction, ou les quantités restantes à une même date : à 1 min, il reste environ 225 mmol à 125 °C, mais environ 25 mmol à 200 °C.

L'exploration de l'astéroïde Ryugu

Bac S 2019 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **7 points** **Durée conseillée 1 h 10**

1.1 Représenter les grilles 1 et 2 puis le champ électrostatique $\vec{E}$ en un point situé entre les grilles pour qu'un ion Xe^+ soit accéléré de la grille 1 vers la grille 2. Justifier.

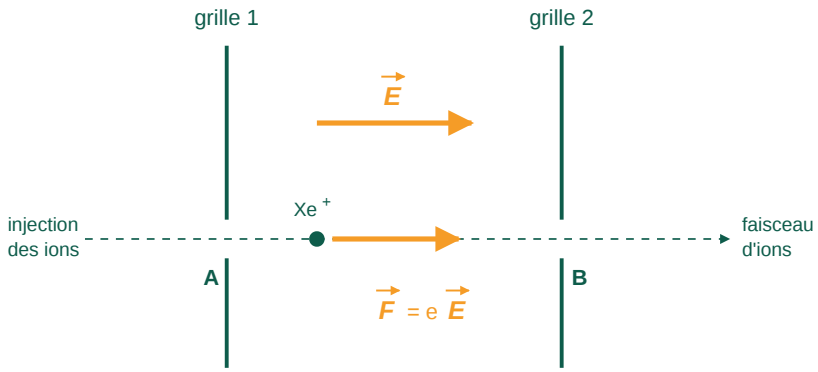
L'ion Xe^+ porte la charge $q = +e$. Il subit la force électrique $\vec{F} = q\vec{E} = e\vec{E}$: comme $e > 0$, $\vec{F}$ a la même direction et le même sens que $\vec{E}$.

L'ion part de A sans vitesse : pour qu'il soit accéléré de la grille 1 vers la grille 2, la force $\vec{F}$ doit être dirigée de la grille 1 vers la grille 2.

$\vec{E}$ est perpendiculaire aux grilles (horizontal) et orienté de la grille 1 vers la grille 2.

PIÈGE
Dessiner le champ sans justifier : c'est le signe de la charge qui donne le sens. Pour un électron, de charge $-e$, le champ devrait être orienté dans l'autre sens.

COMPRENDRE
Le champ est orienté vers les potentiels décroissants : la grille 1 est chargée positivement, la grille 2 négativement.



1.1 · Les deux grilles, le champ électrostatique et la force subie par un ion (tracés en orange)

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.

Le champ est uniforme, donc la force $\vec{F} = e\vec{E}$ est constante entre A et B. Son travail vaut :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \times AB \times \cos 0$$

car $\vec{F}$ et $\overrightarrow{AB}$ ont la même direction et le même sens, avec $F = eE$ et $AB = d$.

$$W_{AB}(\vec{F}) = eEd$$

COMPRENDRE
Ce travail est positif : il est moteur, la force électrique fait gagner de la vitesse à l'ion.

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

D'après l'énoncé, l'énergie cinétique de l'ion en B est égale au travail de la force électrique entre A et B (vitesse nulle en A) :

$$\frac{1}{2} m_{Xe^+} v^2 = eEd$$

Or $E = \dfrac{U}{d}$, donc $eEd = eU$, d'où $v^2 = \dfrac{2eU}{m_{Xe^+}}$.

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m_{Xe^+}}}$$

COMPRENDRE
La distance d a disparu : la vitesse de sortie ne dépend que de la tension appliquée, pas de l'écartement des grilles.

MÉTHODE
C'est le théorème de l'énergie cinétique : $E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}(\vec{F})$, avec $E_c(A) = 0$ et le poids négligé.

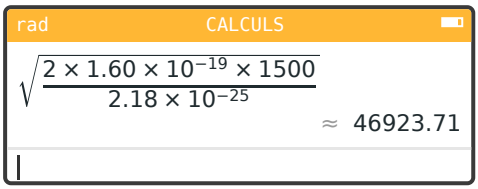
1.2.3 Calculer la valeur de la vitesse de l'ion xénon au point B.

Données utiles $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C ; $U = 1500$ V ; $m_{Xe^+} = 2{,}18 \times 10^{-25}$ kg

$$v = \sqrt{\frac{2\,e\,U}{m_{Xe^+}}} = \sqrt{\frac{2 \times 1{,}60 \times 10^{-19} \times 1500}{2{,}18 \times 10^{-25}}}$$

$$v = 4{,}69 \times 10^{4}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Oublier la racine carrée, ou mal placer les parenthèses à la calculatrice : toute la fraction est sous la racine.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme e et m_{Xe^+}, les données les moins précises. Cela représente environ 47 km par seconde : la vitesse d'éjection est très grande.

1.3.1 En comparant la quantité de mouvement du système {sonde + ions xénon} aux dates $t = 0$ s et $t = 1$ s, montrer que $\vec{V}_{\text{sonde}} = -\dfrac{m_{\text{ions}}}{m_{\text{sonde}}}\vec{V}_{\text{ions}}$.

Dans le référentiel héliocentrique supposé galiléen, le système {sonde + ions xénon} est isolé : sa quantité de mouvement se conserve.

À $t = 0$ s, le système est immobile : $\vec{p}(0) = \vec{0}$.

À $t = 1$ s : $\vec{p}(1) = m_{\text{sonde}}\,\vec{V}_{\text{sonde}} + m_{\text{ions}}\,\vec{V}_{\text{ions}}$.

Conservation : $\vec{p}(1) = \vec{p}(0)$, soit $m_{\text{sonde}}\,\vec{V}_{\text{sonde}} + m_{\text{ions}}\,\vec{V}_{\text{ions}} = \vec{0}$.

$$\vec{V}_{\text{sonde}} = -\frac{m_{\text{ions}}}{m_{\text{sonde}}}\vec{V}_{\text{ions}}$$

PIÈGE
Écrire la relation avec les normes : c'est une égalité vectorielle, et le signe « $-$ » porte toute l'information utile à la question suivante.

COMPRENDRE
La conservation de la quantité de mouvement d'un système isolé (propulsion par réaction) était au programme de Terminale S ; elle ne figure plus au programme actuel de spécialité.

1.3.2 En déduire pourquoi l'éjection à grande vitesse des ions xénon par la tuyère a pour effet de pousser la sonde à l'opposé de celle-ci.

Dans la relation précédente, le coefficient $-\dfrac{m_{\text{ions}}}{m_{\text{sonde}}}$ est négatif : les vecteurs $\vec{V}_{\text{sonde}}$ et $\vec{V}_{\text{ions}}$ ont la même direction mais des sens opposés.

Les ions sont éjectés vers l'arrière par la tuyère : la sonde est mise en mouvement dans le sens opposé, donc à l'opposé de la tuyère.

COMPRENDRE
Le rapport $\dfrac{m_{\text{ions}}}{m_{\text{sonde}}}$ est minuscule : le gain de vitesse par seconde est très faible. Il ne devient notable que grâce à la grande vitesse d'éjection et à une poussée maintenue très longtemps.

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 et la valeur obtenue.

Données utiles masse de xénon : $m = 66{,}5$ kg ; chaque moteur éjecte $0{,}34$ mg par seconde ; trois moteurs fonctionnent ; mission de décembre 2014 à décembre 2020

Masse de xénon éjectée par seconde par les trois moteurs : $3 \times 0{,}34 = 1{,}02$ mg, soit $1{,}02 \times 10^{-6}$ kg par seconde.

Durée pour vider les réservoirs :

$$\Delta t = \frac{66{,}5}{3 \times 0{,}34 \times 10^{-6}} = 6{,}5 \times 10^{7} \text{ s}$$

soit $\dfrac{6{,}5 \times 10^{7}}{3600 \times 24} \approx 7{,}5 \times 10^{2}$ jours, c'est-à-dire environ 2,1 ans.

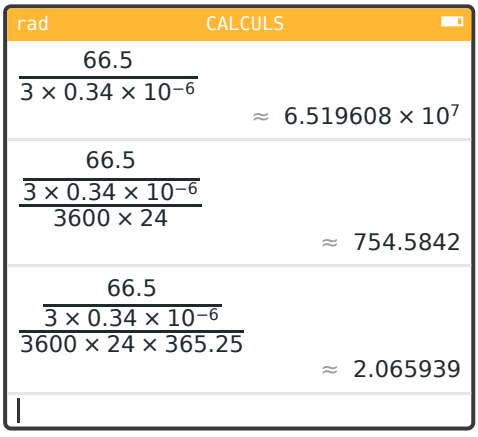
La mission dure 6 ans (décembre 2014 à décembre 2020), soit près de trois fois plus. Hypothèse : les moteurs ne fonctionnent pas en permanence. Ils ne servent qu'à ajuster la trajectoire ; le reste du temps, la sonde avance moteurs éteints.

$\Delta t = 6{,}5 \times 10^{7}$ s $\approx 2{,}1$ ans, bien moins que les 6 ans de la mission : les moteurs ne fonctionnent que par périodes.

PIÈGE
Laisser le débit en milligrammes alors que la masse de xénon est en kilogrammes : $0{,}34$ mg $= 0{,}34 \times 10^{-6}$ kg. Ne pas oublier non plus les trois moteurs.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme le débit de 0,34 mg par seconde.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles image carrée de 1,1 km de côté ; définition 512×512 pixels

Un côté de l'image représente $1{,}1$ km $= 1{,}1 \times 10^{3}$ m et contient 512 pixels. Un pixel représente donc un carré de côté :

$$\frac{1{,}1 \times 10^{3}}{512} = 2{,}1 \text{ m}$$

Un détail de 3 m est plus grand qu'un pixel.

Un pixel représente 2,1 m, valeur inférieure à 3 m : on peut distinguer un détail de 3 m, mais de justesse (il n'occupe qu'un pixel et demi environ).

COMPRENDRE
Les images numériques (pixels, codage, débit binaire) étaient au programme de Terminale S ; elles ne figurent plus au programme actuel de spécialité.

MÉTHODE
Pour savoir si un détail est visible sur une image numérique, on compare sa taille à celle que représente un pixel : plus petit qu'un pixel, il est invisible.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.1 \times 10^3}{512} \approx 2.148438$

$\dfrac{3}{\dfrac{1.1 \times 10^3}{512}} \approx 1.396364$

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.

Données utiles le côté de la photographie représente 1,1 km ; l'introduction annonce un diamètre d'environ 900 m

On mesure à la règle sur la photographie, puis on utilise l'échelle : le côté du carré représente 1,1 km.

- D'un sommet à l'autre (horizontalement ou verticalement), l'astéroïde occupe environ $0{,}75$ fois le côté de l'image.
- En oblique, entre deux bords opposés, il occupe environ $0{,}65$ fois le côté.

En moyenne, il occupe environ $0{,}70$ fois le côté :

$$D \approx 0{,}70 \times 1{,}1 = 0{,}77 \text{ km}$$

L'introduction annonce « environ 900 m » : l'écart est de l'ordre de 10 %, ce qui est acceptable pour une mesure à la règle sur un objet de forme irrégulière.

$D \approx 0{,}8$ km : même ordre de grandeur que les 900 m annoncés, le résultat est cohérent.

PIÈGE
Prendre le côté de l'image (1,1 km) pour le diamètre : l'astéroïde ne remplit pas tout le cadre. Il faut mesurer et faire un calcul de proportionnalité.

COMPRENDRE
L'astéroïde n'est pas une sphère : selon la direction choisie on trouve entre $0{,}7$ et $0{,}85$ km. Toute valeur de cet ordre, obtenue par une mesure expliquée, est recevable.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$0.70 \times 1.1 \approx 0.77$

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

Données utiles 512×512 pixels ; 1 octet par pixel ; débit $D = 32$ kilobits par seconde

Taille de l'image : 512×512 pixels codés chacun sur 1 octet, soit 8 bits :

$$N = 512 \times 512 \times 8 = 2{,}1 \times 10^6 \text{ bits}$$

Le débit binaire est $D = \dfrac{N}{\Delta t}$, avec $D = 32 \times 10^3$ bit · s^{-1}, donc :

$$\Delta t = \frac{N}{D} = \frac{512 \times 512 \times 8}{32 \times 10^3}$$

$\Delta t = 66$ s, soit un peu plus d'une minute.

PIÈGE
Oublier de convertir les octets en bits (1 octet = 8 bits) : on trouverait une durée huit fois trop courte, alors que le débit est donné en bits par seconde.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$512 \times 512 \times 8 = 2\,097\,152$

$\dfrac{512 \times 512 \times 8}{32 \times 10^3} \approx 65.536$

3.1 Montrer que les coordonnées du vecteur vitesse et du vecteur position de G sont $v_x(t) = v_0$, $v_y(t) = -g_R\,t$ et $x(t) = v_0\,t$, $y(t) = -\dfrac{g_R\,t^2}{2} + h$.

Système {atterrisseur Mascot}, de masse m constante ; référentiel de l'astéroïde supposé galiléen ; seule force : le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}_R$, vertical vers le bas.

Deuxième loi de Newton : $m\,\vec{a} = m\,\vec{g}_R$, donc $\vec{a} = \vec{g}_R$, soit $a_x = 0$ et $a_y = -g_R$.

Comme $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$, on cherche les primitives : $v_x = C_1$ et $v_y = -g_R\,t + C_2$. À $t = 0$, la vitesse $\vec{v}_0$ est horizontale : $v_x(0) = v_0$ et $v_y(0) = 0$, donc $C_1 = v_0$ et $C_2 = 0$.

Comme $\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OG}}{\mathrm{d}t}$, on cherche encore les primitives : $x = v_0\,t + C_3$ et $y = -\dfrac{g_R\,t^2}{2} + C_4$. À $t = 0$, G est à la verticale de O à la hauteur h : $x(0) = 0$ et $y(0) = h$, donc $C_3 = 0$ et $C_4 = h$.

$$v_x(t) = v_0\ ;\ v_y(t) = -g_R\,t\ ;\ x(t) = v_0\,t\ ;\ y(t) = -\frac{g_R\,t^2}{2} + h$$

PIÈGE
Oublier le signe « $-$ » de a_y : l'axe (Oy) est orienté vers le haut et le poids vers le bas. Oublier la constante h dans $y(t)$: Mascot ne part pas de l'origine.

MÉTHODE
Toujours le même plan : système, référentiel, forces, deuxième loi de Newton, coordonnées de $\vec{a}$, puis deux recherches de primitives, chaque constante étant fixée par une condition initiale.

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 ?

Données utiles $g_R = 1{,}1 \times 10^{-4}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $v_0 = 5{,}5 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $h = 60\ \text{m}$; vitesse annoncée par l'article : $10\ \text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$

Mascot touche la surface à la date t_S telle que $y(t_S) = 0$:

$$-\frac{g_R\, t_S^2}{2} + h = 0 \quad \text{soit} \quad t_S = \sqrt{\frac{2\,h}{g_R}}$$

$$t_S = \sqrt{\frac{2 \times 60}{1{,}1 \times 10^{-4}}} = 1{,}0 \times 10^{3}\ \text{s}$$

Coordonnées de la vitesse à cette date : $v_x = v_0 = 5{,}5 \times 10^{-2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $v_y = -g_R\, t_S = -\sqrt{2\, g_R\, h} = -0{,}11\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Valeur de la vitesse :

$$v_S = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2\, g_R\, h}$$

$$v_S = \sqrt{(5{,}5 \times 10^{-2})^2 + 2 \times 1{,}1 \times 10^{-4} \times 60} = 0{,}13\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

L'article annonce une vitesse d'environ $10\ \text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$: on trouve $13\ \text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$, valeur du même ordre de grandeur.

$v_S = 0{,}13\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} = 13\ \text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$: cohérent avec les $10\ \text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ attendus selon l'article.

PIÈGE

Répondre $v_S = |v_y| = 0{,}11\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$: la vitesse garde sa composante horizontale v_0 jusqu'au sol. La valeur de la vitesse est la norme du vecteur.

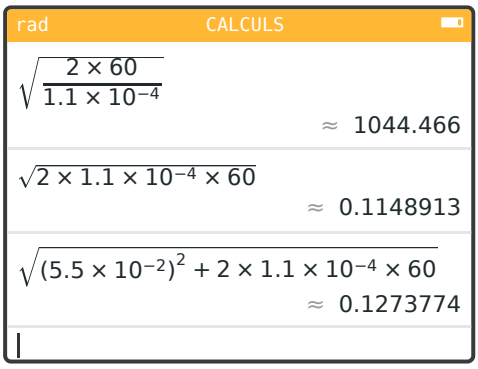
COMPRENDRE

La chute dure plus de 17 minutes pour 60 m : la pesanteur sur Ryugu est environ 10^5 fois plus faible que sur Terre. Mascot arrive à la vitesse d'un objet lâché sur Terre d'un millimètre de haut.

MÉTHODE

Vérification par l'énergie : seul le poids travaille, donc $\frac{1}{2} m\, v_S^2 = \frac{1}{2} m\, v_0^2 + m\, g_R\, h$, ce qui redonne $v_S = \sqrt{v_0^2 + 2\, g_R\, h}$, indépendante de la masse.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : Un microphone sur la planète Mars

Bac S 2019 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

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

Données utiles énergie d'une impulsion $E = 15$ mJ ; durée d'une impulsion $\Delta t = 5$ ns

Pendant une impulsion, le laser délivre l'énergie E en une durée Δt. Sa puissance est donc :

$$P_{\text{laser}} = \frac{E}{\Delta t} = \frac{15 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-9}} = 3 \times 10^{6} \text{ W}$$

Un pointeur laser de salle de classe a une puissance de l'ordre du milliwatt : celle-ci est environ un milliard de fois plus grande.

$P_{\text{laser}} = 3 \times 10^{6}$ W $= 3$ MW pendant l'impulsion : l'appellation « laser de puissance » est justifiée.

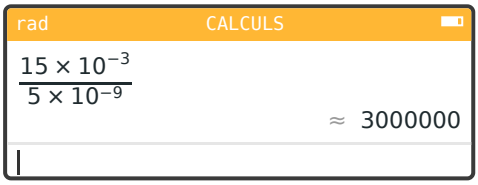
PIÈGE

Oublier les conversions : $1 \text{ mJ} = 10^{-3}$ J et $1 \text{ ns} = 10^{-9}$ s. La valeur 1067 nm est une longueur d'onde, inutile ici.

COMPRENDRE

Un seul chiffre significatif, comme la durée 5 ns. L'énergie est modeste (15 mJ) ; c'est la brièveté de l'impulsion qui rend la puissance énorme, et seulement pendant 5 ns.

À LA CALCULATRICE



2 Problème. Les sons des impacts laser ont une fréquence de 1 kHz. Déterminer dans quelle condition de vent, parmi celles proposées, le microphone de SuperCam détecte ces sons.

Données utiles $P = 1{,}3 \times 10^{-2}$ W ; portée $R = 4$ m ; $I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}$ W · m^{-2} ; vent moyen : 53 dB ; vent fort : 74 dB ; marge de détection : 10 dB

Critère. Le son est détecté si son niveau au microphone dépasse d'au moins 10 dB celui du vent : il faut $L_{\text{reçu}} > 63$ dB par vent moyen ($3{,}5$ m · s^{-1}) et $L_{\text{reçu}} > 84$ dB par vent fort (10 m · s^{-1}).

On se place dans le cas le plus défavorable, la cible la plus lointaine : $R = 4$ m.

Niveau sans absorption. La source émet dans toutes les directions :

$$I = \frac{P}{4\pi R^2} = \frac{1{,}3 \times 10^{-2}}{4\pi \times 4^2} = 6{,}5 \times 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \log\left(\frac{6{,}5 \times 10^{-5}}{1{,}0 \times 10^{-12}}\right) = 78 \text{ dB}$$

Absorption par l'atmosphère. Sur le graphique, à $f = 1$ kHz $= 1000$ Hz, on lit $\alpha \approx 0{,}05$ dB · m^{-1}.

$$A = \frac{-20\,\alpha\,R}{\ln(10)} - 12 = \frac{-20 \times 0{,}05 \times 4}{\ln(10)} - 12 = -14 \text{ dB}$$

Niveau reçu. $L_{\text{reçu}} = L + A = 78 - 14 = 64$ dB.

Comparaison. 64 dB > 63 dB : détection possible par vent moyen.
64 dB < 84 dB : détection impossible par vent fort.

Regard critique. Par vent moyen, la marge n'est que de 1 dB à 4 m, alors que α est lu sur une échelle logarithmique, que 53 dB est un ordre de grandeur et que P a été mesurée en conditions terrestres : à 4 m, la détection est à la limite et cesse dès que le vent forcit. Pour une cible plus proche, le niveau reçu augmente, donc la détection est plus sûre. Par vent fort, il faudrait $R \approx 0{,}5$ m pour atteindre 84 dB ($L = 96$ dB, $A = -12$ dB) : c'est irréaliste pour un tir à distance.

$L_{\text{reçu}} \approx 64$ dB à 4 m : le microphone détecte les impacts par vent moyen ($3{,}5$ m · s^{-1}, seuil 63 dB), mais pas par vent fort (10 m · s^{-1}, seuil 84 dB).

PIÈGE
Les niveaux en décibels s'ajoutent ou se retranchent, pas les intensités. Additionner A à I, ou oublier le terme constant -12 dB, fausse toute la conclusion.

COMPRENDRE
Le niveau baisse pour deux raisons : la puissance se répartit sur une sphère de plus en plus grande (atténuation géométrique), et le milieu absorbe une partie de l'énergie (atténuation par absorption, ici A).

MÉTHODE
Sur une échelle logarithmique, les graduations entre 0,01 et 0,1 valent 0,02 ; 0,03 ; … ; 0,09 et se resserrent vers le haut. À 1000 Hz, la courbe passe un peu au-dessus du milieu de la décade : environ 0,05.

À LA CALCULATRICE

