

# BACCALAURÉAT BLANC

## DE PHYSIQUE-CHIMIE

– SÉRIE S –

Durée de l'épreuve : 3 h 30.  
Les calculatrices sont **AUTORISÉES**

Coefficient : 8

Ce sujet comporte 1 exercice de CHIMIE et 2 exercices de PHYSIQUE.

Vous utiliserez 1 copie par exercice.

*Le candidat doit traiter les trois exercices. La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.*

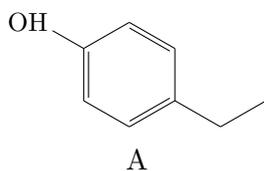
N° exercice	Titre	Points	Énoncé pages	Annexe en page
1	Vin et corrosion	6,5	2-7	14
2	Mission vers Mars	8,5	7-10	Aucune
3	Clarinettiste voyageur	5	11-13	Aucune

## Exercice n°1 – Vin et corrosion (6,5 points)

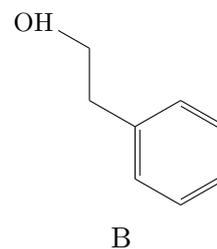
Les deux parties de cet exercice sont indépendantes et peuvent être faites dans l'ordre que vous souhaitez.

### Partie n°1 : Identification spectrale de molécules organiques

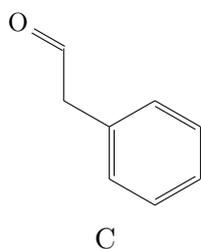
#### Document 1 : Odeurs, arômes, parfums



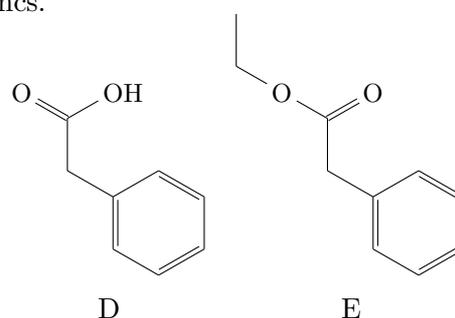
Le 4-éthylphénol **A** contribue à donner à certains vins une odeur désagréable, de sueur ou de cuir, détectable dès que sa teneur dépasse  $500 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ .



Le 2-phényléthanol **B** est naturellement présent dans les essences de rose, de géranium et dans certains vins blancs.



Le phényléthanal **C** a été mis en évidence dans des céréales, dans le chocolat et dans diverses fleurs. Des insectes l'utilisent pour communiquer.



L'acide phényléthanoïque **D** est un solide qui présente une odeur florale et sucrée ; l'un de ses dérivés le phényléthanoate d'éthyle **E** participe à l'arôme du miel.

#### Document 2 : Analyses spectrales

Les figures 1 et 2 donnent respectivement des extraits des spectres infrarouge des composés A et B. Le spectre du composé A a été obtenu à partir d'une solution diluée de A dans le tétrachlorométhane  $\text{CCl}_4$  alors que celui du composé B l'a été à partir d'un film de B pur à l'état liquide. Les figures 3 et 4 donnent les spectres de RMN des composés A et B.

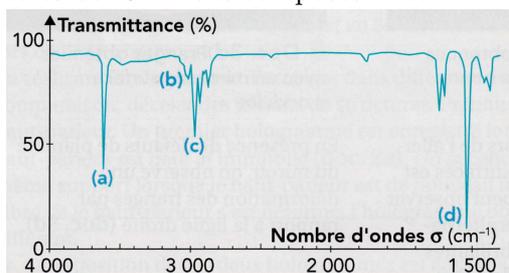


Figure 1

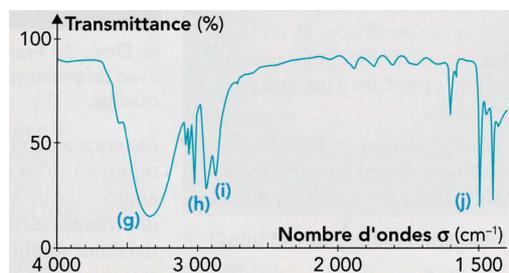


Figure 2

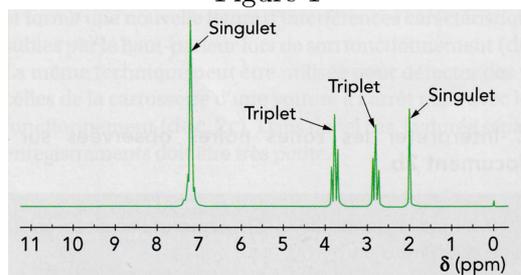


Figure 3

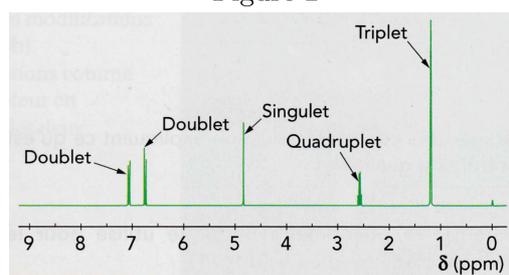


Figure 4

**Document 3 : Données**

Le vin est un mélange principalement constitué d'eau et d'éthanol

Tableau I : bandes d'absorption de quelques liaisons en infrarouge

Liaison	Nombre d'ondes $\sigma$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensité	Liaison	Nombre d'ondes $\sigma$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensité
O-H <sub>libre</sub>	3580-3650	F; fine	C=O <sub>ester</sub>	1700-1740	F
O-H <sub>lié</sub>	3200-3400	F; large	C=O <sub>aldéh. cétone</sub>	1650-1730	F
C <sub>tri</sub> -H	3000-3100	M	C=O <sub>acide</sub>	1680-1710	F
C <sub>tri</sub> -H <sub>aromat.</sub>	3030-3080	M	C=C <sub>aromat.</sub>	1450-1600	M
C <sub>tét</sub> -H	2800-3000	F	C <sub>tét</sub> -H	1415-1470	F

F : forte ; M : moyenne

Tableau II : déplacement chimique  $\delta$  (ppm) de quelques protons

Proton	$\delta$ (ppm)	Proton	$\delta$ (ppm)	Proton	$\delta$ (ppm)
CH <sub>3</sub> -C	0,9	Ar-H	7-9	C-CH <sub>2</sub> -O-CO	4,1
CH <sub>3</sub> -C-O	1,4	-CO-OH	8,5-13	C-CH <sub>2</sub> -CO-O	2,2
CH <sub>3</sub> -C-O-CO	1,3	R-OH	0,5-5,5	C-CH <sub>2</sub> -Ar	2,7
R-CO-H	9,9	Ar-OH	4,2-7,1	C-CH <sub>2</sub> -C	1,3
C-CH-Ar	3,0	C-CH <sub>2</sub> -O-H	3,6	C-CH <sub>2</sub> -C <sub>cycle</sub>	1,5

Ar désigne un composé avec un cycle aromatique comme le benzène  ou ses dérivés.

R désigne un radical alkyle et -CO- correspond au groupe C=O

- Déterminer les formules brutes de **A** et **B**. Conclure.
- A l'aide du *tableau I*, attribuer les bandes d'absorption, notées **a** et **g**, aux liaisons présentes dans les molécules de **A** et **B**.
- Les nombres d'ondes et la forme des signaux **a** et **g** sont différents. Expliquer pourquoi.
 

La dégustation d'un vin blanc conduit à envisager la présence de traces des composés **A** et **B**.
- Quelles sont les constituants majoritaires du vin ?
- Indiquer alors, pour quelle raison le spectre infrarouge de ce vin ne permettrait pas de vérifier la présence du composé **B** dans ce vin ?
- Représenter la formule semi-développée de **B**.
- En justifiant la réponse, trouver le spectre RMN correspondant au composé **B** (figure 3 ou 4) et mettre en correspondance les signaux du spectre avec la formule semi-développée de **B**.
 

**Remarque : Les hydrogènes du cycle aromatique du composé B sont considérés comme tous équivalents et n'ayant aucun voisin.**

**Partie n°2 : La corrosion des gouttières.**

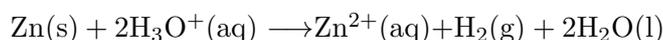
Document 1 : Les pluies acides

Les précipitations sont naturellement acides en raison du dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère. Par ailleurs, la combustion des matières fossiles (charbon, pétrole et gaz) produit du dioxyde de soufre et des oxydes d'azote qui s'associent à l'humidité de l'air pour libérer de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique. Ces acides sont ensuite transportés loin de leur source avant d'être précipités par les pluies, le brouillard, la neige ou sous forme de dépôts secs.

Très souvent, les pluies s'écoulant des toits sont recueillies par des gouttières métalliques, constituées de zinc.

Document 2 : Données

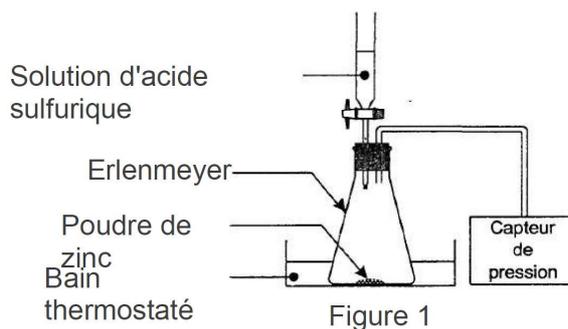
- Masse molaire atomique du zinc :  $M_{(Zn)} = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Loi des gaz parfaits :  $P \times V = n \times R \times T$  avec P la pression du gaz (en pascal Pa), V le volume occupé par le gaz (en  $\text{m}^3$ ), n la quantité de matière de gaz (en mol), R la constante universelle des gaz parfaits :  $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$  et T la température absolue (en kelvin K)
- Le zinc est un métal qui réagit en milieu acide selon la réaction d'équation:

**1. Suivi cinétique de la transformation**

Document 3 : suivi cinétique de la réaction

Pour étudier cette transformation, considérée comme totale, on réalise l'expérience dont le schéma simplifié est représenté sur la figure 1.

À l'instant de date  $t = 0 \text{ s}$ , on verse rapidement, sur 0,50 g de poudre de zinc, 75,0 mL de solution d'acide sulfurique de concentration en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  égale à  $0,40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . La pression mesurée à cet instant par le capteur est  $P_i = 1020 \text{ hPa}$ . La formation de dihydrogène crée une surpression qui s'additionne à la pression de l'air initialement présent. Les valeurs de la pression, mesurée à différentes dates par le capteur de pression, reportées dans le tableau ci-après :



t(min)	0	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0
P(hPa)	1020	1030	1060	1082	1101	1120	1138	1172	1215	1259	1296	1335
t(min)	45,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	110	140	160	190	240	300
P(hPa)	1413	1452	1513	1565	1608	1641	1697	1744	1749	1757	1757	1757

- 1.1. Déterminer les quantités de matières initiales de zinc et d'ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  introduits dans l'erlenmeyer.
- 1.2. Compléter le tableau d'avancement de l'annexe à l'aide d'expressions littérales puis montrer que la quantité de matière maximale de dihydrogène formé est  $n_{(\text{H}_2)_{\text{max}}} = 7,6 \text{ mmol}$ . (**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**).

**1.3.** On considère que le dihydrogène libéré par la réaction est un gaz parfait. À chaque instant la surpression  $(P - P_i)$  est proportionnelle à la quantité  $n_{(H_2)}$  de dihydrogène formé et inversement proportionnelle au volume  $V_{gaz}$  de gaz contenu dans l'erlenmeyer :  $(P - P_i) \times V_{gaz} = n_{(H_2)} \times R \times T$ , où  $P_i$  représente la pression mesurée à la date  $t = 0$  s,  $P$  la pression mesurée par le capteur et  $T$  la température du milieu (maintenue constante pendant l'expérience).

**1.3.1.** On note  $P_{max}$  la pression mesurée à l'état final. Écrire la relation donnant la quantité de matière maximale de dihydrogène  $n_{(H_2)max}$  en fonction de  $P_{max}$ ,  $P_i$ ,  $V_{gaz}$ ,  $R$  et  $T$ .

**1.3.2.** En déduire la relation donnant  $n_{(H_2)}$  :  $n_{(H_2)} = n_{(H_2)max} \times \left( \frac{(P - P_i)}{(P_{max} - P_i)} \right)$

La courbe donnant l'évolution de la quantité de matière de dihydrogène  $n_{(H_2)}$  en fonction du temps est représentée sur la figure 2 en **ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

**1.3.3.** Vérifier à l'aide de la courbe la valeur de  $n_{(H_2)max}$  trouvée au 1.2.

**1.3.4.** A l'aide du tableau des résultats, déterminer la valeur de  $n_{(H_2)}$  à la date  $t = 50,0$  min. Vérifier cette valeur sur la courbe.

## 2. Facteurs cinétiques

Document 4 : Influence de la concentration en ions oxonium

On reprend le montage précédent (figure 1 du document 3) et on réalise les trois expériences suivantes :

	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3
Température	25 °C	25 °C	25 °C
Masse initiale de zinc	0,50 g	0,50g	0,50 g
Forme du zinc	poudre	poudre	poudre
Volume de la solution d'acide sulfurique versée	75 mL	75 mL	75 mL
Concentration initiale en ions oxonium	0,50 mol.L <sup>-1</sup>	0,25 mol.L <sup>-1</sup>	0,40 mol.L <sup>-1</sup>

Pour chacune des expériences 1, 2 et 3, on a tracé sur la figure 3 ci-dessous les trois courbes (a), (b) et (c) représentant la quantité de matière de dihydrogène  $n_{(H_2)}$  de la réaction lors des 50 premières minutes.

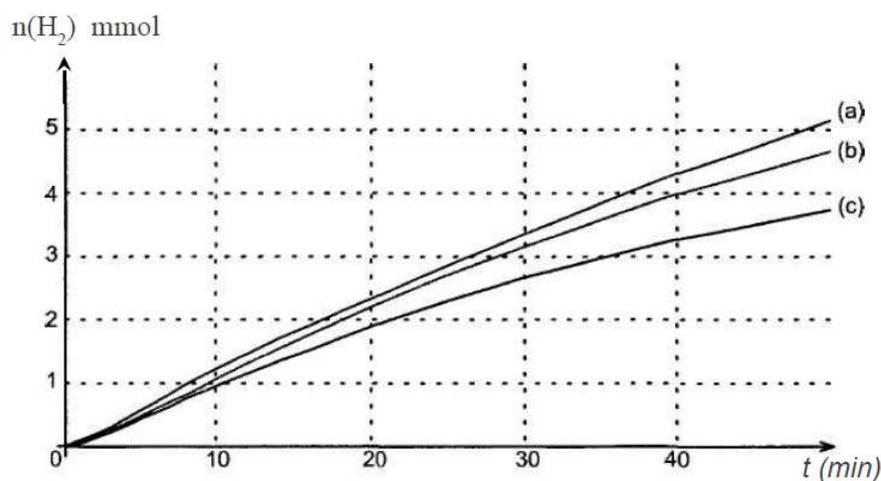


Figure 3

**2.1.** Associer à chacune des courbes de la figure 3 le numéro de l'expérience 1, 2 ou 3 correspondante. Justifier.

Document 5 : Influence de la forme du zinc (division et état de surface)

On reprend le montage de la figure 1 et on réalise trois nouvelles expériences :

- avec de la poudre de zinc ;
- avec de la grenaille de zinc récemment fabriquée ;
- avec de la grenaille de zinc de fabrication ancienne.

	Expérience 4	Expérience 5	Expérience 6
Température	25 °C	25 °C	25 °C
Masse initiale de zinc	0,50 g	0,50 g	0,50 g
Forme du zinc	poudre	grenaille	grenaille de zinc de fabrication ancienne recouverte d'une couche de carbonate de zinc
Volume de la solution d'acide sulfurique versé	75 mL	75 mL	75 mL
Concentration initiale en ions oxonium	0,50 mol.L <sup>-1</sup>	0,50 mol.L <sup>-1</sup>	0,50 mol.L <sup>-1</sup>

On trace les courbes  $n_{(H_2)} = f(t)$  pour les trois expériences et on obtient la figure 4.

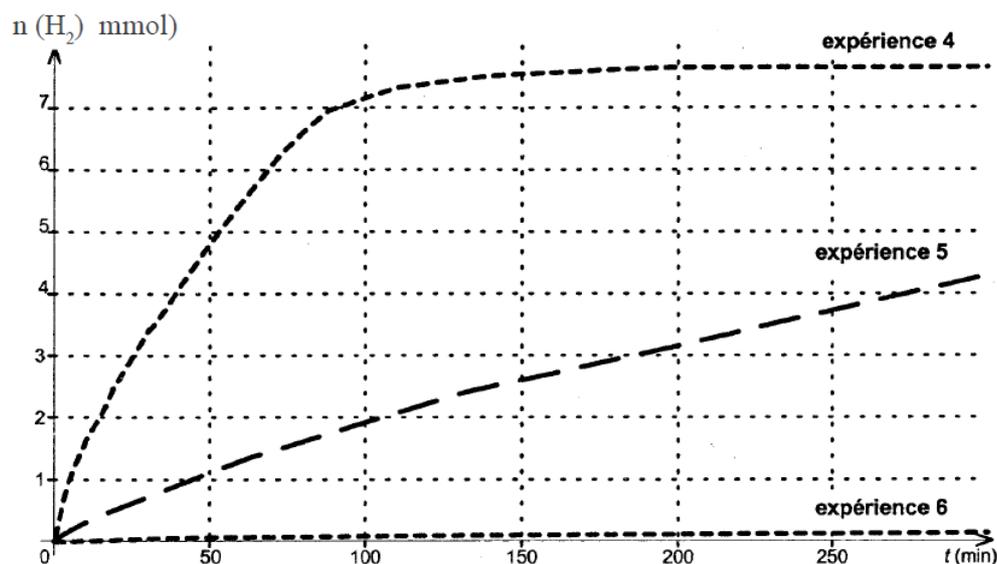


Figure 4

**2.2.** A partir des courbes obtenues lors des expériences 4 et 5, indiquer quelle est l'influence de la surface du zinc en contact avec la solution sur la durée de la réaction.

**2.3.** En milieu humide, le zinc se couvre d'une mince couche de carbonate de zinc qui lui donne un aspect patiné. À partir des courbes obtenues, indiquer quelle est l'influence de cette couche de carbonate de zinc sur la durée de la réaction.

## Exercice n°2 – Mission vers Mars (8,5 points)

*Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.*

L'exploration de la planète Mars présente indéniablement un intérêt scientifique : la planète rouge permet de comprendre le passé, le présent et peut-être le futur de la planète Terre. De plus, sa relative proximité en fait une cible idéale pour d'éventuelles missions habitées. Récemment, des images prises par les orbiteurs, comme la sonde Mars Express, montrent de grands canaux asséchés, ce qui peut démontrer la présence passée d'eau liquide sur Mars. Le rover Curiosity arpente actuellement sa surface pour essayer de mettre en évidence des traces de vies, actuelles ou passées.

Depuis les débuts de la conquête spatiale dans les années 1960, plus de 38 sondes ont été envoyées.

### Partie A : Mars Express.

Mars Express est une sonde spatiale de l'Agence spatiale européenne (ESA) lancée le 2 juin 2003 pour étudier la planète Mars. Il s'agit de la première mission d'exploration d'une autre planète du système solaire lancée par l'Agence européenne.

La sonde possède une orbite polaire autour de Mars avec une inclinaison de  $86^\circ$ , un périégée de 298 km et un apogée 10 107 km. Sur l'orbite choisie la sonde effectue un passage proche de Mars en longeant la surface d'un pôle à l'autre durant lequel elle fait fonctionner ses instruments scientifiques puis elle s'éloigne de Mars. Après avoir tourné son antenne vers la Terre, elle envoie les données recueillies.

Mars Express est actuellement la seule sonde en orbite autour de Mars capable de réaliser des survols proches de Phobos. Cette sonde en a réalisé des photographies en haute résolution et a pu en déterminer la masse en évaluant la déviation de trajectoire lors de passages à proximité de Phobos.

#### Document 1 : Mars, Phobos et Déimos.

Phobos est le plus grand des deux satellites de Mars, l'autre étant Déimos. Les noms de ces deux satellites proviennent de Phobos (peur en grec) et Déimos (terreur), les deux jumeaux que le dieu Mars eut de la déesse Vénus. Phobos est un bloc de rocher allongé creusé de cratères. Son diamètre maximum ne dépasse pas 25 km. Il orbite à une altitude si faible qu'il se lève et se couche deux fois par jour martien. Déimos est trois fois plus éloigné de Mars et encore plus petit que Phobos : son diamètre n'excède pas 6 km.

#### Données sur Mars :

- période de rotation sidérale :  $T_M = 24 \text{ h}37 \text{ min}$ .
- rayon martien :  $R_M = 3,4 \times 10^3 \text{ km}$
- masse de Mars notée  $M_M$

#### Données sur Phobos :

- période de révolution de Phobos autour de Mars :  $T_P = 7 \text{ h}39 \text{ min}14 \text{ s}$ .
- de l'orbite de Phobos autour du centre de Mars :  $R_P = 9,4 \times 10^3 \text{ km}$

#### Constante de gravitation universelle :

- $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

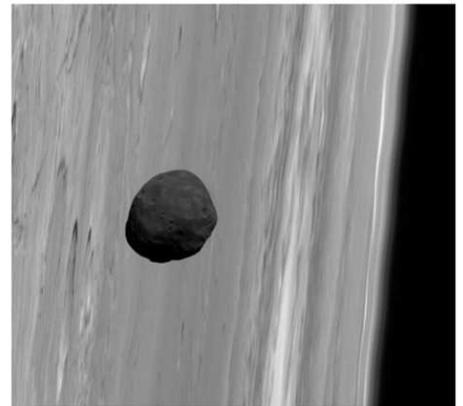


FIGURE 1 – La Lune martienne Phobos vue par Mars Express.

### 1. Masse de Mars

Le référentiel marsocentrique, lié à des axes issus du centre de Mars et dirigés vers des étoiles fixes

est considéré galiléen. L'étude du mouvement de Phobos est effectuée dans ce référentiel. On ne tient compte que de l'influence gravitationnelle de Mars.

1.1. Représenter sur un schéma :

- la planète Mars (**M**) et son satellite Phobos (**P**) considéré ponctuel,
- un vecteur unitaire  $\vec{u}$  orienté du satellite Phobos (P) vers Mars (M)
- et la force d'interaction gravitationnelle exercée par Mars sur Phobos.

Donner l'expression vectorielle de cette force en fonction du vecteur unitaire  $\vec{u}$ .

1.2. A partir de la deuxième loi de Kepler, montrer que dans l'approximation d'une trajectoire circulaire, le mouvement de Phobos est uniforme.

1.3. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'expression littérale de sa vitesse  $v$  sur son orbite en fonction des grandeurs  $M_M$ ,  $R_P$  et  $G$ .

1.4. Montrer que la période de révolution  $T_P$  de Phobos peut s'exprimer sous la forme :

$$T_P = 2\pi \sqrt{\frac{R_P^3}{G \times M_M}}.$$

1.5. Calculer la masse de la planète Mars.

## 2. Phobos et Déimos

2.1. La période de révolution de Phobos autour de Mars est-elle plus grande ou plus petite que celle de Déimos ? Justifier.

2.2. Quel phénomène physique a permis à Mars Express de déterminer la masse de Phobos ?

## Partie B : La nouvelle façon de se poser sur Mars de la sonde Curiosity

### Document 2 : La robot Curiosity.

« Arrivé sur Mars le 6 août 2012, Curiosity, robot mobile (rover) de la NASA n'a pour le moment pas révolutionné notre connaissance de cette planète. Pourtant, l'agence spatiale américaine considère déjà la mission comme un immense succès. Pourquoi ? Parce qu'elle a réussi à faire atterrir sans encombre le plus gros rover de l'histoire de l'exploration martienne : longueur = 3 m ; largeur = 2,7 m ; hauteur = 2,2 m ; masse = 900 kg. Et qu'elle a ainsi démontré l'efficacité d'une nouvelle technique d'atterrissage automatique extraterrestre. Cette technique audacieuse a mis en œuvre une « grue volante » pour déposer tout en douceur le robot au bout de trois filins. [...]

Faire atterrir une sonde sur Mars est un exercice périlleux, comme l'ont prouvé les échecs de plusieurs missions. La dernière en date fût Beagle 2, qui s'est écrasée au sol en 2003.

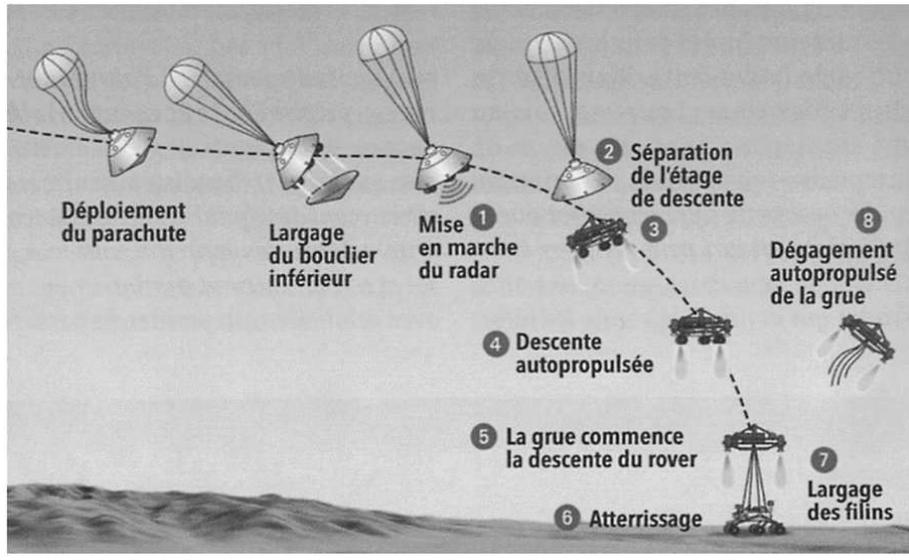
La principale difficulté vient du fait que l'atmosphère martienne est très ténue : moins de 1% de la pression de l'atmosphère terrestre. Résultat, l'utilisation d'un bouclier thermique, qui tire parti de la friction sur les couches atmosphériques, puis d'un parachute de très grande taille, comme on le fait pour le retour d'engins sur Terre, ne suffit pas pour freiner l'engin. Il faut faire appel à un autre dispositif pour le ralentir encore un peu plus et le poser sans danger.[...]

Dans la tête des ingénieurs de la NASA a émergé alors une [nouvelle] idée. Elle était inspirée par les hélicoptères de l'armée américaine baptisés « grue volante », capables de transporter et de déposer au sol des charges de plusieurs tonnes à l'extrémité d'un filin. Dans la version spatiale de cette grue volante, c'est un étage de descente propulsé par huit rétrofusées qui joue le rôle de l'hélicoptère ».



FIGURE 2 – La « grue volante ».

**Document 3 : Les principales étapes de l'atterrissage de Curiosity sur Mars.**



Après sa descente sous un parachute, la capsule allume son radar pour contrôler sa vitesse et son altitude (1). À 2 kilomètres d'altitude et à une vitesse de 100 mètres par seconde, l'étage de descente, auquel est rattaché le rover, se sépare de la capsule (2) et allume ses 8 moteurs fusées (3) pour ralentir jusqu'à faire du « quasi-surplace » (4).

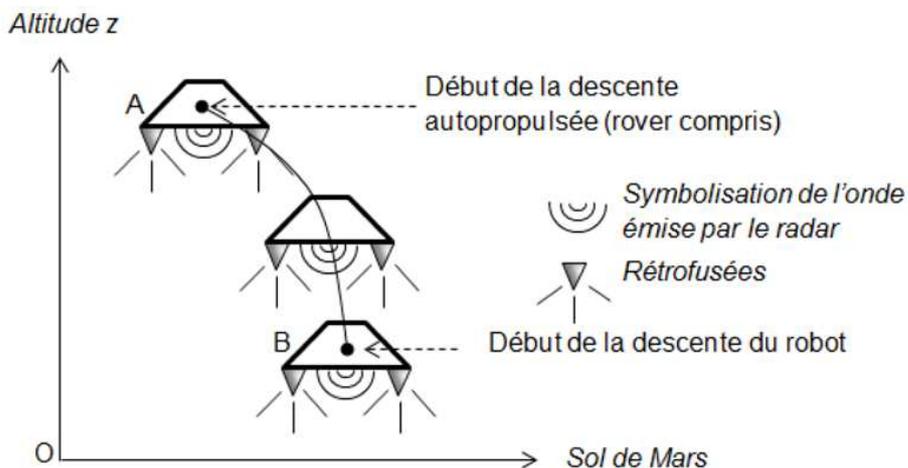
À 20 mètres du sol, l'étage de descente a une vitesse de 75 centimètres par seconde seulement, il commence alors à descendre le robot au bout de trois filins de 7,50 mètres (5). L'engin dépose Curiosity en douceur (6). Les filins sont coupés, ainsi que le « cordon ombilical » qui permettait à l'ordinateur de bord du rover de contrôler la manœuvre (7). L'étage de descente augmente alors la poussée de ses moteurs pour aller s'écraser à 150 mètres du lieu d'atterrissage (8).

**Document 4 : Quelques données.**

- Champ de pesanteur au voisinage de la surface de Mars :  $g=3,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .
- Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

**3. La descente autopropulsée**

**Document 5 : la descente autopropulsée.**



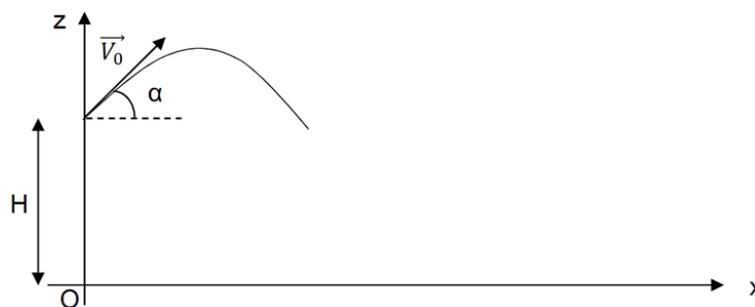
On admet que la masse  $m$  de l'étage de descente (rover compris) reste à peu près constante lors de la descente et vaut environ  $2,0 \times 10^3 \text{ kg}$ , et que le champ de pesanteur martien  $\vec{g}$  est uniforme durant cette phase.

- 3.1.** Établir l'expression du travail du poids  $W(\vec{P})$  de l'étage de descente, lors de son déplacement du point A au point B définis sur le document 5 en fonction notamment des altitudes  $z_A$  et  $z_B$ , respectivement du point A et du point B.
- 3.2.** Déterminer la valeur du travail du poids entre A et B et commenter son signe.
- 3.3.** Évolution de l'énergie mécanique de l'étage de descente.
- 3.3.1.** Déterminer la valeur de l'énergie mécanique  $E_m$  de l'étage de descente au point A et au point B.
- 3.3.2.** L'énergie mécanique de l'étage de descente évolue-t-elle au cours du mouvement entre les points A et B? Interpréter qualitativement ce résultat.
- 4.** Les secondes les plus longues de la mission.  
À partir des données des documents 2 et 3 et en faisant différentes hypothèses, estimer la durée  $\Delta t$  de la phase de descente du robot entre le moment où la grue commence à le descendre et son atterrissage sur le sol martien.  
*Toute initiative prise pour résoudre cette question, ainsi que la qualité de la rédaction explicitant la démarche suivie seront valorisées.*
- 5.** Dégagement autopropulsé de l'étage de descente désolidarisé du rover.  
Une fois le rover déposé, la poussée des moteurs augmente et propulse verticalement l'étage de descente jusqu'à une altitude de 50 m au-dessus du sol martien. L'étage s'incline alors d'un angle de  $45^\circ$  par rapport à l'horizontal et les moteurs se coupent.
- 5.1.** À partir du moment où les moteurs se coupent, l'étage de descente a un mouvement de chute libre. Justifier.
- 5.2.** À l'aide des informations données sur l'équation de la trajectoire d'un mouvement de chute libre, déterminer la valeur de la vitesse initiale  $V_0$  minimale permettant d'écarter l'étage de descente d'au moins 150 m du lieu d'atterrissage du rover.

**Document 6**

Dans un champ de pesanteur uniforme, l'équation de la trajectoire d'un mouvement de chute libre avec vitesse et altitude initiales s'écrit :

$$z(x) = -\frac{g \times x^2}{2V_0^2 \times \cos^2\alpha} + x \times \tan\alpha + H$$



### Exercice n°3 – Clarinettiste voyageur (5 points)

La clarinette est un instrument de musique à vent de la famille des bois. On peut légèrement modifier sa longueur en emboîtant plus au moins profondément les différents éléments la constituant.

**Document 1 : Description de la clarinette (source : wikipedia).**



1 : bec et ligature ; 2 : anche et son étui ; 3 : barillet ;  
4 : corps du haut (main gauche) ; 5 : corps du bas (main droite) ; 6 : pavillon



**Document 2 : Fréquence d'accord.**

En France, les musiciens ont l'habitude de s'accorder sur la note « la » de fréquence 442 Hz. Aux États-Unis, l'accord se fait sur la note « la » de fréquence 440 Hz.

**Document 3 : Acoustique musicale.**

Un son pur est une vibration sonore sinusoïdale tandis qu'un son complexe est une vibration sonore périodique non sinusoïdale. Les instruments de musique produisent des ondes sonores complexes décomposables en une somme de sons sinusoïdaux. Un son complexe de fréquence  $f$  est la superposition d'un son sinusoïdal de même fréquence  $f$  (le fondamental) et de sons sinusoïdaux de fréquences multiples de  $f$  (les harmoniques).

**Document 4 : Modélisation d'une clarinette par un tuyau sonore.**

On peut modéliser une clarinette par une colonne d'air cylindrique, de longueur  $L$ , ouverte à une extrémité et fermée à l'autre. La vibration de l'anche engendre la vibration de l'air à l'intérieur de la clarinette selon les fréquences propres données par la relation :

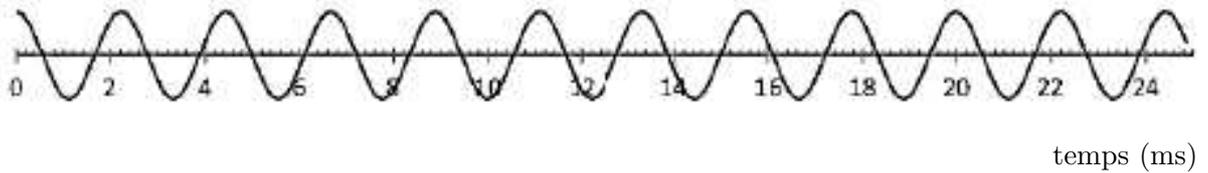
$$f = (2n - 1) \times \frac{v}{4L}$$

où  $L$  est la longueur en mètre de la colonne d'air,  $n$  un entier supérieur ou égal à 1 et  $v$  la célérité du son dans l'air :  $v = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  à  $20^\circ\text{C}$ .

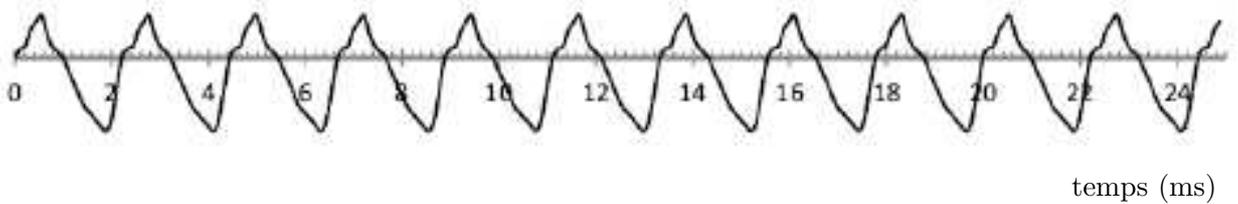
La fréquence fondamentale correspond à  $n = 1$ .

1. Florent est un clarinettiste qui souhaite savoir si son instrument est bien accordé. N'ayant pas d'accordeur à sa disposition, il décide de s'enregistrer et de traiter l'information avec un logiciel de traitement du son.
  - 1.1. Parmi les deux enregistrements a et b ci-dessous, lequel correspond à celui de la clarinette de Florent. Justifier votre réponse.

Enregistrement a



Enregistrement b



- 1.2. La clarinette de Florent est-elle bien accordée pour jouer dans un orchestre français ?
2. Quelle est la longueur  $L$  de la colonne d'air mise en mouvement dans la clarinette lorsqu'elle est accordée pour la France ?
3. Florent se produit en concert aux États-Unis. Expliquer pourquoi et comment il doit modifier la géométrie de sa clarinette.
4. En attendant de prendre l'avion pour retourner en France, Florent lit un article sur « la physique de la clarinette ». Une phrase l'interpelle : « La clarinette ne fournit que les harmoniques impairs ». Montrer que le modèle du tuyau sonore est en accord avec cette affirmation.
5. De retour en France, Florent emmène sa clarinette chez son luthier habituel pour effectuer un entretien. Dans la boutique, une nouvelle clarinette de fabrication française en matériau composite attire son attention. Le luthier lui explique les avantages de cette nouvelle technologie par rapport à une clarinette traditionnelle en ébène.

À l'aide des documents 5 à 9, faire une synthèse d'environ 15 lignes des différents arguments scientifiques (ou technologiques) et sociétaux que le luthier peut avancer.

**Document 5 : Définition d'un matériau composite.**

Un matériau composite est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles, mais ayant une forte capacité d'adhésion. Le nouveau matériau ainsi constitué possède des propriétés spécifiques que les éléments seuls ne possèdent pas. Cette technologie est le moyen d'améliorer sensiblement certaines caractéristiques (légèreté, rigidité à l'effort, etc.) et par conséquent elle trouve de nombreuses applications dans différents secteurs industriels.

**Document 6 : Clarinette en matériau composite.**

Il existe des clarinettes réalisées en matériau composite d'ébène reconstitué, issu du bois recyclé de la production des clarinettes traditionnelles. Le matériau composite permet de conserver 100 % des propriétés acoustiques des instruments de musique traditionnels en ébène avec l'assurance d'une fiabilité et d'une longévité incontestable puisqu'il ne peut pas se fendre par choc climatique, véritable facteur d'angoisse chez les clarinettistes.

Composition du matériau composite d'ébène reconstitué : 95 % de poudre d'ébène, 5 % de fibres de carbone et de résine époxy.

**Document 7 : L'ébène.**

L'ébène (nom féminin) est le nom donné au bois de cœur issu de plusieurs espèces d'arbres de la famille des Ebenaceae appartenant au genre Diospyros, appelés ébéniers, ainsi que certains arbres du genre Dalbergia. Ils se rencontrent dans les régions tropicales et sont connus depuis la plus haute Antiquité pour la couleur noire de leur bois.

Les caractéristiques principales de l'ébène sont sa couleur noire et sa densité élevée. C'est un bois travaillé en ébénisterie, sculpture, lutherie, marqueterie, coutellerie, et dans des jeux (échecs, dames...) sous forme de bois massif, en feuillets ou en placage scié.

L'ébène est également utilisée pour la conception d'instruments de musique tels la flûte à bec, la clarinette, le hautbois, la touche des instruments à cordes et certaines baguettes de tambour.

**Document 8 : Exploitation de l'ébène.**

Dans un lot de bois d'ébène, 50 % sont utilisés pour fabriquer les clarinettes professionnelles en ébène, 25 % pourront être utilisés pour fabriquer les clarinettes d'étude. Il y a approximativement 25 % de déchets.

L'exploitation de l'ébène africaine (Mozambique, Tanzanie ...) devient de plus en plus problématique à cause de sa grande consommation. Aussi est-elle recherchée, vue sa rareté, dans des régions de plus en plus éloignées des centres, parfois difficilement accessibles et dont le terrain est quelquefois marécageux.

Notons qu'il est difficile de pourvoir au reboisement des forêts d'ébéniers (il ne s'agit pas de plantations) car l'arbre utilisé pour la fabrication des clarinettes doit avoir plus de cent ans d'âge. En 2005, 96 % du bois exporté en provenance de la région du sud-est de la Tanzanie était abattu illégalement.

**Document 9 : Dureté comparée.**

La dureté Brinell est mesurée par la profondeur de l'empreinte laissée par une bille de 23 mm de diamètre, d'une masse de 1 kg, lâchée d'une hauteur de 50 cm. Ce test permet de mesurer la dureté du bois et sa résistance au poinçonnement. Plus l'indice est élevé, plus la dureté du bois est importante.

La dureté Brinell de l'ébène est 22,6 et celle du matériau composite d'ébène est 35,6.

ANNEXE – Vin et corrosion (A rendre avec la copie)
--

Partie 2

## Question 1.2

Équation de la réaction : $\text{Zn(s)} + 2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$						
État du système	avancement	n(Zn)	n(H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> )	n(Zn <sup>2+</sup> )	n(H <sub>2</sub> )	n(H <sub>2</sub> O)
État initial	0	$n(\text{Zn})_{(i)}$	$n(\text{H}_3\text{O}^+)_{(i)}$	0	0	EXCÈS
Au cours de la transformation	$x$					EXCÈS
État final	$x_{max}$					EXCÈS

Questions 1.3.3. et 1.3.4.

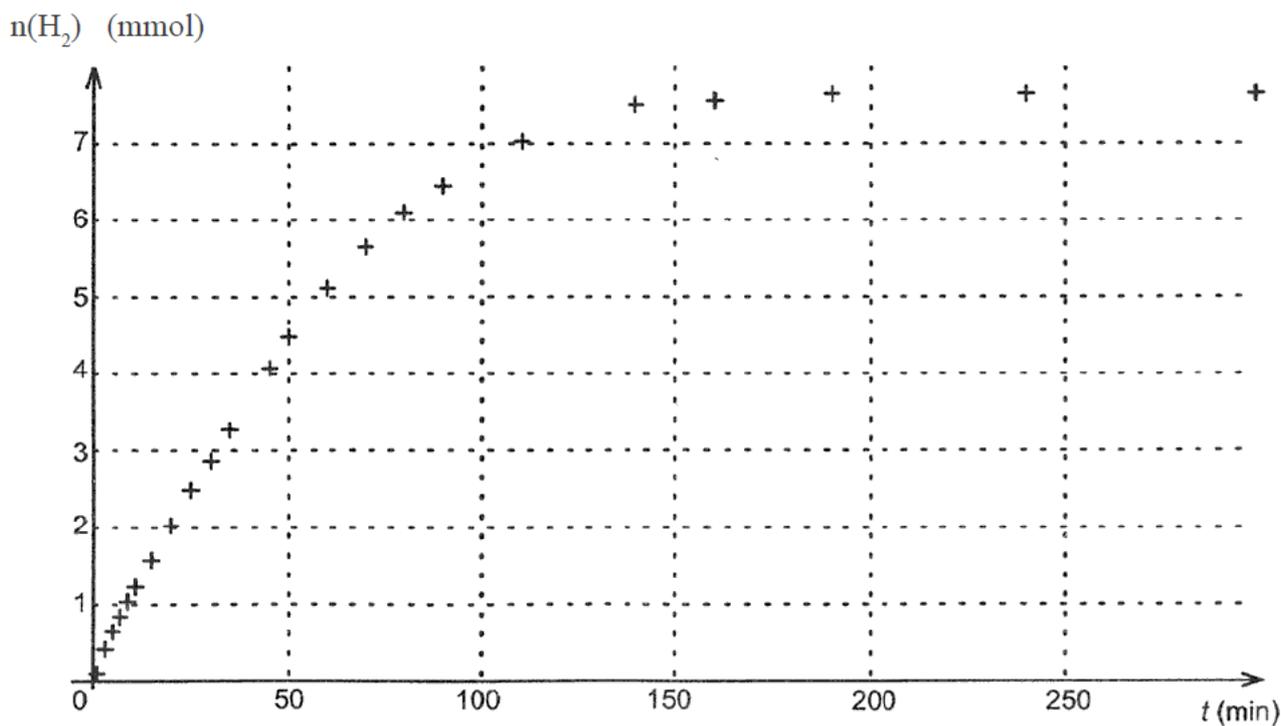


Figure 2