Corrigé complet — Bac S 2014 Asie (ancien programme)

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

Ex 1	**Le monde selon Hubble** Spectre électromagnétique · Deuxième loi de Kepler · Deuxième loi de Newton · Mouvement circulaire uniforme · Effet Doppler · Loi de Hubble	7 pts	1 h 10	15 questions	p. 2
Ex 2	**A la recherche des molécules de la vie** Acides aminés · Schéma de Lewis · Isomérie de constitution · Spectroscopie RMN · Chiralité et énantiomères · Synthèse peptidique	8 pts	1 h 20	15 questions	p. 8
Ex 3	**Des images venues de Mars** Transmission de l'information · Débit binaire · Codage numérique d'une image · Synthèse additive des couleurs · Ondes électromagnétiques · Conversion analogique-numérique	5 pts	50 min	6 questions	p. 14
Ex 4	**Spécialité : Choix d'un matériau pour une mission sur Mars** Flux thermique · Conduction thermique · Énergie cinétique et travail des frottements · Rayonnement et émissivité · Matériau composite · Synthèse de documents	5 pts	50 min	1 questions	p. 18

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.

Le monde selon Hubble

Bac S 2014 Asie (ancien programme) · Exercice 1 **7 points** **Durée conseillée 1 h 10**

1.1 Indiquer les limites en longueur d'onde de la partie visible du spectre électromagnétique.

Dans le vide, la lumière visible correspond aux longueurs d'onde comprises entre le violet et le rouge.

$400 \text{ nm} \leqslant \lambda \leqslant 800 \text{ nm}$

COMPRENDRE
En dessous de 400 nm s'étend l'ultraviolet, au-dessus de 800 nm l'infrarouge. Ces deux domaines servent dès la question suivante.

1.2 Justifier précisément l'expression « … en infrarouge ou ultraviolet, sans les contraintes dues à l'atmosphère terrestre ».

Données utiles document 2 (opacité de l'atmosphère selon la longueur d'onde) ; altitude de Hubble : 600 km (document 1)

D'après le document 2, l'opacité de l'atmosphère vaut 100 % pour les longueurs d'onde inférieures à 300 nm environ (ultraviolet). Elle est aussi forte, voire totale, sur une grande partie de l'infrarouge, entre 1 µm et 1 mm. Ces rayonnements sont absorbés avant d'atteindre le sol : un télescope terrestre ne peut pas les observer correctement.

Placé à 600 km d'altitude, au-dessus de l'atmosphère, Hubble reçoit les rayonnements ultraviolets et infrarouges sans qu'ils aient été absorbés.

MÉTHODE
« Justifier précisément » à partir d'un document : citer le document, relever des valeurs lues (ici 100 % d'opacité, 300 nm), puis conclure sur la phrase à expliquer.

1.3 Citer une source de rayonnement ultraviolet extraterrestre détectable par le HST.

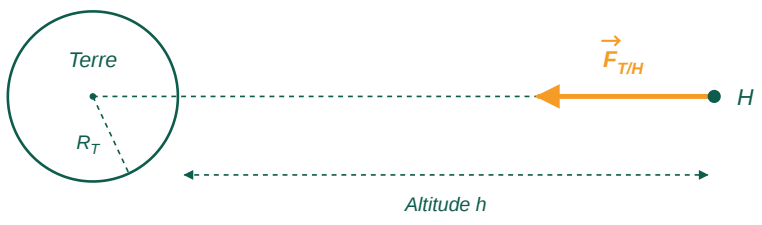
Les étoiles chaudes, dont le Soleil, émettent une partie de leur rayonnement dans l'ultraviolet.

2.1 Représenter sans souci d'échelle, sur la figure 1 de l'annexe, la force d'interaction gravitationnelle $\vec{F}_{T/H}$ exercée par la Terre sur le satellite H.

La force $\vec{F}_{T/H}$ est attractive : elle s'applique en H, sa direction est la droite reliant H au centre de la Terre, son sens va de H vers la Terre.

Flèche tracée à partir de H, le long du segment pointillé, dirigée vers le centre de la Terre (voir la figure).

PIÈGE
Faire partir la flèche du centre de la Terre : on tracerait alors la force exercée par le satellite sur la Terre. Le vecteur part du point qui subit la force.



2.1 · Figure 1 de l'annexe complétée

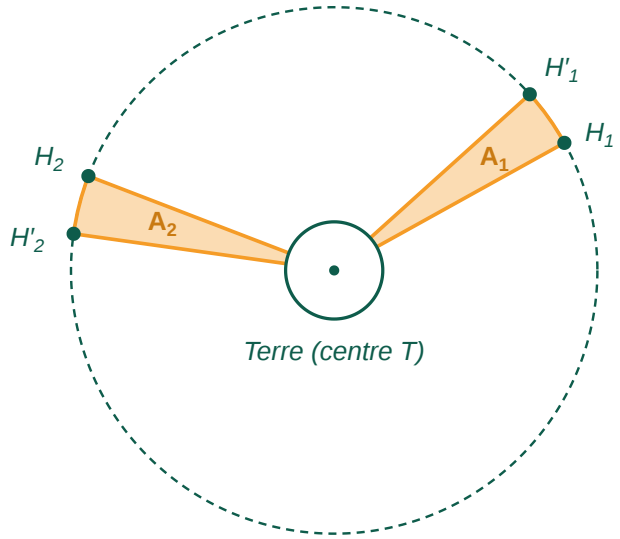
2.2.1 Énoncer la deuxième loi de Kepler et compléter la figure 2 de l'annexe pour illustrer cette loi.

Deuxième loi de Kepler (loi des aires) : le segment qui relie le centre de la Terre au satellite balaie des aires égales pendant des durées égales.

Sur la figure 2, on trace les quatre rayons joignant le centre T de la Terre à H_1, H'_1, H_2 et H'_2, puis on colore les deux secteurs obtenus.

Les durées de parcours étant égales, les aires $\mathcal{A}_1$ (secteur $TH_1H'_1$) et $\mathcal{A}_2$ (secteur $TH_2H'_2$) sont égales.

COMPRENDRE
Énoncée par Kepler pour une planète autour du Soleil, la loi vaut pour tout satellite soumis à la seule attraction de son astre : on remplace le Soleil par la Terre.



Durées égales : aire A₁ = aire A₂

2.2.1 · Figure 2 de l'annexe complétée : deux secteurs de même aire

2.2.2 En déduire que le mouvement du satellite est circulaire uniforme.

La trajectoire est un cercle de centre T : le rayon $r = R_T + h$ est constant. Un secteur de rayon r et d'arc ℓ a pour aire $\mathcal{A} = \frac{1}{2}\, r\, \ell$.

Les aires $\mathcal{A}_1$ et $\mathcal{A}_2$ étant égales et r étant le même, les arcs $H_1H'_1$ et $H_2H'_2$ ont la même longueur ℓ.

Ces arcs sont parcourus pendant la même durée Δt, donc $v_1 = \frac{\ell}{\Delta t} = v_2$. Ce raisonnement vaut pour deux portions quelconques de l'orbite.

La valeur de la vitesse est constante sur une trajectoire circulaire : le mouvement est circulaire uniforme.

PIÈGE
Écrire seulement « les aires sont égales donc la vitesse est constante ». C'est le rayon constant du cercle qui permet de passer des aires égales aux arcs égaux.

2.3 Établir, à l'aide des lois de Newton, l'expression de la valeur a de l'accélération du satellite dans le référentiel géocentrique, en fonction de G, M, h et R_T.

Système : le satellite H, de masse m constante. Référentiel géocentrique, supposé galiléen. Seule force : l'attraction de la Terre, de valeur $F_{T/H} = \dfrac{G\,M\,m}{(R_T+h)^2}$, la distance entre H et le centre de la Terre étant $R_T + h$.

Deuxième loi de Newton : $\vec{F}_{T/H} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \dfrac{\vec{F}_{T/H}}{m}$. L'accélération est dirigée de H vers le centre de la Terre et sa valeur est $a = \dfrac{F_{T/H}}{m}$.

$$a = \frac{G\,M}{(R_T+h)^2}$$

PIÈGE
Écrire h^2 ou R_T^2 au dénominateur. La loi de la gravitation fait intervenir la distance entre les centres, soit $R_T + h$.

COMPRENDRE
La masse m se simplifie : l'accélération, donc le mouvement du satellite, ne dépend pas de sa masse.

2.4 Montrer que la vitesse du satellite peut se mettre sous la forme $v = \sqrt{\dfrac{G\,M}{R_T+h}}$.

Données utiles $a = \dfrac{G\,M}{(R_T+h)^2}$ (2.3) ; mouvement circulaire uniforme (2.2.2)

Pour un mouvement circulaire uniforme de rayon $r = R_T + h$, l'accélération est centripète et vaut $a = \dfrac{v^2}{R_T+h}$.

En égalant avec l'expression de la question 2.3 :

$$\frac{v^2}{R_T+h} = \frac{G\,M}{(R_T+h)^2} \quad \text{soit} \quad v^2 = \frac{G\,M}{R_T+h}$$

$v = \sqrt{\dfrac{G\,M}{R_T+h}}$, ce qui est l'expression attendue.

MÉTHODE
Satellite en orbite circulaire : 1) deuxième loi de Newton pour obtenir a ; 2) $a = v^2/r$ pour le mouvement circulaire uniforme ; 3) égalité des deux expressions pour isoler v.

2.5 Le calcul de la vitesse conduit à environ $7 \times 10^3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Montrer que cette valeur est compatible avec les données.

Données utiles document 1 : un tour de circonférence $L \approx 42\,000$ km en $T \approx 100$ min

Le sujet ne donne pas les valeurs de G, M et R_T : on utilise le document 1. Le mouvement étant uniforme, le satellite parcourt la circonférence L de son orbite pendant la durée T d'un tour :

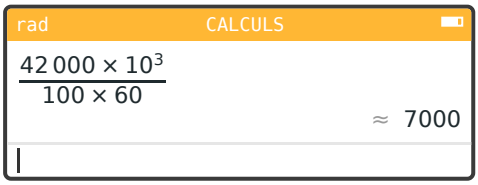
$$v = \frac{L}{T} = \frac{42\,000 \times 10^3}{100 \times 60} = 7{,}0 \times 10^3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$v = 7{,}0 \times 10^3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$: on retrouve bien la valeur annoncée, environ $7 \times 10^3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

PIÈGE
Diviser des kilomètres par des minutes. Il faut convertir : $42\,000\ \text{km} = 4{,}2 \times 10^7$ m et $100\ \text{min} = 6{,}0 \times 10^3$ s.

COMPRENDRE
Les données sont approchées (« environ ») et connues à deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit avec deux chiffres, $7{,}0 \times 10^3$.

À LA CALCULATRICE



3.1 Pour une source sonore qui s'éloigne de l'observateur, indiquer si le son perçu est plus aigu ou plus grave que lorsque la source est immobile. Justifier.

D'après le document 3, lorsque l'émetteur s'éloigne de l'observateur, la longueur d'onde reçue augmente et la fréquence reçue diminue. Or un son est d'autant plus grave que sa fréquence est faible.

Le son perçu est plus grave que lorsque la source est immobile.

COMPRENDRE
La célérité du son dans l'air ne change pas. Comme $\lambda = \frac{v_{son}}{f}$, une longueur d'onde plus grande correspond à une fréquence plus petite.

3.2 La galaxie NGC 3627 s'éloigne-t-elle ou se rapproche-t-elle de la Terre ?

Données utiles document 3 : raie de l'hydrogène au laboratoire à 6562,8 Å ; même raie dans le spectre de la galaxie vers 6580 Å

Sur le spectre du document 3, la raie de l'hydrogène de la galaxie est située vers 6580 Å, alors que la même raie mesurée au laboratoire (source immobile) est à 6562,8 Å. La longueur d'onde reçue est plus grande : la raie est décalée vers le rouge.

D'après le document 3, un décalage vers le rouge signifie que la galaxie NGC 3627 s'éloigne de la Terre.

PIÈGE
Répondre sans comparer les deux raies. La conclusion repose sur le sens du décalage, donc sur la position de la raie de la galaxie par rapport à la raie de référence.

3.3 Commenter la phrase « Edwin Hubble a remarqué que la vitesse à laquelle semblaient s'éloigner les galaxies qu'il observait était proportionnelle à leur distance à la Terre ».

Données utiles document 4 : vitesse des galaxies en fonction de leur distance (Hubble, 1929)

Les vitesses des galaxies sont obtenues grâce à l'effet Doppler, à partir du décalage vers le rouge des raies de leur spectre. Sur le document 4, les points représentant la vitesse v en fonction de la distance d sont assez dispersés, mais ils se répartissent autour d'une droite passant pratiquement par l'origine.

Le graphique est modélisé par une fonction linéaire, $v = H_0 \times d$: la vitesse d'éloignement est proportionnelle à la distance. Plus une galaxie est lointaine, plus elle s'éloigne vite.

COMPRENDRE
Deux grandeurs sont proportionnelles lorsque leur graphique est une droite passant par l'origine. Une droite qui ne passe pas par l'origine traduit une relation affine, pas une proportionnalité.

3.4.1 À partir du graphique du document 4, estimer la valeur de H_0 proposée par Edwin Hubble, en précisant son unité.

Données utiles document 4 : la droite tracée passe près de l'origine et près du point ($d = 2$ Mpc ; $v = 1000\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)

H_0 est le coefficient directeur de la droite du document 4. On choisit un point de la droite éloigné de l'origine : pour $d = 2$ Mpc, on lit $v \approx 1000\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$.

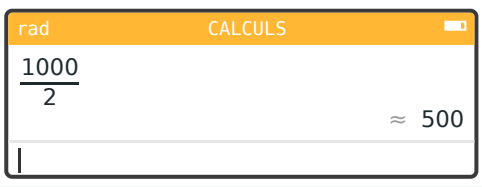
$$H_0 = \frac{v}{d} = \frac{1000}{2} = 5 \times 10^2\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$$

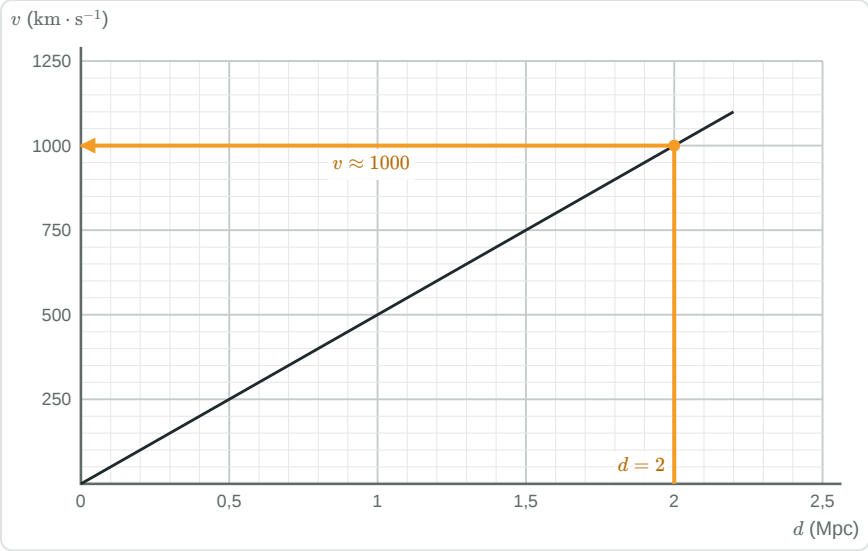
$H_0 \approx 5 \times 10^2\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$

PIÈGE
Calculer H_0 avec un point expérimental isolé. Les points sont dispersés : on lit sur la droite moyenne, le plus loin possible de l'origine.

COMPRENDRE
L'unité se déduit du quotient : une vitesse en $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ divisée par une distance en Mpc. La lecture est grossière, un seul chiffre significatif suffit.

À LA CALCULATRICE





3.4.1 · Document 4 : droite tracée par Hubble et lecture à 2 Mpc

3.4.2 Discuter de la validité de la loi de Hubble et comparer la valeur actuelle de H_0 à celle proposée par Edwin Hubble.

Données utiles document 5 : la droite passe par le point ($d = 400$ Mpc ; $v \approx 25\,000$ km · s^{-1}) ; $H_0 \approx 5 \times 10^2$ km · s^{-1} · Mpc^{-1} (3.4.1)

Validité : sur le document 5, les points sont bien alignés sur une droite passant par l'origine, pour des distances allant jusqu'à 450 Mpc environ, alors que Hubble ne disposait que de galaxies situées à moins de 2 Mpc. La loi $v = H_0 \times d$ reste donc valable pour des galaxies bien plus lointaines, avec des points nettement moins dispersés.

Valeur actuelle : pour $d = 400$ Mpc, on lit sur la droite $v \approx 25\,000$ km · s^{-1}.

$$H_0 = \frac{25\,000}{400} \approx 63 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$$

$H_0 \approx 63$ km · s^{-1} · Mpc^{-1}, soit une valeur environ 8 fois plus faible que celle de Hubble (5×10^2 km · s^{-1} · Mpc^{-1}).

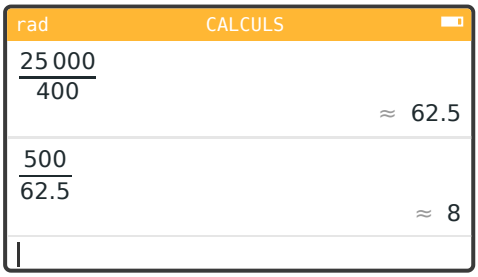
COMPRENDRE

Selon le point lu sur la droite, on trouve entre 60 et 65 km · s^{-1} · Mpc^{-1} : toute valeur de cet ordre est acceptée.

MÉTHODE

« Comparer » deux valeurs demande une conclusion chiffrée : on calcule leur rapport (ici voisin de 8) plutôt que d'écrire seulement « plus petite ».

À LA CALCULATRICE



3.5 Expliquer pourquoi l'application de cette loi à une galaxie située à 10 000 Mpc se heurterait à un principe fondamental de la physique.

Données utiles $H_0 \approx 63\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$ (3.4.2) ; $d = 10\,000$ Mpc ; célérité de la lumière dans le vide $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

D'après la loi de Hubble :

$$v = H_0 \times d = 63 \times 10\,000 = 6{,}3 \times 10^5\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1} = 6{,}3 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Cette vitesse serait environ deux fois plus grande que la célérité de la lumière dans le vide, $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$v \approx 6{,}3 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} > c$: or aucun objet ne peut dépasser la célérité de la lumière dans le vide, vitesse limite selon la relativité restreinte. La loi ne peut pas s'appliquer telle quelle à cette distance.

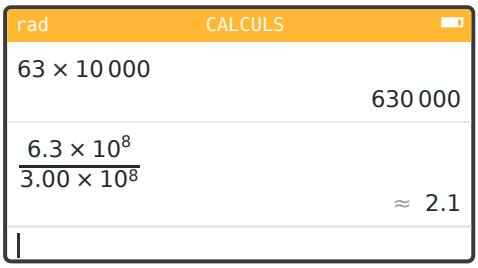
PIÈGE

Comparer $6{,}3 \times 10^5\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ à $3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ sans convertir : on conclurait à tort que la vitesse reste inférieure à c.

COMPRENDRE

La relativité restreinte n'est plus au programme de la spécialité actuelle. À retenir seulement : la célérité de la lumière dans le vide est une vitesse limite.

À LA CALCULATRICE



A la recherche des molécules de la vie

Bac S 2014 Asie (ancien programme) · Exercice 2 **8 points** **Durée conseillée 1 h 20**

1.1 Quel scénario des origines de la vie Miller voulait-il mettre en évidence par son expérience ?

Dans son ballon, Miller reconstitue une atmosphère primitive (gaz simples et eau) et lui fournit de l'énergie par des décharges électriques, comme le feraient des éclairs.

Il teste le premier scénario du document 1 : les premières molécules organiques se seraient formées sur la Terre, par réactions entre des constituants de l'atmosphère primitive dissous dans l'eau.

MÉTHODE
Le document 1 propose trois scénarios : atmosphère primitive, sources hydrothermales, apport depuis l'espace. Il faut en choisir un seul et le relier à un détail de l'expérience.

1.2 Miller cherchant à fabriquer des briques du vivant, justifier le choix des réactifs de son expérience.

Les réactifs sont le méthane CH_4, l'ammoniac NH_3, le dihydrogène H_2 et l'eau H_2O : des molécules très simples, supposées présentes dans l'atmosphère primitive.

À eux quatre, ils apportent les éléments C, H, O et N, qui sont ceux des molécules du vivant, par exemple des acides aminés (formule $R-CH(NH_2)-COOH$).

COMPRENDRE
Une transformation chimique conserve les éléments : pour obtenir des produits contenant C, H, O et N, chacun de ces éléments doit figurer dans au moins un réactif.

1.3 Justifier le nom d'acide aminé attribué à la molécule de formule générale $R-CH(NH_2)-COOH$.

La molécule porte deux groupes caractéristiques :

- le groupe carboxyle $-COOH$, celui de la famille des acides carboxyliques : d'où le mot « acide » ;
- le groupe amino $-NH_2$, celui de la famille des amines : d'où l'adjectif « aminé ».

Un acide aminé est à la fois un acide carboxylique et une amine.

1.4.1 Reproduire le schéma de la molécule d'urée et représenter, en le justifiant, l'ensemble des doublets libres de cette molécule.

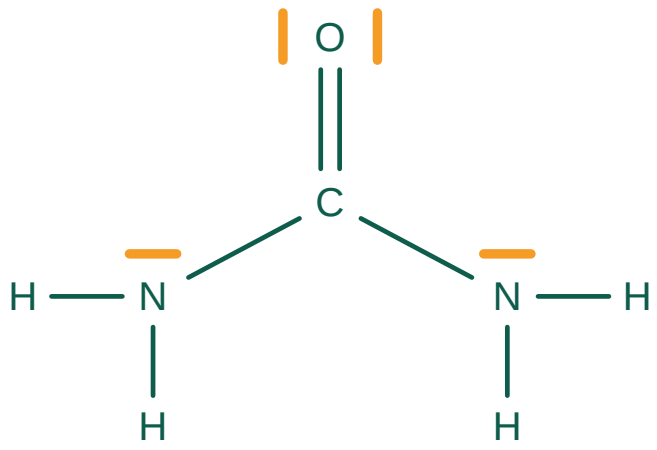
Chaque atome s'entoure de quatre doublets (règle de l'octet), sauf H qui n'en a qu'un (duet).

- O possède 6 électrons de valence : 2 servent à la double liaison $C=O$, il en reste 4, soit 2 doublets non liants.
- Chaque N possède 5 électrons de valence : 3 servent aux trois liaisons simples (une avec C, deux avec H), il en reste 2, soit 1 doublet non liant.
- C (4 électrons de valence, 4 liaisons) et H (1 électron, 1 liaison) n'ont aucun doublet non liant.

L'urée porte 4 doublets non liants : 2 sur l'atome O et 1 sur chaque atome N.

PIÈGE
Oublier que NH_2 contient deux liaisons $N-H$: sur le schéma, il faut écrire ces liaisons, sinon le décompte des doublets autour de N n'est pas justifié.

MÉTHODE
Doublets non liants = (électrons de valence − nombre de liaisons formées) ÷ 2. Vérifier ensuite que chaque atome C, N, O est bien entouré de quatre doublets au total.



en orange : les 4 doublets non liants (2 sur O, 1 sur chaque N)

1.4.1 · Schéma de Lewis de l'urée

1.4.2 Quel est le nom officiel du formaldéhyde ?

La molécule H_2CO possède un seul atome de carbone (préfixe « méth- ») et le groupe carbonyle en bout de chaîne : c'est un aldéhyde (terminaison « -al »).

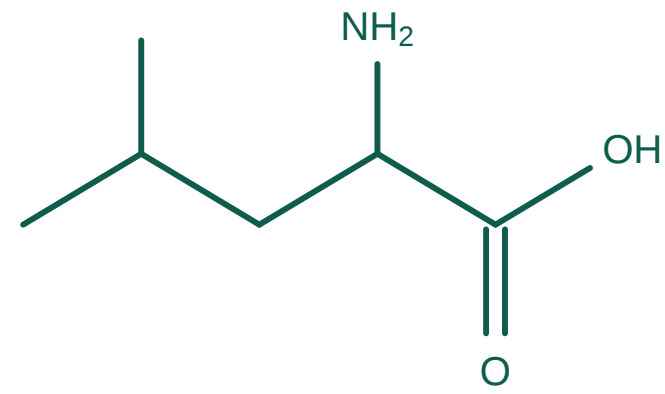
Le formaldéhyde se nomme **méthanal**.

2.1.1 Écrire la formule topologique de la leucine.

La chaîne carbonée est tracée en ligne brisée : chaque sommet ou extrémité est un atome de carbone, les atomes H portés par les carbones ne sont pas écrits. Les atomes O et N sont écrits, avec les H qu'ils portent.

Chaîne principale de 5 carbones, avec un groupe NH_2 sur le carbone 2 et une ramification méthyle sur le carbone 4 (voir la figure).

PIÈGE
Écrire « CH_3 » ou « C » sur la ligne brisée, ou oublier le H de OH et les H de NH_2. Compter les sommets : la leucine a 6 atomes de carbone.



2.1.1 · Formule topologique de la leucine

2.1.2 Quelle relation lie les molécules de leucine et d'isoleucine ?

Les deux molécules ont la même formule brute, $C_6H_{13}NO_2$, mais leurs atomes ne sont pas enchaînés de la même façon : le groupe méthyle n'est pas porté par le même carbone.

La leucine et l'isoleucine sont des **isomères de constitution** (isomères de chaîne).

MÉTHODE
Pour affirmer une isomérie, donner la formule brute commune après avoir compté les atomes dans les deux formules semi-développées, puis dire en quoi l'enchaînement diffère.

2.2 Parmi la spectroscopie de masse, la spectroscopie infrarouge et la RMN, quelle(s) technique(s) permet(tent) de différencier la leucine de l'isoleucine ? Expliquer pourquoi les autres ne conviennent pas.

- Spectroscopie de masse : elle trie les entités selon leur masse. Or deux isomères ont la même formule brute, donc la même masse : elle ne les distingue pas.
- Spectroscopie infrarouge : elle révèle les liaisons et les groupes caractéristiques. Les deux molécules ont les mêmes groupes ($-NH_2$, $-COOH$) et les mêmes types de liaisons : leurs spectres présentent les mêmes bandes caractéristiques.
- RMN du proton : le nombre de signaux, leur intégration et leur multiplicité dépendent de l'enchaînement des atomes, qui est différent dans les deux molécules.

Seule la spectroscopie de RMN est adaptée.

COMPRENDRE
La RMN faisait partie du programme de Terminale S ; elle ne figure plus dans le programme actuel de spécialité. La spectroscopie infrarouge, elle, est toujours au programme.

2.3 Le spectre de RMN donné (réalisé après ajout d'eau lourde) est-il celui de la leucine ou de l'isoleucine ? Justifier par au moins deux arguments.

Données utiles doublet à 0,9 ppm (6 H) ; multiplet à 1,5 ppm (1 H) ; triplet à 1,6 ppm (2 H) ; triplet à 3,4 ppm (1 H) ; les H de $COOH$ et NH_2 ne donnent pas de signal

Argument 1, le nombre de signaux : le spectre en compte 4. La leucine $(CH_3)_2CH-CH_2-CH(NH_2)-COOH$ possède 4 groupes de protons équivalents (hors $COOH$ et NH_2) ; l'isoleucine en possède 5 (CH_3, CH_2, CH, CH_3, CH).

Argument 2, le signal à 0,9 ppm : il intègre pour 6 H et c'est un doublet. Il correspond aux deux groupes CH_3 équivalents de la leucine, voisins d'un seul H (celui du CH). Dans l'isoleucine, les deux CH_3 ne sont pas équivalents : ils donneraient un triplet et un doublet de 3 H chacun.

Les autres signaux confirment (règle des $n+1$ pics) :

- 1,5 ppm, 1 H, multiplet : le CH lié aux deux CH_3, qui a 8 H voisins ;
- 1,6 ppm, 2 H, triplet : le CH_2, qui a 2 H voisins (un de chaque côté) ;
- 3,4 ppm, 1 H, triplet : le CH porteur de NH_2, voisin des 2 H du CH_2.

Ce spectre est celui de la **leucine**.

PIÈGE
Compter les H de NH_2 comme voisins du CH à 3,4 ppm. Après l'ajout d'eau lourde, ils sont remplacés par du deutérium : ni signal, ni couplage.

COMPRENDRE
Le signal à 3,4 ppm est le plus déblindé car ce CH est lié à l'azote et proche du groupe carboxyle, deux environnements riches en atomes électronégatifs.

MÉTHODE
Comparer deux isomères en RMN : 1) compter les groupes de protons équivalents de chaque molécule ; 2) chercher un signal dont l'intégration ou la multiplicité est impossible pour l'une des deux.

3.1 Quel(s) paramètre(s) du document 3 semble(nt) avoir un effet favorable ou défavorable sur la réalisation de synthèses dans l'espace ?

- Effet défavorable : la température. L'espace interstellaire est extrêmement froid ; or la température est un facteur cinétique, et une transformation est d'autant plus lente que la température est basse.
- Effet favorable : la présence de grains de carbone et de silicate, qui jouent le rôle de catalyseur. Un catalyseur augmente la vitesse d'une transformation sans figurer dans son équation.

Température très basse : défavorable ; grains catalyseurs : favorable.

COMPRENDRE
Les deux paramètres agissent sur la durée des transformations, pas sur leur possibilité : température et catalyseur sont des facteurs cinétiques.

3.2.1 Que signifient les termes « racémique » et « chirale » ?

Une molécule **chirale** est une molécule qui n'est pas superposable à son image dans un miroir plan. La molécule et son image sont alors deux énantiomères.

Un mélange **racémique** est un mélange de deux énantiomères en quantités égales (mélange équimolaire).

Chirale : non superposable à son image dans un miroir. Racémique : 50 % de chaque énantiomère.

COMPRENDRE
Chiralité, carbone asymétrique, énantiomères et représentation de Cram appartenaient au programme de Terminale S ; ces notions ne figurent plus dans le programme actuel de spécialité.

3.2.2 Illustrer les termes « racémique » et « chirale » à l'aide de la leucine.

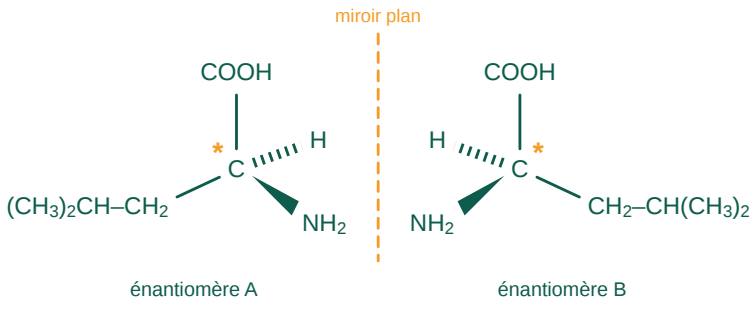
Dans la leucine, le carbone qui porte le groupe NH_2 est lié à quatre atomes ou groupes tous différents : H, NH_2, $COOH$ et $CH_2-CH(CH_3)_2$. C'est un carbone asymétrique, et c'est le seul de la molécule : la leucine est donc chirale.

Elle existe sous la forme de deux énantiomères A et B, images l'un de l'autre dans un miroir et non superposables (voir la figure).

La leucine est chirale (un seul carbone asymétrique C*) ; un mélange équimolaire de ses énantiomères A et B est un mélange racémique.

PIÈGE
Rappel de la convention de Cram : trait plein dans le plan de la feuille, triangle plein vers l'avant, hachures vers l'arrière. Sans relief autour de C*, les deux énantiomères ne se distinguent pas.

MÉTHODE
Pour dessiner l'énantiomère d'une molécule, tracer le miroir puis l'image symétrique de chaque liaison. Autre possibilité : garder le dessin et échanger deux des quatre substituants du carbone asymétrique.



C* : carbone asymétrique. Mélange à 50 % de A et 50 % de B : mélange racémique.

3.2.2 · Les deux énantiomères de la leucine (représentation de Cram)

4.1 À partir d'un mélange initial de leucine et d'isoleucine, combien de dipeptides différents peut-on a priori obtenir ? Justifier.

La liaison peptidique se forme entre le groupe $-\mathrm{COOH}$ d'un acide aminé et le groupe $-\mathrm{NH_2}$ d'un autre. Chaque acide aminé possède les deux groupes : il peut donc réagir par l'un ou par l'autre, avec une molécule identique ou avec l'autre acide aminé.

Il y a 2 choix pour l'acide aminé qui engage son $-\mathrm{COOH}$ et 2 choix pour celui qui engage son $-\mathrm{NH_2}$: $2 \times 2 = 4$ possibilités.

On peut obtenir 4 dipeptides : Leu-Leu, Leu-Ile, Ile-Leu et Ile-Ile.

PIÈGE
Confondre Leu-Ile et Ile-Leu. Ce sont deux molécules différentes : dans la première, la leucine a engagé son groupe carboxyle ; dans la seconde, son groupe amino.

COMPRENDRE
« A priori » : on raisonne sur l'enchaînement seul. Chaque acide aminé existant sous plusieurs formes stéréoisomères, le nombre réel de dipeptides distincts est plus grand.

4.2 Écrire l'équation de la synthèse du dipeptide Leu-Ile en indiquant en rouge les groupes à protéger pour obtenir ce seul dipeptide.

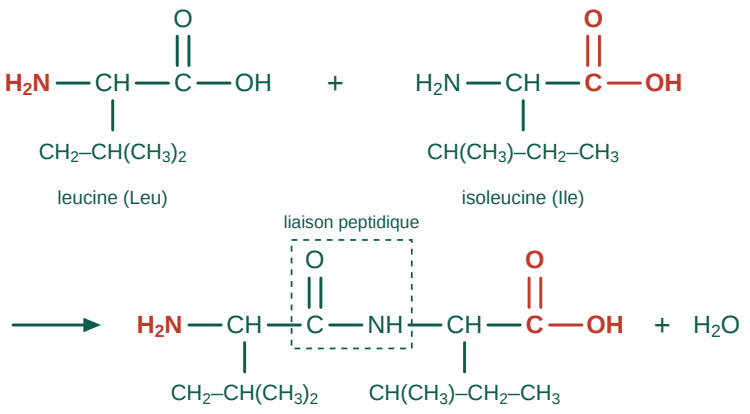
Dans Leu-Ile, le groupe $-\mathrm{COOH}$ de la leucine réagit avec le groupe $-\mathrm{NH_2}$ de l'isoleucine, avec élimination d'une molécule d'eau.

Les deux autres groupes ne doivent pas réagir, sinon on obtiendrait aussi Leu-Leu, Ile-Ile et Ile-Leu. Il faut donc protéger :

- le groupe $-\mathrm{NH_2}$ de la leucine ;
- le groupe $-\mathrm{COOH}$ de l'isoleucine.

$\mathrm{Leu} + \mathrm{Ile} \longrightarrow \mathrm{Leu{-}Ile} + \mathrm{H_2O}$, en protégeant $-\mathrm{NH_2}$ de Leu et $-\mathrm{COOH}$ de Ile (équation en formules semi-développées sur la figure).

MÉTHODE
Les groupes à protéger sont ceux qui restent libres dans le dipeptide voulu : le $-\mathrm{NH_2}$ à l'extrémité gauche et le $-\mathrm{COOH}$ à l'extrémité droite.



4.2 · Synthèse du dipeptide Leu-Ile

4.3 Expliquer en quelques lignes pourquoi la synthèse chimique d'une protéine donnée (plus de 50 acides aminés) reste un défi industriel.

Chaque nouvelle liaison peptidique demande trois étapes : protection, réaction, déprotection. Une protéine de 50 acides aminés contient 49 liaisons peptidiques, soit environ $3 \times 49 = 147$ étapes, à réaliser dans un ordre imposé.

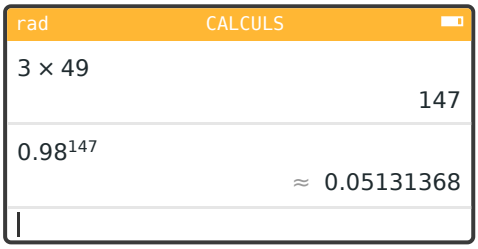
- La synthèse est donc très longue et coûteuse (réactifs de protection, solvants, purifications entre les étapes).
- Aucune étape n'a un rendement de 100 % : le rendement global, produit des rendements de toutes les étapes, devient très faible.

Le très grand nombre d'étapes rend la synthèse longue, coûteuse et de rendement global très faible.

COMPRENDRE

Exemple chiffré, avec une valeur choisie : même si chaque étape avait un rendement de 98 %, le rendement global serait $0{,}98^{147} \approx 0{,}05$, soit 5 % seulement.

À LA CALCULATRICE



Des images venues de Mars

Bac S 2014 Asie (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Dans le tableau A de l'annexe 2, entourer pour chaque ligne la bonne réponse.

Données utiles distance Terre-Mars entre 1000×10^5 km et 4000×10^5 km ; $c = 3{,}00 \times 10^5\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$; UHF : 400 MHz ; SHF : 8,4 GHz ; 250 Mbit par passage ; capteur de 1200×1600 pixels

Les réponses sont entourées sur le tableau A ci-dessous. Vérifications :

Ligne 1. $\Delta t = \dfrac{d}{c}$ est compris entre $\dfrac{1000 \times 10^5}{3{,}00 \times 10^5} \approx 3{,}3 \times 10^2$ s et $\dfrac{4000 \times 10^5}{3{,}00 \times 10^5} \approx 1{,}3 \times 10^3$ s : l'ordre de grandeur est **1000 s**.

Ligne 2. $\lambda = \dfrac{c}{f}$: la fréquence des UHF (400 MHz) est inférieure à celle des SHF (8,4 GHz), donc leur longueur d'onde est **plus grande**.

Ligne 3. Une image RAW occupe $1200 \times 1600 \times 12 \approx 2{,}3 \times 10^7$ bits, soit 23 Mbit. Avec 250 Mbit : $\dfrac{250}{23} \approx 11$, donc environ **10 images**.

Ligne 4. En RVB, un pixel est codé sur $3 \times 8 = 24$ bits contre 12 bits en RAW : **2 fois plus**.

Ligne 5. Le pixel manquant est le pixel bleu 0023. Bleu : $23 \times \dfrac{256}{4096} = \dfrac{23}{16} \approx 1$. Vert : moyenne des quatre voisins verts, $\dfrac{2243 + 2237 + 2242 + 2233}{4} \approx 2239$, puis $\dfrac{2239}{16} \approx 140$. Rouge : moyenne des quatre voisins rouges, $\dfrac{3282 + 3153 + 3198 + 3025}{4} \approx 3165$, puis $\dfrac{3165}{16} \approx 198$.

Ligne 1 : 1000 s ; ligne 2 : plus grande que celle des SHF ; ligne 3 : 10 images ; ligne 4 : 2 fois plus grand ; ligne 5 : R 198, V 140, B 001.

1. Durée du trajet du signal de Curiosity directement vers le réseau DSN	2 mois	**1000 s**	3 ms
2. La longueur d'onde des UHF est	**plus grande que celle des SHF**	plus petite que celle des SHF	égale à celle des SHF
3. Pendant un passage de MRO, Curiosity peut lui transmettre	**10 images RAW non compressées**	2 000 images RAW non compressées	2 millions d'images RAW non compressées
4. Le nombre de bits de codage d'une image RVB est	3 fois celui d'une image RAW	**2 fois celui d'une image RAW**	256 fois celui d'une image RAW
5. Données manquantes du tableau de nombres du document 3	**R : 198 V : 140 B : 001**	R : 021 V : 255 B : 133	R : 050 V : 012 B : 251

1 · Tableau A de l'annexe 2 : la bonne réponse de chaque ligne est entourée en orange

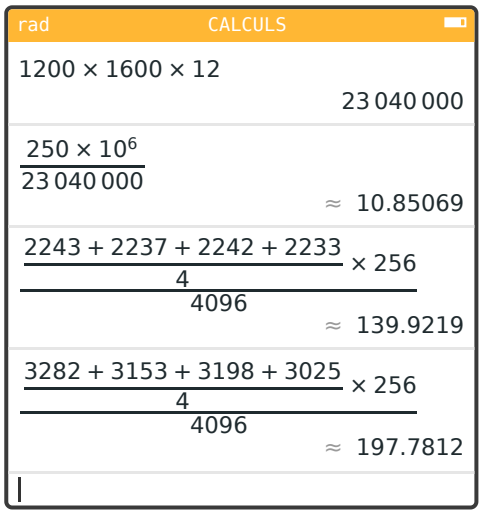
PIÈGE

Ligne 3 : une image compte 1,92 million de pixels, mais chacun occupe 12 bits. Diviser 250 Mbit par le seul nombre de pixels donne un résultat faux.

MÉTHODE

Pour la ligne 5, une seule couleur suffit à trancher : le bleu vaut environ 1, et les deux autres propositions donnent 133 et 251.

À LA CALCULATRICE



2 Vérifier, à partir du document 3 et de la synthèse additive des couleurs, la dominante jaune orangé des photos de Mars.

Données utiles document 3, format RVB : R entre 189 et 198 ; V entre 139 et 155 ; B entre 1 et 28 (échelle de 0 à 255)

Pour les quatre pixels du document 3, le rouge est intense (189 à 198 sur 255), le vert est moyen à fort (139 à 155) et le bleu est presque absent (1 à 28).

En synthèse additive, la superposition de lumières rouge et verte donne du jaune. Ici le rouge est plus intense que le vert : le jaune est tiré vers le rouge, donc vers l'orangé.

Rouge fort, vert un peu plus faible, bleu négligeable : la couleur des pixels est un **jaune orangé**, ce qui confirme la dominante observée.

COMPRENDRE
Si les trois nombres étaient égaux, le pixel serait gris (blanc à 255, noir à 0). C'est le déséquilibre entre les trois valeurs qui crée la teinte.

3 Expliquer le choix du rapport $\frac{256}{4096}$ dans la conversion du format RAW vers le format RVB.

Données utiles $2^8 = 256$; $2^{12} = 4096$

En RAW, chaque pixel est codé sur 12 bits : il peut prendre $2^{12} = 4096$ valeurs (de 0 à 4095).

En RVB, chaque couleur est codée sur 8 bits : elle peut prendre $2^8 = 256$ valeurs (de 0 à 255).

Multiplier par $\frac{256}{4096}$ ramène proportionnellement l'échelle de 4096 niveaux à une échelle de 256 niveaux : un pixel garde la même intensité relative dans les deux formats.

$\frac{256}{4096} = \frac{2^8}{2^{12}}$: rapport du nombre de niveaux sur 8 bits au nombre de niveaux sur 12 bits.

COMPRENDRE
Ce rapport vaut $\frac{1}{16}$: seize niveaux RAW voisins donnent le même niveau RVB. La conversion fait perdre de la finesse dans les nuances.

4 Sur le schéma B de l'annexe 2, représenter par des flèches les parcours possibles de l'information et indiquer pour chacune : onde électromagnétique (EM), tension analogique (TA) ou tension numérique (TN).

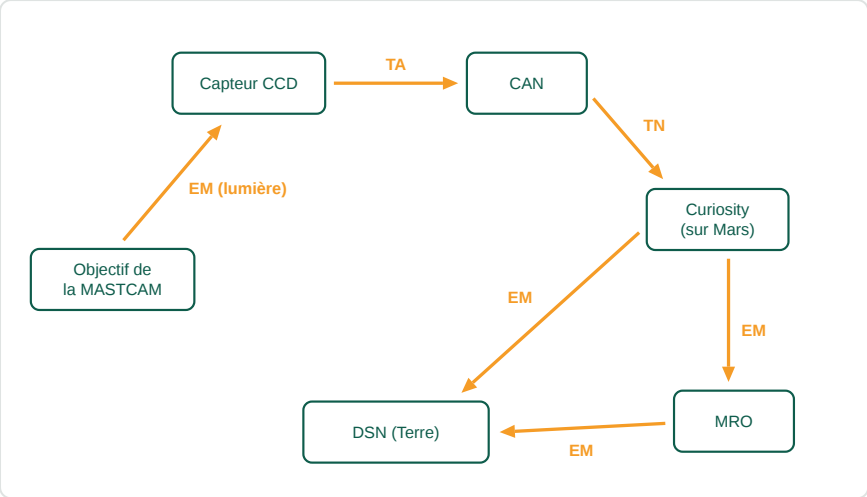
La lumière (onde électromagnétique) traverse l'objectif et arrive sur le capteur CCD, qui la transforme en tension analogique. Le CAN numérise cette tension : il fournit une tension numérique aux antennes de Curiosity.

Curiosity émet ensuite des ondes électromagnétiques, selon deux parcours : vers le satellite MRO (bande UHF), qui retransmet vers le réseau DSN sur Terre, ou directement vers le DSN (bande SHF).

Objectif → CCD : EM ; CCD → CAN : TA ; CAN → Curiosity : TN ; Curiosity → MRO → DSN : EM ; Curiosity → DSN : EM.

PIÈGE
Oublier la flèche directe Curiosity → DSN : le sujet demande les parcours « possibles », et le document 1 en décrit deux.

COMPRENDRE
Dans l'espace, il n'y a aucun support matériel : seule une onde électromagnétique peut transporter l'information entre Mars, le satellite et la Terre.



4 · Schéma B de l'annexe 2 complété : trajets de l'information et état sous lequel elle est transmise

5 Calculer le débit de transmission entre Curiosity et MRO.

Données utiles $N = 250$ Mbit transmis en $\Delta t = 500$ s

Le débit binaire est le nombre de bits transmis par unité de temps :

$$D = \frac{N}{\Delta t}$$

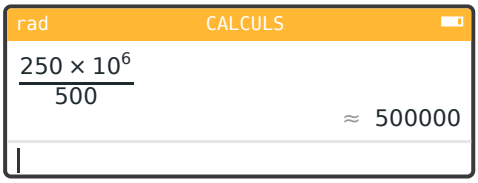
$$D = \frac{250}{500} = 0{,}50 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\boxed{D = 0{,}50 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1} = 5{,}0 \times 10^{5} \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1}}$$

COMPRENDRE

Le débit binaire ne figure plus au programme actuel de spécialité. Le raisonnement reste celui d'une grandeur divisée par une durée, comme pour une vitesse ou un débit volumique.

À LA CALCULATRICE



6 Justifier le choix de la NASA de transmettre l'information vers la Terre en passant par le satellite MRO.

Données utiles liaison directe Curiosity-Terre : $3500\ \text{bit}\cdot\text{s}^{-1}$; Curiosity-MRO : $0{,}50\ \text{Mbit}\cdot\text{s}^{-1}$ (Q5) ; MRO-Terre : $2\ \text{Mbit}\cdot\text{s}^{-1}$; $N = 250$ Mbit

En liaison directe, le débit n'est que de $3500\ \text{bit}\cdot\text{s}^{-1}$. Envoyer les 250 Mbit durerait :

$$\Delta t_{\text{direct}} = \frac{250\times10^{6}}{3500} \approx 7{,}1\times10^{4}\ \text{s} \approx 20\ \text{h}$$

En passant par MRO, les données montent vers le satellite en 500 s, puis celui-ci les envoie vers la Terre en $\dfrac{250}{2} = 125$ s environ.

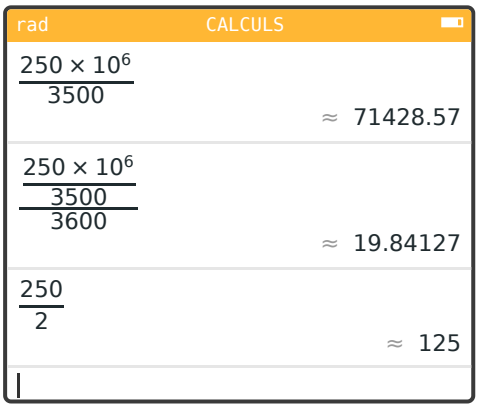
La durée de propagation des ondes entre Mars et la Terre (de l'ordre de 1000 s) est la même dans les deux cas : c'est le débit qui fait la différence.

Par MRO, les 250 Mbit sont transmis en une dizaine de minutes, contre environ 20 h en liaison directe : le relais par le satellite offre un débit bien plus élevé.

PIÈGE
Répondre « le signal va plus vite par le satellite ». La célérité des ondes est la même sur les deux parcours ; seul le nombre de bits transmis par seconde change.

MÉTHODE
Une justification attendue à partir de documents s'appuie sur un calcul comparatif : ici deux durées pour la même quantité de données.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : Choix d'un matériau pour une mission sur Mars

Bac S 2014 Asie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

P Résumer le principe et l'intérêt des protections thermiques des engins spatiaux, justifier le choix du PICA pour le bouclier de la mission MSL, puis valider par un calcul le terme « bouclier thermique » en comparant les flux thermiques avec et sans bouclier.

Données utiles $E_{c1} = 5{,}03 \times 10^{10}$ J ; $E_{c2} = 0{,}03 \times 10^{10}$ J ; $\Delta t = 200$ s ; $S \approx 20$ m^2 ; $e \approx 10$ cm ; $\lambda = 0{,}1$ W $\cdot$ m^{-1} $\cdot$ K^{-1} ; $T_1 = 10$ °C ; $T_2 = 2000$ °C ; part de ΔE_c mise en jeu : 20 %

1. Principe et intérêt d'une protection thermique.

Un engin qui pénètre dans une atmosphère y arrive à très grande vitesse (ici $18{,}3 \times 10^3$ km $\cdot$ h^{-1}). Les frottements du gaz le freinent : leur travail lui retire de l'énergie cinétique, dont une partie est cédée à la paroi sous forme de transfert thermique. La surface exposée peut ainsi atteindre 2000 °C, alors que les équipements embarqués doivent rester vers 10 °C.

La protection thermique est donc une couche placée à l'avant du véhicule, qui supporte ces températures et ne laisse passer vers l'intérieur qu'une très faible part de l'énergie reçue. Son intérêt est vital : sans elle, ou si elle est endommagée (fissure d'une tuile de Columbia en 2003), l'engin est détruit.

2. Pourquoi le PICA.

Le PICA est un composite de fibres de carbone imprégnées de résine phénolique (documents 1 et 4). Ses atouts :

- **isolant** : sa conductivité thermique est faible, $\lambda = 0{,}1$ W $\cdot$ m^{-1} $\cdot$ K^{-1}, donc la conduction vers l'intérieur est lente ;
- **ablatif** : en surface, la résine est pyrolysée et le carbone se sublime ; ces deux transformations absorbent de l'énergie, et les gaz de pyrolyse renvoient de l'énergie vers l'extérieur par convection ;
- **couche carbonisée poreuse**, encore plus isolante, et de forte émissivité (0,9) : elle évacue par rayonnement une grande partie du flux incident, mécanisme présenté comme prépondérant ;
- **léger** : densité 0,35, soit une masse volumique de 350 kg $\cdot$ m^{-3}, avantage décisif pour un engin spatial ;
- **durable** : l'ablation consomme $0{,}02$ mm $\cdot$ s^{-1} $\times$ 200 s $= 4$ mm, très peu devant les 10 cm disponibles ;
- **validé par les essais** : pour une surface à 1600 °C, la température se stabilise vers 1000 °C à 5 mm de profondeur et vers 400 °C à 15 mm ; elle chute donc très vite dans le matériau.

Le premier matériau retenu, le SLA561V, avait au contraire échoué aux tests de qualification.

3. Flux thermique sans bouclier.

Variation d'énergie cinétique pendant la décélération :

$$\Delta E_c = E_{c2} - E_{c1} = 0{,}03 \times 10^{10} - 5{,}03 \times 10^{10} = -5{,}00 \times 10^{10} \text{ J}$$

Elle est négative et égale au travail W des frottements (document 2). L'énergie thermique mise en jeu vaut 20 % de sa valeur absolue :

$$Q = 0{,}20 \times |\Delta E_c| = 0{,}20 \times 5{,}00 \times 10^{10} = 1{,}0 \times 10^{10} \text{ J}$$

PIÈGE
Comparer φ_b en W $\cdot$ m^{-2} à une puissance en watts. Le flux du sujet est surfacique : il faut diviser l'énergie par la durée et par la surface. Convertir aussi e en mètres.

COMPRENDRE
Les données sont approximatives : φ_b se donne avec un chiffre significatif, φ_{th} avec deux au plus. Seul l'ordre de grandeur du rapport compte. Tous ces calculs se font à la main.

MÉTHODE
Synthèse avec calcul : suivre l'ordre de la consigne (principe, choix du matériau, calculs, critique), citer le document d'où vient chaque argument, et terminer par une comparaison chiffrée des deux flux.

Cette énergie traverse la surface S pendant la durée Δt ; le flux par unité de surface est :

$$\varphi_{th} = \frac{Q}{S \times \Delta t} = \frac{1{,}0 \times 10^{10}}{20 \times 200} = 2{,}5 \times 10^{6}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

soit $\varphi_{th} \approx 2{,}5 \times 10^{3}\ \text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$.

4. Flux thermique à travers le bouclier.

Un écart de température a la même valeur en kelvins et en degrés Celsius : $\Delta T = T_2 - T_1 = 2000 - 10 = 1990\ \text{K}$. Avec $e = 0{,}10$ m (document 3) :

$$\varphi_b = \frac{\Delta T \times \lambda}{e} = \frac{1990 \times 0{,}1}{0{,}10} = 1990\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \approx 2 \times 10^{3}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

soit $\varphi_b \approx 2\ \text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$.

5. Comparaison et regard critique.

$$\frac{\varphi_{th}}{\varphi_b} = \frac{2{,}5 \times 10^{6}}{2 \times 10^{3}} \approx 1 \times 10^{3}$$

Le bouclier divise le flux thermique par environ mille : moins de 0,1 % du flux théorique atteint l'intérieur. Le terme « bouclier thermique » est justifié, et le choix du PICA aussi.

Ces valeurs sont des ordres de grandeur : la surface, l'épaisseur et la part de 20 % sont données par « environ », λ n'a qu'un chiffre significatif, et φ_{th} est une moyenne sur 200 s alors que l'échauffement n'est pas uniforme dans le temps. L'épaisseur perd 4 mm par ablation, ce qui augmente φ_b de 4 % seulement : la conclusion ne change pas.

$\varphi_{th} \approx 2{,}5 \times 10^{3}\ \text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ sans bouclier ; $\varphi_b \approx 2\ \text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ avec bouclier : flux divisé par environ 10^{3}.

À LA CALCULATRICE

