

**CALCULATRICE AUTORISEE****Durée : 3h30min****(Tiers-temps : 4h40min)****Les portables seront éteints et placés dans le sac (ou cartable).****Le sac sera déposé aux extrémités de la salle****Tout échange de matériel est interdit****Cette feuille A3 servira de brouillon****CONTENU :****Rappel :****vous ne devez traiter que 3 exercices  
parmi les 4.**

Source : Sud-Ouest



	<b><u>Titre</u> : Le bac blanc de Thomas Pesquet</b>	<b>Points</b>	<b>Enoncé pages</b>	<b>Annexe à rendre page</b>
<b>I</b>	<b>Impesanteur-boulot-dodo : la routine de l'astronaute !</b>	<b>7</b>	<b>2-3</b>	<b>9</b>
<b>II</b>	<b>Process</b>	<b>8</b>	<b>4-5-6</b>	<b>10</b>
<b>III</b>	<b><u>Non-spécialistes seulement</u> : Un groupe de musique fan de Thomas Pesquet</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>
<b>IV</b>	<b><u>Spécialistes seulement</u> : Source d'énergie de la Station Spatiale Internationale (SSI au Québec)</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>12</b>

## I. Impesanteur - boulot - dodo : la routine de l'astronaute !

- Ça y est, l'astronaute français Thomas Pesquet est à bord de la Station spatiale internationale (ISS) pour une durée de 6 mois, dans le cadre de la mission Proxima. Son programme de bord est résolument tourné vers la science. Mais comment occupe-t-il précisément ses journées ? Retour sur la journée-type de l'astronaute.
  - **6H/6H30** : Le réveil sonne pour Thomas Pesquet. Il dispose d'une heure pour s'extraire de son sac de couchage attaché au mur ou au plafond de sa cabine, faire sa toilette grâce à des lingettes spéciales, prendre son petit déjeuner et s'imprégner du programme de la journée envoyé par le centre de contrôle dans la nuit.
  - **7H/7H30** : Les choses sérieuses commencent. Première conférence audio avec les différents centres de contrôle sur Terre (Munich pour l'Europe). Moment d'échange entre les astronautes et les équipes au sol à propos du planning de la journée et d'éventuelles questions. Puis, chacun part effectuer son programme au sein des modules concernés. Thomas Pesquet consacre 50% de son temps à la recherche scientifique, il peut donc passer sa matinée dans le laboratoire Columbus à effectuer des expériences par exemple. En ce moment, Thomas Pesquet travaille sur l'expérience Matiss, développée par le CNES.
  - **12H/12H30** : En général, chaque astronaute déjeune de son côté. Thomas Pesquet témoigne : « Chacun attrape l'équivalent spatial d'un sandwich, pour se replonger ensuite dans ses activités ».
  - **13H/13H30** : Si l'astronaute a consacré sa matinée à la science, il passe l'après-midi à effectuer des travaux de maintenance ou de logistique.
  - **17H/19H** : Lorsque certains sur Terre profitent de la soirée pour aller se dépenser dans les salles de sport, c'est un peu la même routine pour les astronautes à 400 km au-dessus de nos têtes. Rester dans de bonnes conditions physiques est essentiel lorsque l'on évolue en impesanteur. Des tapis roulants, un vélo d'appartement (ou d'ISS !) et une machine de musculation sont donc à disposition des astronautes pour leur entraînement quotidien et obligatoire.
  - **19H** : Dernier contact avec les équipes au sol, lors de la conférence de clôture avec les centres de contrôle pour s'assurer que tout est en ordre et que le programme de chacun a bien été bouclé.
  - **Pour finir la journée**, quartier libre pour l'équipage ! Ils en profitent pour se consacrer à des activités individuelles (rédaction de leur journal de bord, détente en musique, appel ou correspondance avec leurs proches) ou collectives (dîner tous ensemble, visionnage de films...).
- La fameuse Cupola de l'ISS est également un lieu très apprécié pour la vue imprenable qu'elle offre en permanence sur la Terre (voir ci-dessous). Nul doute que les astronautes s'adonnent à l'art du selfie, sachant que la station fait 16 fois le tour de la Terre en une journée à la vitesse d'environ 27 600 km/h !



➤ **Données** : masse ISS :  $m = 400 \text{ t}$  ;  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

## 1. Force d'attraction

1.1. A quelle altitude  $h$  gravite la station ISS ?

1.2. La force  $F$  qui permet à la station de rester en orbite autour de la Terre a pour expression  $F = G \frac{m \times M}{d^2}$ .

Rappeler le nom de la grandeur  $G$ , puis calculer la valeur de cette force.

1.3. Sur le document 1 page 9, représenter cette force au point  $G_0$  par un vecteur (indiquer l'échelle utilisée).

## 2. Période de révolution

2.1. Dans le référentiel géocentrique, quel est le mouvement de la station orbitale ?

2.2. En utilisant la deuxième loi de Newton, démontrer alors que la période de révolution  $T$  de l'ISS autour de la

Terre obéit à la troisième loi de Kepler :  $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_T} \times (R_T + h)^3$

Rappel : Dans le repère de Frenet, l'accélération  $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$  avec  $\vec{a}_t = \frac{dv}{dt} \vec{u}_t$  et  $\vec{a}_n = \frac{v^2}{r} \vec{u}_n$

2.3. Vérifier l'homogénéité de cette relation par une analyse dimensionnelle (ou unités).

2.4. Calculer la période  $T$  de la station, puis vérifier la valeur indiquée à la fin du texte.

## 3. Impesanteur

3.1. Sur le document 1 page 9, tracer les vecteurs vitesses  $\vec{v}$  précisément afin de construire le vecteur accélération  $\vec{a}_7$  de l'ISS au point  $G_7$ . En déduire la valeur de son accélération.

3.2. Pourquoi la station orbitale ne tombe-t-elle pas sur la Terre, telle une pomme d'un pommier ?

3.3. T. Pesquet a-t-il une accélération inférieure, égale ou supérieure à celle de l'ISS ? Justifier.

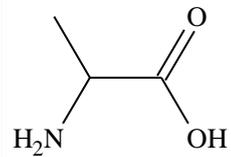
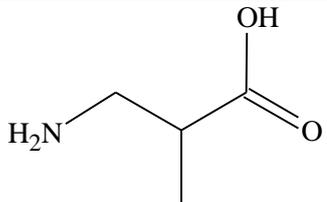
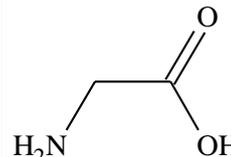
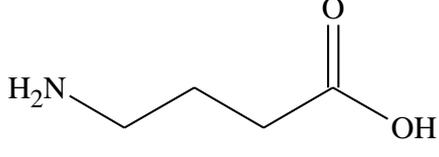
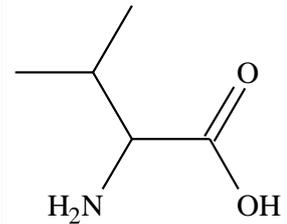
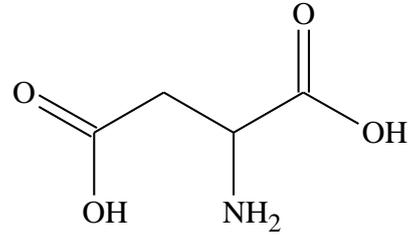
3.4. En déduire que les astronautes restent en impesanteur dans l'ISS.

## II. Process

### Document 1 : l'expérience Process

- Pour comprendre le comportement chimique des molécules organiques dans l'environnement spatial, des acides aminés incorporés à de la poudre de météorite ont été exposés lors de l'expérience PROCESS dans l'installation EXPOSE-E montée à bord de la Station spatiale internationale (ISS). Après 18 mois d'exposition aux conditions spatiales, les échantillons ont été retournés à la Terre et analysés en laboratoire. Les acides aminés ont été dégradés par les rayons solaires UV et le rayonnement cosmique, en particulier, dans le domaine ultraviolet (longueur d'onde 100-200 nm correspondant à un domaine d'énergie de 6,2 à 12,4 eV).
- Les molécules ont été analysées par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS) pour quantifier la vitesse de dégradation des composés. L'exposition en laboratoire dans plusieurs gammes de longueurs d'onde allant de l'UV à la VUV (Vacuum Ultra Violet) a été réalisée en parallèle dans les laboratoires du Centre de biophysique moléculaire (CBM) de Cologne. Les résultats montrent que la résistance à l'irradiation est fonction de la nature chimique des molécules exposées et des longueurs d'onde de la lumière UV.
- Les composés les plus modifiés sont l'acide aspartique et l'acide aminobutyrique. Les plus résistants étaient l'alanine, la valine, la glycine et l'acide aminoisobutyrique. Les résultats démontrent également l'effet protecteur de la poudre de météorite, qui souligne à nouveau l'importance de la contribution exogène à l'inventaire des composés organiques prébiotiques aux débuts de la Terre.

**Tableau 1 : quelques molécules**

Alanine		Acide aminoisobutyrique	
Glycine		Acide aminobutyrique	
Valine		Acide aspartique	

### Document 2

- L'origine des molécules prébiotiques dont l'évolution chimique aurait conduit aux polymères aujourd'hui caractéristiques de la vie, comme les polynucléotides et les protéines, n'est pas connue. Diverses hypothèses ont été formulées. Les premières molécules organiques auraient pu se former sur la Terre par réactions chimiques entre certains constituants de l'atmosphère primitive dissous dans l'eau. Diverses expériences ont en effet montré la possibilité de synthèse de constituants organiques à partir des composants de l'atmosphère primitive. Les premières molécules organiques auraient pu aussi se former au fond des océans au niveau des sources hydrothermales où on a en effet montré expérimentalement la possibilité de synthèse de substances organiques à partir de composés soufrés et d'oxydes de carbone. Enfin, elles auraient pu provenir de l'espace car on a identifié divers précurseurs organiques, notamment des acides aminés, dans des météorites, comètes, etc.

[aces.ens-lyon.fr/biotic/evolut/orivie/html/syn-pre.htm](https://aces.ens-lyon.fr/biotic/evolut/orivie/html/syn-pre.htm)

### Document 3

- Ce genre de molécules organiques avait été découvert dans la météorite tombée près de la petite ville de Murchison en Australie en 1969. Dans cette chondrite carbonée, les cosmochimistes de l'époque et leurs successeurs ont dénombré plus de 70 acides aminés.
- Ils y ont ainsi découvert, sous forme de traces, l'alanine, la glycine, la valine, la leucine, l'isoleucine, la proline, l'acide aspartique et l'acide glutamique, molécules toutes précurseurs pour former les diverses protéines des êtres vivants terrestres. Bien mieux, des purines et des pyrimidines y ont également été trouvées. Or ces molécules sont les bases azotées précurseurs de l'ADN et de l'ARN qui constituent le matériel génétique de tous les êtres vivants que porte la Terre.
- Grâce à la technique de spectrométrie de masse, Philippe Schmitt-Kopplin, du *Helmholtz Centre* de Munich, a détecté plus de 14 000 molécules organiques différentes au sein de la célèbre météorite. Selon les chercheurs, ces analyses impliqueraient que cette roche abriterait en réalité des millions de molécules organiques différentes.



d'après <http://www.futura-sciences.com/>

### Document 4

- Entre les étoiles, l'espace est extraordinairement froid. Pourtant, les scientifiques ont découvert il y a un demi-siècle que des réactions chimiques d'une étonnante complexité y ont cours : les briques élémentaires du vivant y sont façonnées. Comment est-ce possible ? Louis d'Hendecourt, de l'*Institut d'Astrophysique Spatiale (IAS)* explique comment les grains, sorte de paillettes faites de carbone et de silicate, jouent un rôle essentiel de catalyseur. Selon les résultats de ses dernières recherches, l'une des conditions sine qua non au développement de la vie, la chiralité, résulte aussi de processus à l'œuvre entre les étoiles. Ce n'est pas pour autant que la vie est banale dans l'Univers : les planètes sont loin de toujours offrir le nid douillet requis pour qu'elle émerge...

*Résumé de l'entretien de Louis d'Hendecourt astrophysicien à l'IAS, au magazine Ciel et Espace*

#### 1. Questions sur le texte

- Données : L'énergie  $E$  d'un quantum lumineux (ou photon) de fréquence  $\nu$  (nu) se calcule par la relation

$$E = h \times \nu \text{ avec la constante de Planck } h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s ; } 1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

- 1.1. Rappeler la valeur de la célérité de la lumière  $c$  dans le vide (en  $\text{m.s}^{-1}$ ).
- 1.2. A quelle valeur de l'énergie photonique (en eV) indiquée **d'après le document 1 page 4** correspond la longueur d'onde  $\lambda = 200 \text{ nm}$  ?
- 1.3. Quel est le rôle de la poudre de météorite utilisée dans l'expérience ?

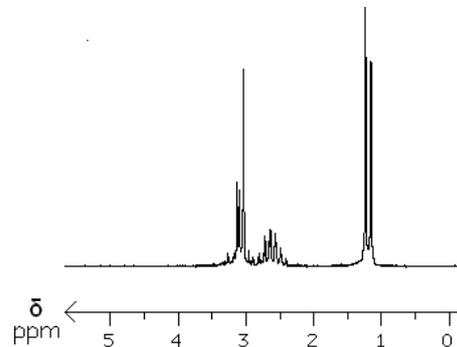
#### 2. Acides aminés

- 2.1. Justifier que les molécules présentes **dans le tableau 1 page 4** sont toutes des acides aminés.
- 2.2. Le groupe carboxyle est acide. Expliquer pourquoi.
- 2.3. Parmi ces six molécules évoquées dans **le document 1 page 4**, lesquelles sont chirales ? Ne pas justifier.

#### 3. Deux acides aminés à la loupe

- On s'intéresse aux molécules d'acide aminoisobutyrique (notée A) et d'acide aminobutyrique (notée B).
- 3.1. Ces deux molécules sont-elles isomères ? Justifier.
  - 3.2. Trois techniques simples d'identification de molécules peuvent être envisagées en chimie organique :
    - la spectroscopie de masse qui sépare les entités chimiques en fonction de leur masse (**document 3 page 5**),
    - la spectroscopie infrarouge,
    - la spectroscopie de résonance magnétique nucléaire.Laquelle (ou lesquelles) de ces trois techniques peut être choisie(s) pour différencier les molécules A et B ? On expliquera pourquoi l'(ou les) autre(s) technique(s) n'est(ne sont pas) adaptée(s) à cette différenciation.

- Les spectres de RMN des deux molécules sont réalisés en ajoutant un peu « d'eau lourde » à l'échantillon. On appelle « eau lourde » l'eau deutérée D<sub>2</sub>O. L'objectif de cet ajout est de permettre le remplacement des protons acides par des atomes de deutérium, c'est-à-dire les protons des groupes COOH et NH<sub>2</sub>. Le deutérium ne provoquant aucun signal en RMN du proton, la conséquence de cet ajout est de faire disparaître les signaux dus aux protons des groupes COOH et NH<sub>2</sub>. L'un de ces deux spectres est donné ci-dessous et comporte :



- un doublet de déplacement chimique  $\delta = 1,2$  ppm intégrant pour 3H
- un multiplet de déplacement chimique  $\delta = 2,6$  ppm intégrant pour 1 H ;
- un doublet de déplacement chimique  $\delta = 3,1$  ppm intégrant pour 2H.

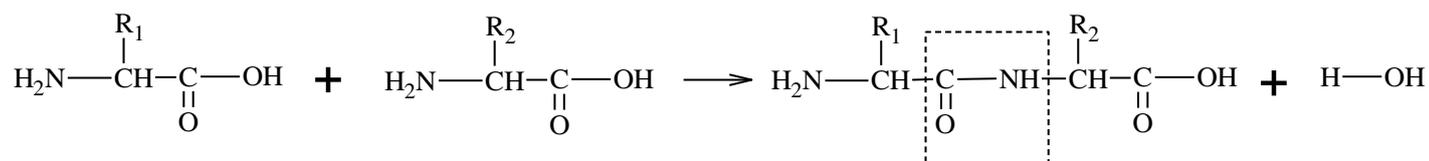
- 3.3. Ce spectre est-il celui de la molécule A ou de la molécule B ? Justifier à l'aide de deux arguments. Vous préciserez la multiplicité du multiplet.

#### 4. Synthèse peptidique

- On envisage que la synthèse des acides aminés puisse s'opérer dans l'espace.
- 4.1. Citer trois paramètres identifiés dans **le document 4 page 5** qui semblent avoir un effet favorable ou défavorable à la réalisation de synthèses dans l'espace.
- 4.2. **Le document 4 page 5** fait allusion à la chiralité des molécules produites et utilisées par tous les êtres vivants de la Terre, alors que les réactions de synthèses chimiques produisent en général des mélanges dits « racémiques ».
- Que signifie le terme « racémique » ?
- 4.3. Donner la représentation de Cram autour du carbone asymétrique des deux énantiomères de la molécule A du tableau 1 page 4.

- Les chimistes se sont efforcés de reconstituer en laboratoire les familles de longues chaînes biologiques indispensables au fonctionnement de la cellule.

Il faut pour cela réaliser des enchaînements d'acides aminés à l'aide d'une réaction nommée synthèse peptidique dont l'équation générale est donnée ci-dessous :



- Cette synthèse organique peut être modélisée en trois étapes données sur **le document page 10**.

- 4.4. Indiquer le déplacement de deux doublets d'électrons pour les deux premières étapes.
- 4.5. Pourquoi la troisième étape est-elle qualifiée de réaction acido-basique ?

### III. Non spécialistes seulement : Un groupe de musique fan de Thomas Pesquet (5 points)

- Un groupe de musique composé d'un chanteur, de deux guitaristes, d'un batteur et d'un « claviériste » se prépare à jouer pour Thomas Pesquet (qui est saxophoniste) une de ses chansons favorites : « Walking on a dream » lors d'une manifestation où il interviendra en direct de la station ISS.
- La partie 2 de l'exercice est indépendante des autres.

#### 1. « Balance »

- Lors de la « balance » (moment préalable à un enregistrement ou à un concert), l'ingénieur du son réalise l'enregistrement du son émis par une des guitares du groupe et celui du diapason qui a servi à l'accorder.

➤ Les enregistrements sont visibles **page 11**.

1.1. Attribuer à chaque instrument son enregistrement en justifiant votre réponse.

1.2. Déterminer précisément la fréquence du fondamental de chacun des sons. La guitare et le diapason jouent-ils la même note ? Vous détaillerez votre raisonnement.

1.3. Indiquer l'allure du spectre en fréquence du diapason et celui possible de la guitare.

#### 2. Intensités sonores

- Le niveau sonore du son émis par la guitare est  $L = 70$  dB pour un spectateur situé à 5,0 m de distance.

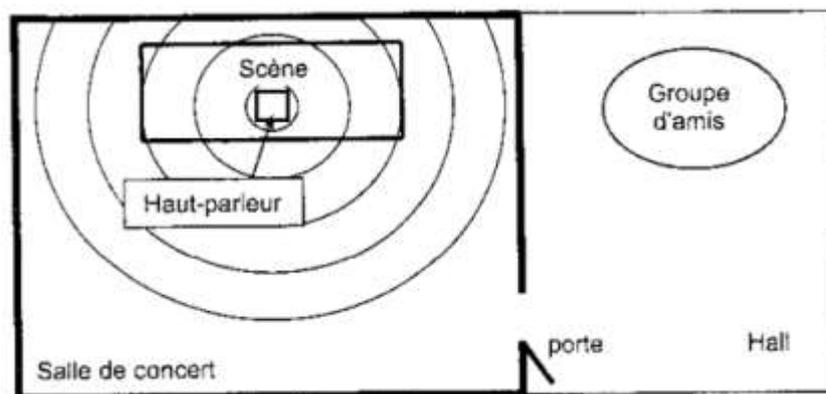
2.1. Calculer la valeur de l'intensité sonore  $I$  du son émis par la guitare.

Donnée : L'intensité sonore de référence est  $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

2.2. Sachant que les deux guitares sont identiques, calculer le niveau sonore lorsque les deux guitaristes jouent ensemble, pour un spectateur situé à 5,0 m de distance. On supposera que les intensités sonores s'additionnent en un point donné.

#### 3. Drôle de phénomène ?

- Lors du concert donné dans une salle, des amis des musiciens arrivés un peu en retard s'étonnent d'entendre de la musique alors qu'ils sont encore dans le hall et donc séparés de la scène par un mur très bien isolé phoniquement. Ils remarquent cependant que la porte, d'une largeur de 1,00 m, est ouverte. La situation est représentée sur le schéma ci-dessous.



3.1. Quel phénomène physique permet d'expliquer l'observation faite par les amis de Thomas ?

3.2. Les amis des musiciens ont-ils entendu préférentiellement dans le hall des sons graves ( $f = 100$  Hz) ou des sons très aigus ( $f = 10\,000$  Hz) ? Justifier la réponse en calculant les longueurs d'onde correspondantes.

#### 4. Question Bonus (0,25 point) : Quel groupe a créé la chanson « Walking on a dream » ?

#### IV. Spécialistes seulement : Source d'énergie de la station spatiale internationale (SSI au Québec) (5 points)

##### Document 1 : panneaux solaires de la station spatiale internationale

- Le Soleil est la seule source d'énergie disponible pour alimenter la SSI.
- L'énergie est vitale pour le fonctionnement de la station spatiale et la survie de ses occupants : par ailleurs elle conditionne souvent la réalisation des expériences scientifiques. Pour la partie non russe de la station, l'énergie provient des panneaux solaires installés sur la poutre de la station. Sur celle-ci, huit panneaux solaires doubles (Solar Array Wing ou « SAW ») sont installés de part et d'autre des éléments de poutre. (Voir page 12)
- Un « SAW » comporte deux panneaux composés chacun de 16 400 cellules photovoltaïques maintenus en position par un mât formant un ensemble long de 34 mètres, large de 12 mètres et pouvant produire en moyenne 13,8 kW de courant continu.
- La tension est régulée et convertie à une tension de 160 Volts, avant d'être convoyé jusqu'aux différents équipements utilisateurs.
- Les panneaux solaires sont montés sur des joints tournants motorisés. [...]. Durant les éclipses, lorsque la Terre intercepte le flux lumineux, qui se produisent en moyenne durant un tiers d'une révolution de la station autour de la Terre, les panneaux solaires ne sont plus éclairés [NDLR : durant un tiers d'une révolution de la SSI] et la station utilise l'énergie stockée dans un ensemble de batteries nickel-hydrogène qui sont rechargées durant les périodes de « jour ».

Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Station\\_spatiale\\_internationale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Station_spatiale_internationale)

##### Document 2 : L'accumulateur nickel-hydrogène

- L'accumulateur nickel-hydrogène (NiH<sub>2</sub> ou Ni-H<sub>2</sub>) est une source d'énergie électrochimique rechargeable basée sur le nickel et l'hydrogène. [...]. L'utilisation des accumulateurs nickel-hydrogène concerne aussi l'aérospatiale. Sur la station spatiale internationale, on retrouve cette technologie pour stocker l'énergie récupérée par les panneaux photovoltaïques.

Source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Accumulateur\\_nickel-hydrogène](https://fr.wikipedia.org/wiki/Accumulateur_nickel-hydrogène)

##### Document 3 : Voir page 12

##### Données

- La période de révolution T de la SSI est telle que la station fait 16 fois le tour de la Terre en une journée « terrestre ».
- La puissance électrique P (en watt) est définie par la relation :  $P = U \times I$  avec U en volts et I en ampères.
- Les réactions aux électrodes lors de la charge sont les suivantes :
  - $\text{NiO(OH)}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ni(OH)}_{2(s)} + \text{HO}^-_{(aq)}$
  - $\text{H}_2_{(g)} + 2 \text{HO}^-_{(aq)} \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2 \text{e}^-$
- La quantité d'électricité Q est définie par  $Q = I \times \Delta t = n(\text{e}^-) \times F$  avec  $F = 96\,500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Le dihydrogène H<sub>2</sub> est dans une cellule sous pression de 82,7 bar. Le volume molaire des gaz (ou volume occupé par une mole de gaz) dans ces conditions a pour valeur approchée :  $V_M = 0,3 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

##### 1. Questions préliminaires

- 1.1. Calculer la durée  $\Delta t$  de la charge de l'accumulateur en une journée « terrestre ».
- 1.2. En vous aidant des réactions aux électrodes lors de la **charge**, déterminer la nature des électrodes; puis en déduire la polarité du générateur, le sens des électrons et du courant sur le document 3 page 12. Détailler votre raisonnement.
- 1.3. Déterminer l'équation-bilan lors de la charge de l'accumulateur.

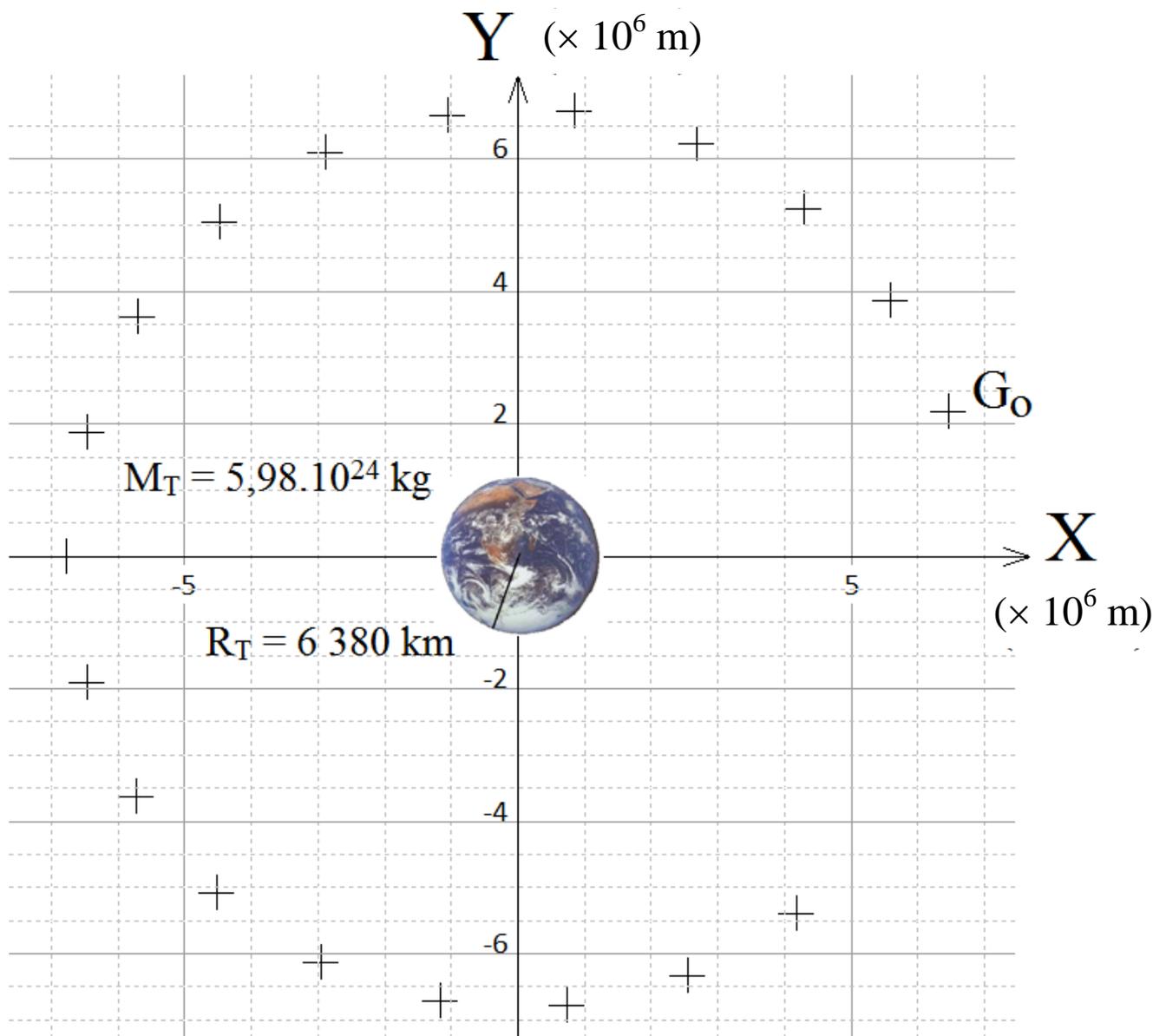
##### 2. Problème

- Quel est l'ordre de grandeur du volume de dihydrogène H<sub>2(g)</sub> consommé lors de la charge de l'accumulateur en une journée « terrestre » pour l'ensemble des panneaux solaires de la SSI ?

**Remarque** : La qualité de la rédaction, la structuration de l'argumentation, l'analyse critique du résultat, la rigueur des calculs, ainsi que toute initiative prise pour mener à bien la résolution du problème seront valorisées.

**I. Impesanteur-boulot-dodo : la routine de l'astronaute !**

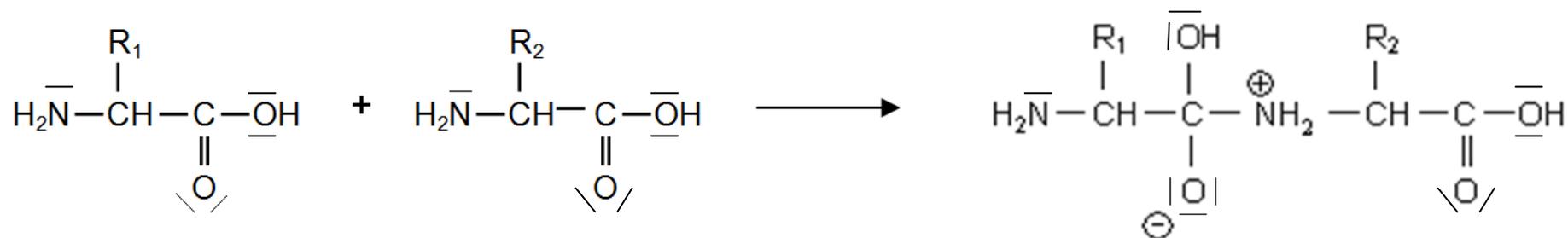
**Document 1** : Chronophotographie de la trajectoire de ISS (l'échelle n'est pas respectée) avec l'intervalle de temps  $\tau = 240$  s



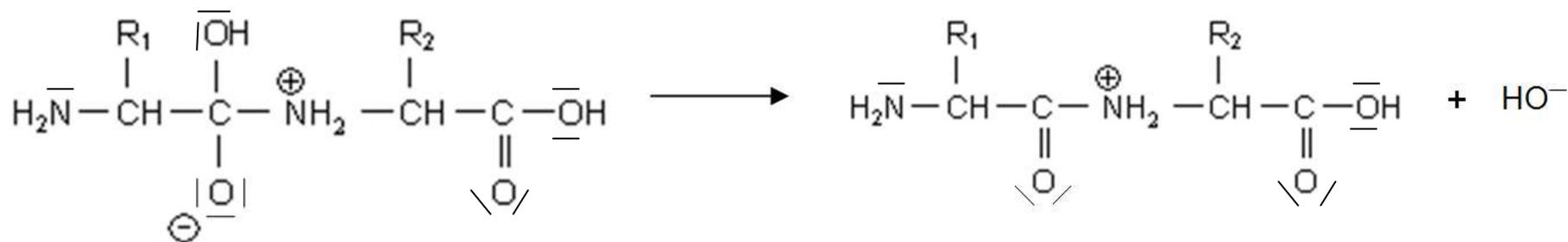
**II. Process**

**4. Synthèse peptidique**

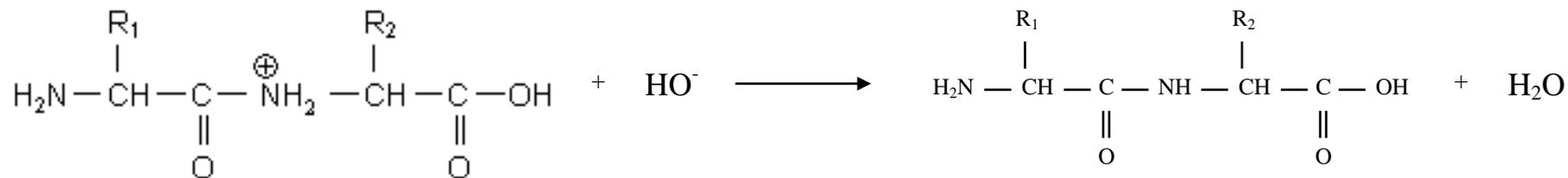
➤ **Première étape** : Réaction intermoléculaire



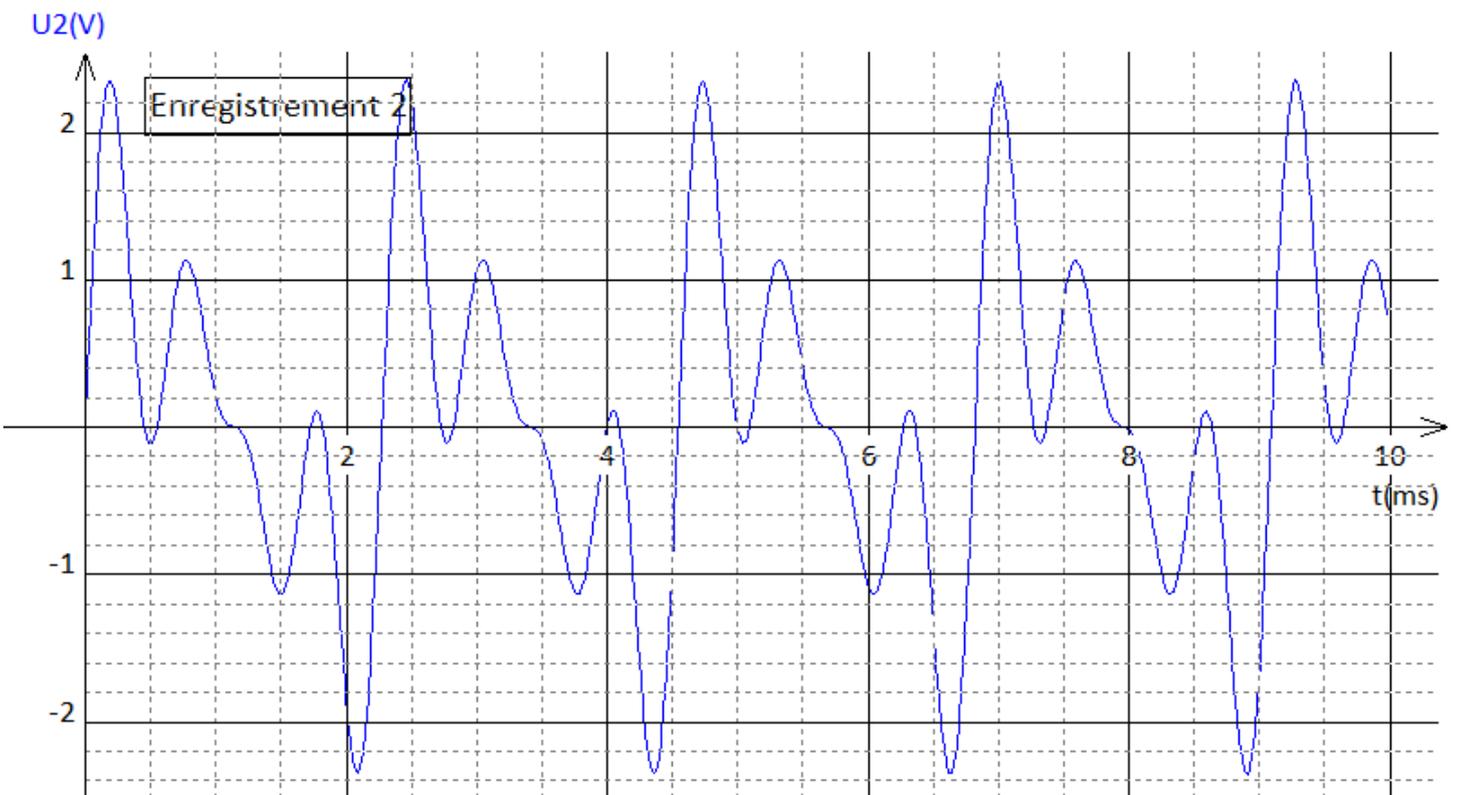
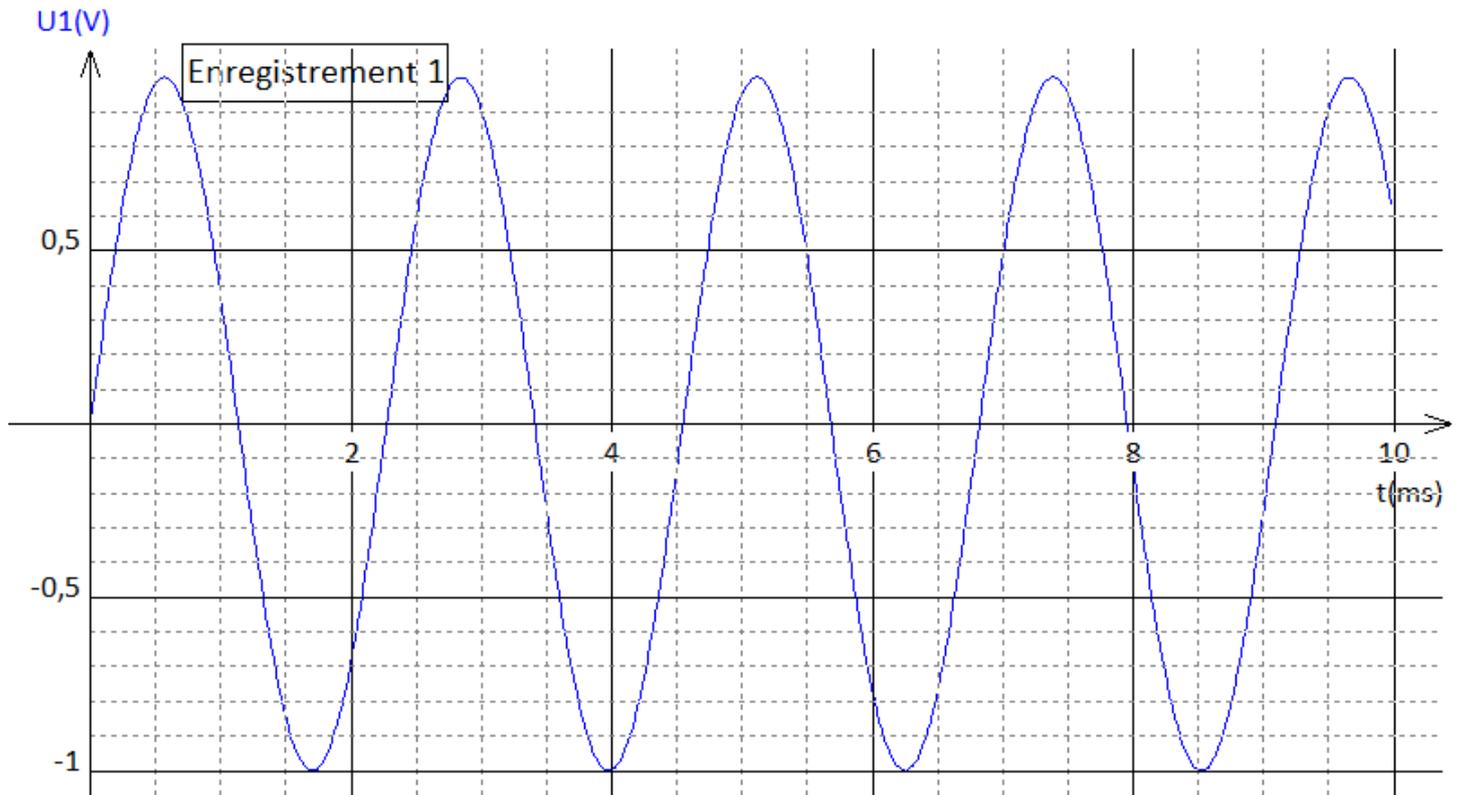
➤ **Deuxième étape** : réarrangement intramoléculaire



➤ **Troisième étape** : Réaction acidobasique



III. **Non spécialistes seulement : Un groupe de musique fan de Thomas Pesquet (5 points)**



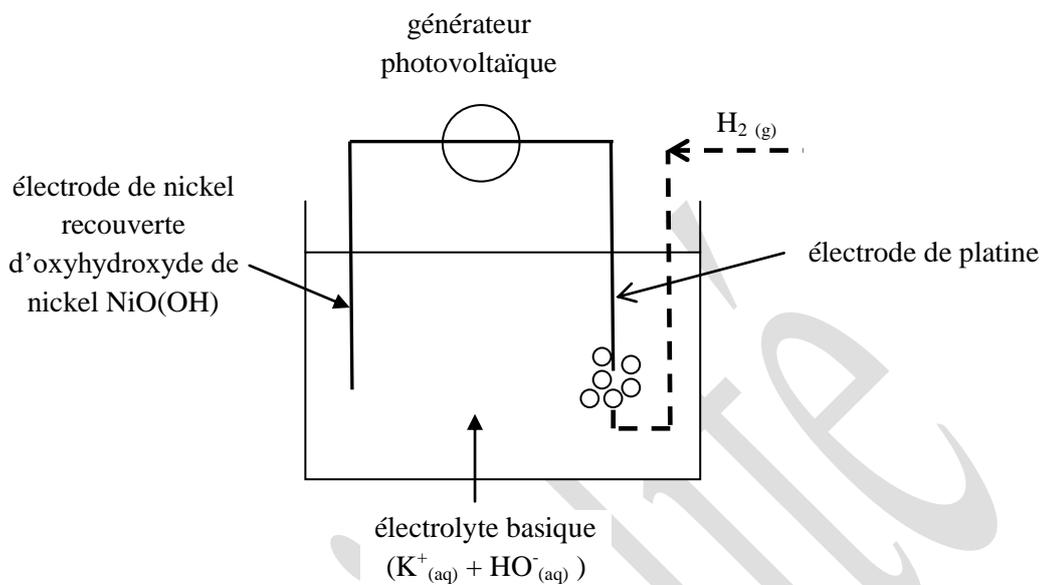
IV. Spécialistes seulement : Source d'énergie de la station spatiale internationale (SSI au Québec) (5 points)

NOM : .....

Prénom : .....

Classe : TS ...

Document 3 : Schéma simplifié de l'accumulateur nickel-hydrogène



*Source* : NASA