Corrigé complet — Bac S 2017 Inde (Pondichéry) (ancien programme)

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

Ex 1	**Saut spectaculaire au-dessus du canal de Corinthe** Deuxième loi de Newton · Chute libre dans un champ de pesanteur · Chronophotographie · Incertitude de mesure · Conservation de l'énergie mécanique	6 pts	1 h	9 questions	p. 2
Ex 2	**Un smartphone en TP de physique-chimie** Interférences lumineuses · Image numérique et débit binaire · Ondes électromagnétiques · Période du pendule simple · Dilution · Dosage par étalonnage	9 pts	1 h 30	12 questions	p. 7
Ex 3	**La 5ème saveur** Acides aminés · Représentation de Cram et stéréoisomérie · Mécanisme réactionnel · Synthèse peptidique et protection · Diagrammes de prédominance · Spectroscopie infrarouge	5 pts	50 min	8 questions	p. 13
Ex 4	**Spécialité : Les "éponges" à hydrogène, une révolution** Pile à combustible · Demi-équations d'oxydoréduction · Anode et cathode · Charge électrique et quantité d'électrons · Pourcentage massique · Résolution de problème	5 pts	50 min	3 questions	p. 16

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.

Saut spectaculaire au-dessus du canal de Corinthe

Bac S 2017 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 1 **6 points** **Durée conseillée 1 h**

1.1 Montrer que, si le poids est la seule force appliquée à Maddison et sa moto, le mouvement suivant l'axe (Ox) est uniforme.

Système {Maddison + moto}, de masse m constante ; référentiel terrestre supposé galiléen ; seule force : le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}$, soit $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Le vecteur $\vec{g}$ est vertical : sa coordonnée sur l'axe horizontal (Ox) est nulle. En projetant :

$$a_x = \frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = 0$$

$v_x = \text{constante} = v_0 \cos\alpha$: le mouvement suivant (Ox) est **uniforme**.

PIÈGE
Écrire « le mouvement est uniforme » sans préciser l'axe. Seul le mouvement horizontal l'est : suivant (Oy), la vitesse change à chaque instant.

MÉTHODE
Toujours dans cet ordre : système, référentiel, bilan des forces, deuxième loi de Newton, puis projection sur l'axe demandé. Ici la projection sur (Ox) suffit, les équations horaires ne sont pas demandées.

1.2.1 Utiliser l'extrait de la chronophotographie pour valider le modèle de chute libre, en précisant les mesures réalisées.

On repère sur l'axe (Ox) l'abscisse de chaque position de la moto (même point à chaque fois, par exemple le centre de la roue arrière), puis on mesure à la règle l'écart horizontal d entre deux positions successives.

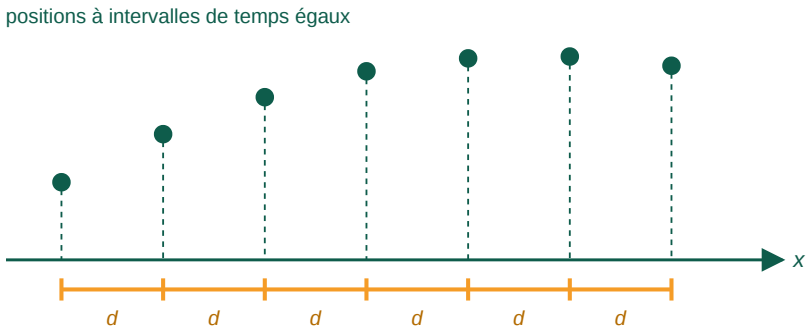
Sur l'extrait, les six écarts valent tous environ $2{,}0$ cm, à $0{,}1$ cm près (la valeur dépend de l'impression du sujet).

Les photos sont prises à intervalles de temps égaux : des distances horizontales égales parcourues pendant des durées égales signifient que v_x est constante.

Le mouvement horizontal est uniforme, comme le prévoit le modèle (1.1) : les frottements sont négligeables devant le poids et le modèle de chute libre est validé.

PIÈGE
Mesurer la distance entre deux motos le long de la trajectoire. C'est l'écart horizontal, lu sur l'axe (Ox), qui doit rester constant ; la distance parcourue sur la courbe, elle, varie.

COMPRENDRE
Une force de frottement s'oppose à la vitesse et possède donc une composante horizontale : elle ferait diminuer v_x et les écarts se resserreraient vers la droite. Ce n'est pas ce qu'on observe.



1.2.1 · Principe de la mesure : les abscisses des positions successives sont régulièrement espacées

2.1 Présenter le résultat des mesures sous la forme $v_x = \overline{v_x} \pm U(v_x)$, avec un niveau de confiance de 95 %.

Données utiles v_x (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) : 28,3 ; 29,1 ; 28,7 ; 29,0 ; 27,7 ; 29,0 ; $S_{n-1} = 0{,}543\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $k = 2{,}6$; $N = 6$

Valeur moyenne des $N = 6$ mesures :

$$\overline{v_x} = \frac{28{,}3 + 29{,}1 + 28{,}7 + 29{,}0 + 27{,}7 + 29{,}0}{6} = 28{,}63\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Incertitude :

$$U(v_x) = k\,\frac{S_{n-1}}{\sqrt{N}} = 2{,}6 \times \frac{0{,}543}{\sqrt{6}} = 0{,}58\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

On garde un seul chiffre significatif pour l'incertitude, arrondie par excès : $U(v_x) = 0{,}6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. La moyenne s'arrondit au même rang, le dixième.

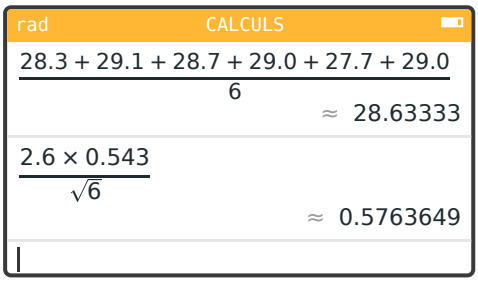
$v_x = (28{,}6 \pm 0{,}6)\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Diviser par N au lieu de $\sqrt{N}$, ou oublier l'unité du résultat final.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : c'est l'incertitude qui fixe l'écriture. Elle porte sur le dixième, donc la moyenne s'arrête au dixième ; écrire $28{,}63 \pm 0{,}6$ n'aurait pas de sens.

COMPRENDRE
Programme actuel : on calcule seulement l'incertitude-type $u = \frac{S_{n-1}}{\sqrt{N}}$, sans facteur k ni niveau de confiance. Le coefficient k élargit cet intervalle pour atteindre 95 %.

À LA CALCULATRICE



2.2 La vitesse en sortie de tremplin $v_0 = 125\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ est-elle vérifiée, sachant que l'inclinaison du tremplin vaut $\alpha = 33^\circ$?

Données utiles $v_x = (28{,}6 \pm 0{,}6)\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (2.1) ; $\alpha = 33^\circ$

Le mouvement horizontal est uniforme (1.1) : $v_x = v_{0x} = v_0 \cos\alpha$, donc $v_0 = \dfrac{v_x}{\cos\alpha}$.

La valeur de v_x est comprise entre 28,0 et 29,2 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, d'où :

$$\frac{28{,}0}{\cos 33^\circ} \leqslant v_0 \leqslant \frac{29{,}2}{\cos 33^\circ} \quad \text{soit} \quad 33{,}4\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \leqslant v_0 \leqslant 34{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

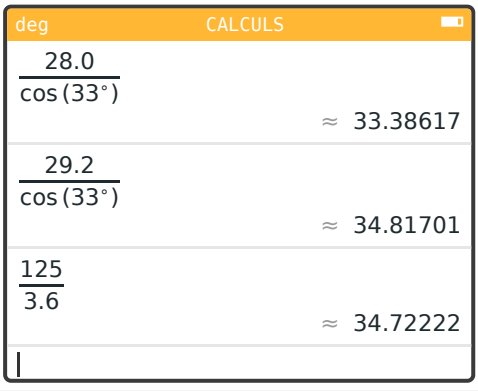
Valeur annoncée : $v_0 = \dfrac{125}{3{,}6} = 34{,}7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$34{,}7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ appartient à l'intervalle $[33{,}4\ ;\ 34{,}8]\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: la vitesse annoncée de $125\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ est vérifiée.

PIÈGE
Comparer directement $28{,}6\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ à la valeur annoncée : v_x n'est que la composante horizontale de la vitesse. Penser aussi à convertir les $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ en divisant par 3,6.

MÉTHODE
Une valeur annoncée est « vérifiée » si elle tombe dans l'intervalle de confiance de la mesure. On compare donc un nombre à un intervalle, jamais deux nombres entre eux.

À LA CALCULATRICE



3.1 À partir de l'allure du graphique $v_y(t)$, justifier que le mouvement suivant la verticale est uniformément varié.

La courbe $v_y(t)$ est une droite qui ne passe pas par l'origine : v_y est une fonction affine du temps.

Son coefficient directeur, qui est l'accélération verticale $a_y = \dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}$, est donc constant (et négatif).

a_y est constante : le mouvement suivant la verticale est **uniformément varié**.

COMPRENDRE
La pente se lit sur le graphique : v_y passe de 19 à $0\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ en un peu moins de $2{,}0$ s, soit environ $-9{,}8\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$. On retrouve $a_y = -g$, comme le prévoit le modèle.

3.2 Quelle position particulière de la trajectoire est occupée à la date où $v_y = 0$? Quelle est alors la valeur de la vitesse ?

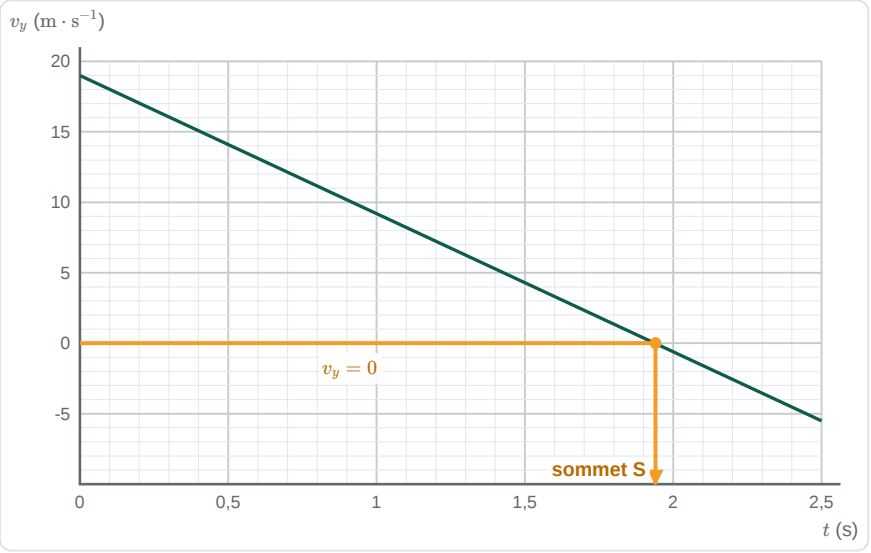
Données utiles $v_x = 28{,}6\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ (2.1)

Avant cette date $v_y > 0$ (le système monte), après $v_y < 0$ (il descend) : lorsque $v_y = 0$, il se trouve au **sommet S** de la trajectoire.

Le vecteur vitesse y est horizontal et sa valeur est $v_S = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_x^2 + 0} = v_x$.

Au sommet S : $v_S = v_x = 28{,}6\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

PIÈGE
Répondre que la vitesse est nulle au sommet. Seule la composante verticale s'annule ; la composante horizontale reste égale à v_x pendant tout le saut.



3.2 · Courbe du sujet : v_y s'annule un peu avant $t = 2{,}0$ s, au sommet de la trajectoire

3.3 Donner l'expression de l'énergie mécanique de Maddison et sa moto en fonction de m, v, y et g.

L'énergie mécanique est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur, nulle en $y = 0$:

$$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2}\,m\,v^2 + m\,g\,y$$

COMPRENDRE
L'expression $E_{pp} = m\,g\,y$ suppose un axe (Oy) vertical orienté vers le haut et la référence choisie en $y = 0$, c'est-à-dire à la sortie du tremplin.

3.4 En utilisant l'expression précédente, déterminer l'ordonnée y_S du sommet S de la trajectoire.

Données utiles $v_0 = 34{,}7\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.2) ; $v_S = 28{,}6\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3.2) ; $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

En chute libre, seul le poids agit et c'est une force conservative : l'énergie mécanique se conserve entre O et S.

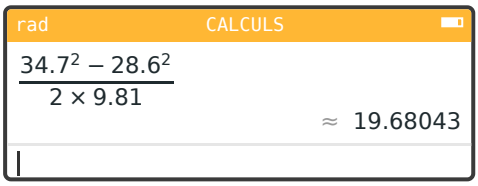
En O ($y = 0$, vitesse v_0) : $E_m(O) = \dfrac{1}{2} m v_0^2$. En S (vitesse v_S) : $E_m(S) = \dfrac{1}{2} m v_S^2 + m g y_S$.

$E_m(O) = E_m(S)$ donne, après division par m : $\dfrac{1}{2} v_0^2 = \dfrac{1}{2} v_S^2 + g y_S$, d'où

$$y_S = \frac{v_0^2 - v_S^2}{2g} = \frac{34{,}7^2 - 28{,}6^2}{2 \times 9{,}81} = 19{,}7\ \text{m}$$

$\boxed{y_S = 19{,}7\ \text{m}}$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Prendre une énergie cinétique nulle au sommet : on obtiendrait $y_S = \dfrac{v_0^2}{2g} \approx 61$ m, hauteur d'un tir vertical. En S, la vitesse vaut encore v_S.

COMPRENDRE
La masse se simplifie : inutile de la connaître. Le résultat est sensible aux valeurs choisies : avec $v_{0y} = 19\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ lu sur le graphique, $y_S = \dfrac{v_{0y}^2}{2g} \approx 18$ m. La conclusion de 3.5 reste la même.

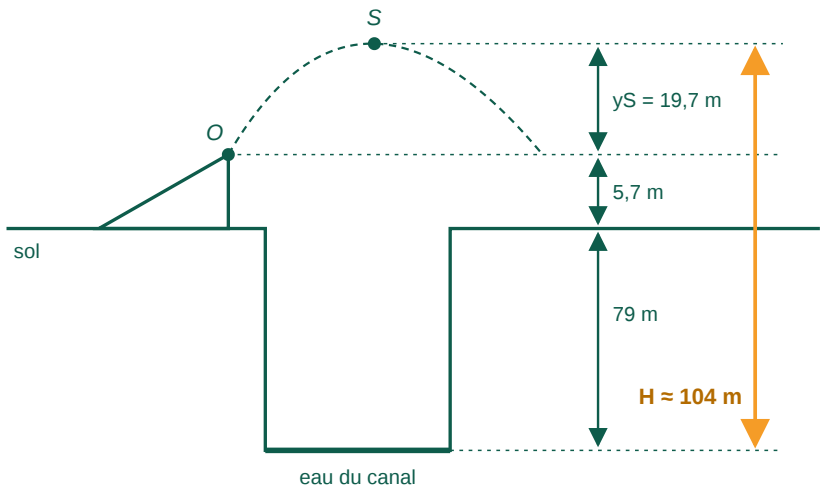
3.5 Le résultat précédent confirme-t-il que le point le plus haut du vol a dépassé les 95 mètres au-dessus de l'eau ?

Données utiles eau à 79 m sous le niveau du sol ; sortie du tremplin à 5,7 m au-dessus du sol ; $y_S = 19{,}7$ m (3.4)

L'origine O du repère est la sortie du tremplin : y_S est la hauteur du sommet au-dessus de ce point. La hauteur H du sommet au-dessus de l'eau est donc :

$$H = 79 + 5{,}7 + 19{,}7 = 104 \text{ m}$$

$H \approx 104 \text{ m} > 95 \text{ m}$: l'information est confirmée, le point le plus haut dépasse bien 95 m au-dessus de l'eau.

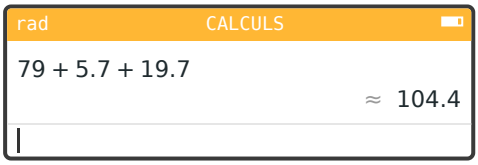


3.5 · Les trois hauteurs à additionner (schéma sans souci d'échelle)

PIÈGE
S'arrêter à $y_S = 19{,}7$ m et conclure que l'information est fausse. Cette ordonnée est mesurée depuis la sortie du tremplin, pas depuis la surface de l'eau.

COMPRENDRE
Dans une somme, le terme le moins précis fixe le résultat : 79 m est donné au mètre près, d'où $H = 104$ m. Le modèle sans frottement donne une hauteur un peu surestimée, ce qui reste cohérent avec « plus de 95 m ».

À LA CALCULATRICE



Un smartphone en TP de physique-chimie

Bac S 2017 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 2 **9 points** **Durée conseillée 1 h 30**

1.1 Quel comportement de la lumière (onde ou particule) est mis en jeu dans l'expérience du laser réfléchi par l'écran du smartphone ?

L'écran se comporte comme un réseau : la lumière réfléchie par les pixels forme sur l'écran d'observation une figure de taches lumineuses régulièrement espacées. C'est une figure d'interférences (associée à la diffraction par les pixels), phénomène propre aux ondes.

L'expérience met en jeu le comportement **ondulatoire** de la lumière.

COMPRENDRE
Le comportement particulaire (photons) se manifeste dans les échanges d'énergie avec la matière, par exemple l'effet photoélectrique. Diffraction et interférences ne s'expliquent qu'avec une onde.

1.2 À l'aide des résultats de l'expérience, déterminer la distance p séparant deux pixels de l'écran du smartphone.

Données utiles $i = \dfrac{\lambda \times D}{p}$; $\lambda = 650$ nm ; $D = 1{,}66$ m ; photographie de la figure avec règle graduée en cm

Sur la rangée de taches la plus proche de la règle, on mesure plusieurs intervalles pour gagner en précision : de la tache située à $130{,}2$ cm à celle située à $137{,}8$ cm, il y a 6 intervalles.

$$i = \frac{137{,}8 - 130{,}2}{6} = 1{,}27 \text{ cm} = 1{,}27 \times 10^{-2} \text{ m}$$

La relation $i = \dfrac{\lambda \times D}{p}$ donne $p = \dfrac{\lambda \times D}{i}$:

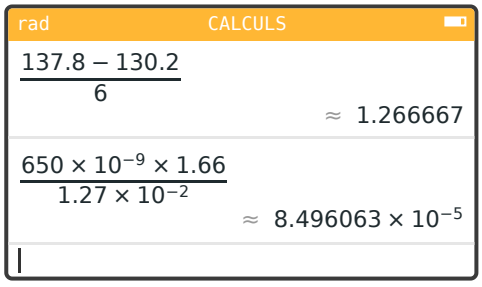
$$p = \frac{650 \times 10^{-9} \times 1{,}66}{1{,}27 \times 10^{-2}}$$

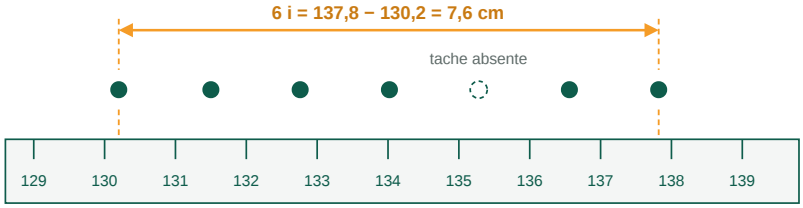
$p = 8{,}5 \times 10^{-5}$ m, soit 85 μm

PIÈGE
Une tache manque dans la rangée, vers $135{,}2$ cm : elle compte quand même pour un intervalle. Convertir aussi λ en mètre et i en mètre avant le calcul.

COMPRENDRE
La distance $7{,}6$ cm est lue au millimètre près : deux chiffres significatifs, donc deux pour p. Mesurer $6\,i$ plutôt que i divise par 6 l'effet de l'incertitude de lecture.

À LA CALCULATRICE





1.2 · Mesure de plusieurs intervalles sur la rangée du bas (schéma de la photographie)

1.3 Vérifier que ce résultat est cohérent avec les indications du fabricant, en considérant que les pixels sont accolés.

Données utiles écran : $5{,}98$ cm $\times$ $10{,}62$ cm ; 720 px $\times$ 1280 px ; $p = 8{,}5 \times 10^{-5}$ m (1.2)

Les pixels étant accolés, la distance entre deux pixels est la largeur d'un pixel. La longueur de l'écran, $10{,}62$ cm, contient 1280 pixels :

$$p_{\text{fab}} = \frac{10{,}62 \times 10^{-2}}{1280} = 8{,}30 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Écart relatif avec la mesure : $\dfrac{|p - p_{\text{fab}}|}{p_{\text{fab}}} = \dfrac{8{,}5 - 8{,}3}{8{,}3} \approx 2\ \%$.

$p_{\text{fab}} = 83$ μm et $p = 85$ μm : l'écart, d'environ $2\ \%$, s'explique par la précision de la lecture sur la photographie. Les résultats sont cohérents.

COMPRENDRE
Les autres indications donnent la même valeur : $5{,}98$ cm $\div$ $720 = 83$ μm, et 306 pixels par pouce donnent $2{,}54$ cm $\div$ $306 = 83$ μm.

MÉTHODE
Pour juger une cohérence, calculer un écart relatif et le commenter : quelques pour cent avec une mesure faite à la règle sur une photographie, c'est compatible.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{10.62 \times 10^{-2}}{1280} \approx 8.296875 \times 10^{-5}$

$\dfrac{8.5 - 8.3}{8.3} \approx 0.02409639$

2.1 Quelle devrait être, en mégaoctets (Mo), la taille de la vidéo obtenue ?

Données utiles 720×480 pixels ; 24 bits par pixel ; 30 images par seconde ; durée 20 s ; 1 octet = 8 bits ; $1\ \text{Mo} = 10^6$ octets

Chaque pixel est codé sur 24 bits, soit $\dfrac{24}{8} = 3$ octets.

Une image occupe $720 \times 480 \times 3$ octets et la vidéo compte $30 \times 20 = 600$ images :

$$\text{taille} = 720 \times 480 \times 3 \times 600 = 6{,}2 \times 10^8 \text{ octets}$$

La vidéo non compressée occupe $6{,}2 \times 10^2$ Mo (622 Mo).

PIÈGE
Oublier de passer des bits aux octets donne une taille 8 fois trop grande. Le son étant désactivé, seule l'image est à compter.

COMPRENDRE
Le codage des images et le débit binaire figuraient au programme de l'ancien Bac S ; ils ne sont plus au programme actuel de la spécialité en Terminale.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{720 \times 480 \times 3 \times 30 \times 20}{1 \times 10^6} \approx 622.08$

2.2 À quel domaine du spectre électromagnétique appartiennent les ondes émises par le smartphone lors du transfert Bluetooth ? Justifier par un calcul.

Données utiles $f = 2{,}4$ GHz ; $c = 3{,}0 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; spectre électromagnétique gradué en longueur d'onde

La bande de fréquence utilisée est $f = 2{,}4\ \text{GHz} = 2{,}4 \times 10^9$ Hz.

Longueur d'onde dans le vide (ou l'air) :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3{,}0 \times 10^8}{2{,}4 \times 10^9} = 0{,}125\ \text{m} \approx 0{,}13\ \text{m}$$

Sur le spectre fourni, cette valeur, légèrement supérieure à 10^{-1} m, se situe dans la zone comprise entre l'infrarouge et les ondes radio.

$\lambda \approx 0{,}13$ m : les ondes Bluetooth appartiennent au domaine des **micro-ondes**.

PIÈGE
Le spectre est gradué en longueur d'onde, pas en fréquence : il faut calculer λ, après avoir converti les gigahertz en hertz ($1\ \text{GHz} = 10^9$ Hz).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{3.0 \times 10^8}{2.4 \times 10^9} \approx 0.125$

2.3 Après compression, la taille du fichier n'est plus que de 9,1 Mo. Déterminer la durée minimale de transfert de cette vidéo.

Données utiles débit du Bluetooth 4.0 : $D = 24\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$; 1 octet = 8 bits

Taille du fichier en bits : $N = 9{,}1 \times 8 = 72{,}8$ Mbit.

Le débit binaire est le nombre de bits transmis par seconde : $D = \dfrac{N}{\Delta t}$, d'où

$$\Delta t = \frac{N}{D} = \frac{9{,}1 \times 8}{24}$$

$\Delta t = 3{,}0$ s

PIÈGE
Le débit est en mégabits par seconde et la taille en mégaoctets : sans la conversion, on trouve 0,38 s.

COMPRENDRE
La durée est « minimale » car $24\ \text{Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$ est le débit le plus élevé permis par la norme : un débit réel plus faible allonge le transfert.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{9.1 \times 8}{24} \approx 3.033333$

3.1 Par une analyse dimensionnelle, choisir parmi les relations a. $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{g}}$, b. $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$ et c. $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{g}{L}}$ celle qui donne la période des petites oscillations du pendule.

Une période s'exprime en seconde ; 2π est sans unité ; g s'exprime en $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$, L en m et m en kg.

- relation a : $\sqrt{\dfrac{m}{g}}$ s'exprime en $\sqrt{\dfrac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m \cdot s^{-2}}}} = \mathrm{kg^{1/2} \cdot m^{-1/2} \cdot s}$: ce n'est pas une durée ;
- relation b : $\sqrt{\dfrac{L}{g}}$ s'exprime en $\sqrt{\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{m \cdot s^{-2}}}} = \sqrt{\mathrm{s^2}} = \mathrm{s}$: c'est une durée ;
- relation c : $\sqrt{\dfrac{g}{L}}$ s'exprime en $\sqrt{\dfrac{\mathrm{m \cdot s^{-2}}}{\mathrm{m}}} = \mathrm{s^{-1}}$: c'est l'inverse d'une durée.

Seule la relation b est homogène à une durée : $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$

COMPRENDRE
L'intensité de pesanteur g, donnée parfois en $\mathrm{N \cdot kg^{-1}}$, est une accélération : $1\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}} = 1\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$. La période ne dépend pas de la masse.

MÉTHODE
Remplacer chaque grandeur par son unité de base (m, kg, s) et simplifier. Une relation dont les deux membres n'ont pas la même unité est forcément fausse.

3.2 Le pendule passe par la position d'équilibre sur l'image n° 16 puis, après une oscillation complète, sur l'image n° 50. Retrouver la longueur L du fil.

Données utiles 30 images par seconde ; $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$; $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$ (3.1)

Une oscillation complète dure $50 - 16 = 34$ intervalles entre images, et deux images successives sont séparées de $\dfrac{1}{30}$ s :

$$T = \frac{34}{30} = 1{,}13\ \mathrm{s}$$

De $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$ on tire $T^2 = 4\pi^2\dfrac{L}{g}$, soit $L = \dfrac{gT^2}{4\pi^2}$:

$$L = \frac{9{,}81 \times 1{,}13^2}{4\pi^2}$$

$L = 0{,}32$ m, soit 32 cm

PIÈGE
Une oscillation complète ramène le pendule à la position d'équilibre **dans le même sens** : entre les images 16 et 50, il y est passé une fois en sens inverse. Ne pas prendre cette durée pour une demi-période.

COMPRENDRE
Le repérage se fait à une image près sur 34 : la période n'est connue qu'à 3 % près, d'où deux chiffres significatifs pour L. L'expression de la période du pendule n'est plus exigible au programme actuel.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{50 - 16}{30} \approx 1.133333$

$\dfrac{9.81 \times \left(\dfrac{34}{30}\right)^2}{4 \times \pi^2} \approx 0.3191719$

4.1 Nommer la verrerie nécessaire pour réaliser la solution n° 3 à partir de la solution mère (n° 1) et décrire précisément le protocole.

Données utiles $C_1 = 2{,}5 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $C_3 = 5{,}0 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

C'est une dilution : la quantité de soluté prélevée se conserve, $C_1V_1 = C_3V_3$. Le facteur de dilution vaut

$$F = \frac{C_1}{C_3} = \frac{V_3}{V_1} = \frac{2{,}5 \times 10^{-4}}{5{,}0 \times 10^{-5}} = 5{,}0$$

On choisit par exemple $V_3 = 50{,}0$ mL, donc $V_1 = \dfrac{50{,}0}{5{,}0} = 10{,}0$ mL.

Verrerie : un bécher, une pipette jaugée de $10{,}0$ mL munie d'une propipette, une fiole jaugée de $50{,}0$ mL avec son bouchon.

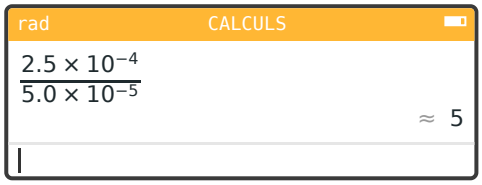
- Verser un peu de solution mère dans le bécher ; rincer la pipette avec cette solution.
- Prélever $10{,}0$ mL de solution mère à la pipette jaugée et les introduire dans la fiole jaugée.
- Ajouter de l'eau distillée aux deux tiers, boucher et agiter.
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (bas du ménisque sur le trait), boucher et homogénéiser.

Pipette jaugée de $10{,}0$ mL et fiole jaugée de $50{,}0$ mL (dilution au cinquième).

PIÈGE
Éprouvette graduée et bécher ne sont pas assez précis pour une dilution. Ne jamais pipeter directement dans le flacon de solution mère.

COMPRENDRE
Tout couple de verrerie jaugée de rapport 5 convient : $20{,}0$ mL dans $100{,}0$ mL, ou $5{,}0$ mL dans $25{,}0$ mL.

À LA CALCULATRICE



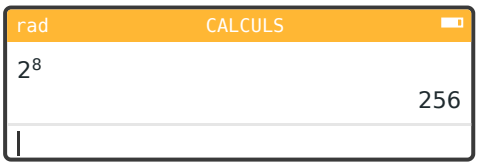
4.2 Expliquer pourquoi la valeur de chaque sous-pixel est comprise entre 0 et 255.

Chaque sous-pixel est codé sur un octet, c'est-à-dire sur 8 bits. Chaque bit vaut 0 ou 1 : un octet peut donc prendre $2^8 = 256$ valeurs différentes.

Les 256 valeurs possibles sont numérotées à partir de zéro : de 0 à 255.

PIÈGE
Répondre « de 0 à 256 » : il y a bien 256 valeurs, mais la première est 0, donc la dernière est $2^8 - 1 = 255$.

À LA CALCULATRICE



4.3 Pourquoi choisit-on la valeur du sous-pixel vert pour le calcul de la grandeur A_{octet}, plutôt que celle du rouge ou du bleu ?

Données utiles spectre d'absorption du permanganate de potassium ; spectre visible : le vert s'étend d'environ 470 nm à 560 nm

Le spectre d'absorption de la solution présente un maximum d'absorbance vers $\lambda_{\max} \approx 525$ nm, longueur d'onde qui correspond au vert. Le rouge (au-delà de 640 nm) est très peu absorbé et le bleu l'est nettement moins que le vert.

La lumière verte est donc celle dont l'intensité varie le plus avec la concentration : dans le tableau, la valeur du vert passe de 189 à 68 quand la concentration augmente, alors que celle du rouge ne diminue pas.

Le sous-pixel vert correspond au maximum d'absorption de la solution : c'est lui qui donne la mesure la plus sensible à la concentration.

COMPRENDRE
Même choix qu'avec un spectrophotomètre, que l'on règle sur $\lambda_{\max}$. La solution absorbe le vert et diffuse le rouge et le bleu : elle paraît rose-violette (magenta), couleur complémentaire du vert.

4.4 La notice indiquait autrefois 1 mg de permanganate de potassium pour 100 mL de solution. Le fabricant a-t-il changé la teneur de son antiseptique ?

Données utiles $M(\text{KMnO}_4) = 158{,}0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; tableau des concentrations et des valeurs de A_{octet} ; antiseptique : vert 194 au-dessus de la solution, 172 dans la solution

Droite d'étalonnage. On place les points $(C\ ;\ A_{\text{octet}})$ des solutions n° 1 à 4. Ils sont pratiquement alignés avec l'origine : A_{octet} est proportionnelle à C, comme dans la loi de Beer-Lambert, $A_{\text{octet}} = k\,C$. La droite tracée passe par l'origine et très près du point de la solution n° 1 :

$$k = \frac{0{,}43}{2{,}5 \times 10^{-4}} = 1{,}7 \times 10^{3} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Antiseptique. $A_{\text{octet}} = \log\left(\dfrac{194}{172}\right) = 0{,}052$, d'où

$$C_A = \frac{A_{\text{octet}}}{k} = \frac{0{,}052}{1{,}7 \times 10^{3}} = 3{,}1 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

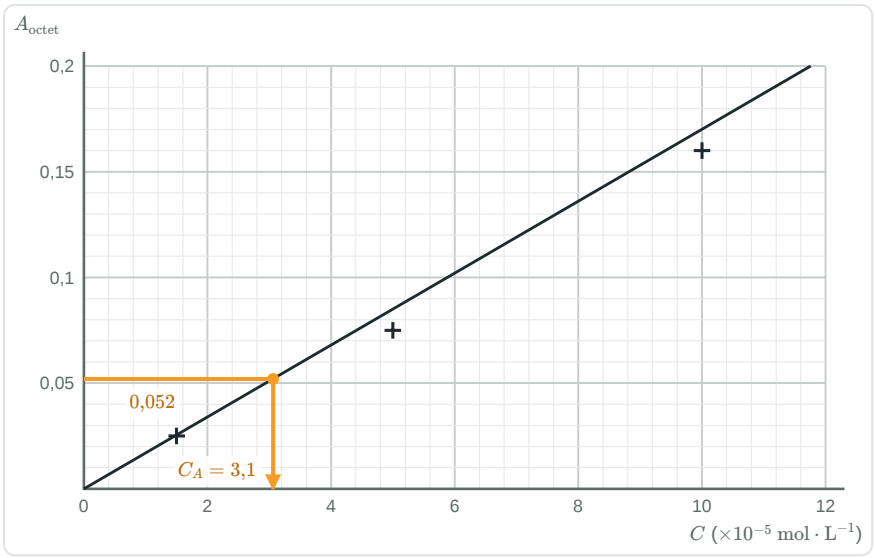
Masse dans 100 mL. $m = C_A \times M \times V = 3{,}1 \times 10^{-5} \times 158{,}0 \times 0{,}100 = 4{,}9 \times 10^{-4}$ g, soit environ $0{,}5$ mg.

L'antiseptique contient environ $0{,}5$ mg de permanganate de potassium pour 100 mL, la moitié de l'ancienne indication (1 mg) : le fabricant a diminué la teneur.

PIÈGE
La mesure, faite sur des octets entiers, est peu précise. Un écart d'un facteur 2 dépasse cependant largement cette imprécision : la conclusion reste valable.

COMPRENDRE
Vérification rapide : 1 mg pour 100 mL correspond à $6{,}3 \times 10^{-5}$ mol · L^{-1}, plus que la solution n° 3. Or l'antiseptique absorbe moins que la solution n° 3 ($0{,}052 < 0{,}075$) : sa teneur est forcément inférieure.

MÉTHODE
Dosage par étalonnage : 1) tracer $A = f(C)$ avec les solutions étalons ; 2) mesurer A pour la solution inconnue ; 3) en déduire C par lecture graphique ou avec le coefficient directeur ; 4) convertir et comparer à l'indication.



4.4 · Droite d'étalonnage, agrandie aux faibles concentrations (le point de la solution n° 1, hors cadre, est sur la droite)

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{0.43}{2.5 \times 10^{-4}} \approx 1720$$

$$\log\left(\frac{194}{172}\right) \approx 0.05227328$$

$$\frac{0.052}{1.7 \times 10^{3}} \approx 3.058824 \times 10^{-5}$$

$$3.1 \times 10^{-5} \times 158.0 \times 0.100 \approx 4.898 \times 10^{-4}$$

La 5ème saveur

Bac S 2017 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Justifier que l'acide glutamique est un acide aminé.

La molécule d'acide glutamique porte un groupe amino $-NH_2$ (famille des amines) et un groupe carboxyle $-COOH$ (famille des acides carboxyliques) ; elle en porte même deux.

Elle possède à la fois un groupe amino et un groupe carboxyle : c'est un **acide aminé**.

PIÈGE
Citer seulement « acide » ou seulement « amine ». Il faut nommer les deux groupes caractéristiques et les repérer sur la formule.

1.2 Indiquer si les molécules A et B, puis A et C, sont identiques, énantiomères ou diastéréoisomères.

Le carbone central est lié à quatre groupes différents ($-H$, $-NH_2$, $-COOH$, $-CH_2-CH_2-COOH$) : il est asymétrique, et c'est le seul de la molécule.

A et C : $-NH_2$ et $-H$ occupent les mêmes positions, mais $-COOH$ et $-CH_2-CH_2-COOH$ sont échangés (en A, $-COOH$ est en avant du plan ; en C, il est en arrière). Un seul échange autour du carbone asymétrique donne l'image dans un miroir, non superposable.

A et B : on passe de A à B par deux échanges ($-NH_2$ avec $-H$, puis $-COOH$ avec $-CH_2-CH_2-COOH$). Deux échanges redonnent la même disposition dans l'espace.

A et B sont **identiques** ; A et C sont **énantiomères**.

COMPRENDRE
Avec un seul carbone asymétrique, il ne peut pas exister de diastéréoisomères. La stéréoisomérie (Cram, énantiomères) relevait de l'ancien programme ; elle n'est plus exigible en spécialité aujourd'hui.

MÉTHODE
Autour d'un carbone asymétrique, échanger deux groupes inverse la configuration ; un nombre pair d'échanges redonne la même molécule, un nombre impair son énantiomère.

1.3 a. Donner la formule semi-développée du groupement R dans le cas de la synthèse de l'acide glutamique. b. Recopier l'étape du mécanisme et représenter les flèches courbes. c. Associer à cette étape une catégorie de réaction, en justifiant.

a. L'acide aminé obtenu s'écrit $R-CH(NH_2)-COOH$. Par comparaison avec l'acide glutamique $HOOC-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH$:

$$R = HOOC-CH_2-CH_2^-$$

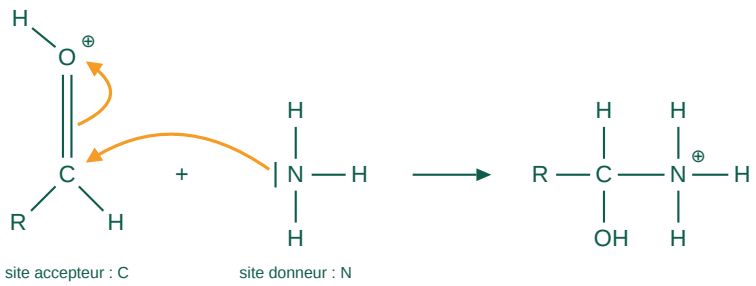
b. Voir le schéma. L'atome d'azote porte un doublet non liant : c'est le site donneur. Le carbone lié à l'oxygène, plus électronégatif ($3{,}4 > 2{,}5$) et ici chargé positivement, est appauvri en électrons : c'est le site accepteur. Une flèche part du doublet de N vers C (formation de la liaison $C-N$) ; une autre part de la double liaison $C=O$ vers O.

c. Deux espèces s'unissent en une seule, sans autre produit, et la double liaison $C=O$ devient une liaison simple.

a. R : $HOOC-CH_2-CH_2^-$; c. cette étape est une **addition**.

PIÈGE
Une flèche courbe part toujours d'un doublet (non liant ou liant) et pointe vers l'atome accepteur. La tracer de C vers N, ou depuis la charge $+$, ne rapporte aucun point.

COMPRENDRE
La seconde flèche est indispensable : sans elle, le carbone aurait cinq liaisons. Le doublet qui bascule sur l'oxygène neutralise sa charge, et c'est l'azote, désormais lié quatre fois, qui porte le $+$.



1.3 · 1.3.b — Étape recopiée, avec les deux flèches courbes (en orange)

2.1 Écrire l'équation de la réaction conduisant au dipeptide GLU-SER à partir de deux acides aminés naturels.

Le groupe carboxyle de l'acide glutamique voisin du groupe amino réagit avec le groupe amino de la sérine :

$$\mathrm{HOOC-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH + H_2N-CH(CH_2OH)-COOH}$$
$$\longrightarrow \mathrm{HOOC-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-CO-NH-CH(CH_2OH)-COOH + H_2O}$$

$\mathrm{GLU + SER \longrightarrow GLU{-}SER + H_2O}$ (formules ci-dessus)

PIÈGE
Oublier la molécule d'eau : la condensation libère $\mathrm{H_2O}$ (le OH du carboxyle et un H du groupe amino). Vérifier la conservation des atomes.

2.2 Quelle est la fonction créée lors de la formation d'un dipeptide ?

Le groupe $\mathrm{-CO-NH^-}$ apparaît entre les deux acides aminés.

La fonction créée est une fonction **amide** (liaison peptidique).

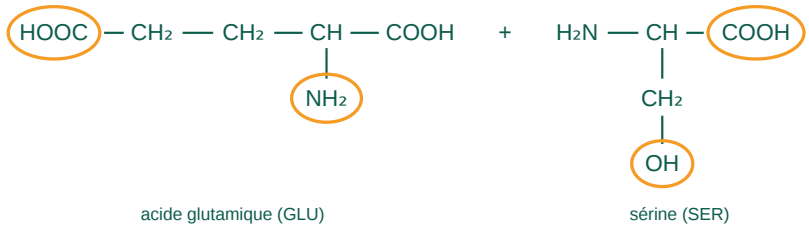
2.3 Entourer, sur les formules des deux réactifs de l'équation précédente, les groupes caractéristiques à protéger.

Seuls doivent réagir le carboxyle de GLU porté par le carbone lié à $\mathrm{-NH_2}$ et le groupe amino de SER. Tous les autres groupes réactifs sont à protéger (schéma) :

- sur GLU : le groupe amino $\mathrm{-NH_2}$ et le carboxyle en bout de chaîne ;
- sur SER : le carboxyle $\mathrm{-COOH}$ et le groupe hydroxyle $\mathrm{-OH}$.

Quatre groupes à protéger : $\mathrm{-NH_2}$ et $\mathrm{-COOH}$ terminal de GLU ; $\mathrm{-COOH}$ et $\mathrm{-OH}$ de SER.

COMPRENDRE
Sans protection, on obtiendrait un mélange : SER-GLU, GLU-GLU, SER-SER, liaison par l'autre carboxyle de GLU. L'hydroxyle de la sérine pourrait de son côté réagir avec un carboxyle pour donner un ester.



2.3 · Groupes à protéger (entourés en orange) ; les deux groupes non entourés forment la liaison

2.4 À l'aide des trois documents, déterminer la solution tampon à choisir pour séparer la sérine de l'acide glutamique par électrophorèse.

Données utiles tampons disponibles : pH 2,0 ; 7,0 ; 12,0 ; sérine : $\mathrm{p}K_{a1} = 2{,}2$ et $\mathrm{p}K_{a2} = 9{,}2$

Pour être séparées, les deux espèces doivent porter des charges différentes ; l'idéal est que l'une migre et que l'autre, neutre, reste au point de dépôt.

- **pH = 2,0** : $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_{a1}$, la sérine est surtout sous forme de cation. Pour l'acide glutamique, le document 3 donne environ 60 % de A^+ et 40 % de A (neutre). Les deux espèces sont chargées positivement et migrent vers le pôle $-$.
- **pH = 12,0** : $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_{a2}$, la sérine est un anion ; l'acide glutamique est sous forme A^{2-} (près de 100 %). Les deux migrent vers le pôle $+$.
- **pH = 7,0** : $\mathrm{p}K_{a1} < \mathrm{pH} < \mathrm{p}K_{a2}$, la sérine est sous forme d'ion portant un $+$ et un $-$, globalement neutre : elle ne migre pas. L'acide glutamique est sous forme A^- (près de 100 %) : il migre vers le pôle $+$.

Il faut choisir le tampon de **pH = 7,0** : la sérine reste au dépôt, l'acide glutamique migre vers le pôle $+$.

PIÈGE
Regarder la charge d'un seul groupe. La forme A de l'acide glutamique et la forme intermédiaire de la sérine portent un $+$ et un $-$: leur charge globale est nulle.

MÉTHODE
Pour chaque pH proposé : 1) forme prédominante de chaque espèce ; 2) charge globale de cette forme ; 3) sens de migration. On retient le pH où les comportements diffèrent le plus.

2.5 Après la séparation, peut-on distinguer la sérine de l'acide glutamique en spectroscopie infrarouge ?

Les deux molécules possèdent les mêmes liaisons $\mathrm{N{-}H}$ (amine), $\mathrm{C{-}H}$, $\mathrm{O{-}H}$ (acide carboxylique) et $\mathrm{C{=}O}$: leurs spectres présentent les mêmes bandes pour ces liaisons.

Seule la sérine possède une liaison $\mathrm{O{-}H}$ d'alcool, attendue entre 3200 et 3400 cm^{-1}. Mais cet intervalle est entièrement compris dans celui de la liaison $\mathrm{N{-}H}$ (3100-3500 cm^{-1}) et touche la bande large $\mathrm{O{-}H}$ d'acide (2500-3200 cm^{-1}), présentes dans les deux spectres.

La sérine a une bande de plus ($\mathrm{O{-}H}$ alcool), mais elle se superpose à celle de $\mathrm{N{-}H}$: avec la seule table fournie, la distinction n'est **pas assurée**.

COMPRENDRE
Une bande n'est exploitable que si elle apparaît dans une zone libre du spectre. En pratique, on comparerait chaque spectre à un spectre de référence, notamment dans la zone des faibles nombres d'onde.

Spécialité : Les "éponges" à hydrogène, une révolution

Bac S 2017 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Écrire les demi-équations électroniques des réactions à l'anode et à la cathode de la pile à combustible, puis en déduire l'équation de la réaction globale.

Données utiles couples $\mathrm{H^+(aq)}$ / $\mathrm{H_2(g)}$ et $\mathrm{O_2(g)}$ / $\mathrm{H_2O(l)}$

D'après le document 2, les réactifs sont le dihydrogène et le dioxygène, et il se forme de l'eau.

À l'anode, siège d'une oxydation, le réducteur $\mathrm{H_2}$ est oxydé :

$$\mathrm{H_2(g) = 2\,H^+(aq) + 2\,e^-}$$

À la cathode, siège d'une réduction, l'oxydant $\mathrm{O_2}$ est réduit :

$$\mathrm{O_2(g) + 4\,H^+(aq) + 4\,e^- = 2\,H_2O(l)}$$

On multiplie la première demi-équation par 2 pour échanger 4 électrons de part et d'autre, puis on additionne ; les ions $\mathrm{H^+}$ se simplifient.

$$\mathrm{2\,H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2\,H_2O(l)}$$

COMPRENDRE
Les ions $\mathrm{H^+}$ produits à l'anode traversent la membrane polymère et sont consommés à la cathode : c'est l'« échange de protons » du document 2.

MÉTHODE
Anode et oxydation commencent par une voyelle, cathode et réduction par une consonne. Avant d'additionner, on égalise le nombre d'électrons cédés et captés : aucun électron ne doit rester dans l'équation globale.

2 Les signes des pôles de la pile indiqués sur le schéma du document 2 sont-ils corrects ? Justifier.

Du côté de l'arrivée de $\mathrm{H_2}$ (anode), l'oxydation du dihydrogène libère des électrons. Ces électrons partent dans le circuit extérieur : l'anode est donc la borne négative de la pile.

Du côté de l'arrivée de $\mathrm{O_2}$ (cathode), la réduction du dioxygène consomme des électrons, qui arrivent par le circuit extérieur : la cathode est la borne positive.

Sur le schéma, le signe $-$ est du côté de l'anode ($\mathrm{H_2}$) et le signe $+$ du côté de la cathode ($\mathrm{O_2}$).

Les signes des pôles indiqués sur le schéma sont corrects.

PIÈGE
Répondre « oui » sans raisonner sur le sens de déplacement des électrons. La justification attendue relie chaque borne à la réaction qui s'y déroule.

COMPRENDRE
Dans le circuit extérieur d'une pile, les électrons vont de la borne $-$ vers la borne $+$; le courant circule en sens inverse.

3 Combien de galettes d'hydrure de magnésium de 760 g faut-il prévoir pour assurer une autonomie de 10 heures au véhicule prototype ? Commenter le résultat et expliquer l'intérêt de ce type de stockage.

Données utiles $I = 200$ A ; $\Delta t = 10$ h ; $F = 9{,}65 \times 10^4$ C $\cdot$ mol^{-1} ; $Q = n(\mathrm{e^-}) \times F = I \times \Delta t$; $M(\mathrm{H}) = 1{,}0$ g $\cdot$ mol^{-1} ; $M(\mathrm{Mg}) = 24{,}3$ g $\cdot$ mol^{-1} ; pression d'alimentation $P = 0{,}3$ MPa ; $\%m(\mathrm{H_2}) = 0{,}546 + 0{,}0165 \times T$; $m_{\text{galette}} = 760$ g

Étape 1 : masse de dihydrogène consommée en 10 h.

Durée : $\Delta t = 10 \times 3600 = 3{,}6 \times 10^4$ s.

Quantité d'électrons échangés : $n(\mathrm{e^-}) = \dfrac{I \times \Delta t}{F}$.

D'après $\mathrm{H_2} = 2\,\mathrm{H^+} + 2\,\mathrm{e^-}$, une mole de dihydrogène cède deux moles d'électrons : $n(\mathrm{H_2}) = \dfrac{n(\mathrm{e^-})}{2} = \dfrac{I \times \Delta t}{2F}$.

$$n(\mathrm{H_2}) = \frac{200 \times 3{,}6 \times 10^4}{2 \times 9{,}65 \times 10^4} = 37{,}3 \text{ mol}$$

Avec $M(\mathrm{H_2}) = 2 \times 1{,}0 = 2{,}0$ g $\cdot$ mol^{-1} :

$$m(\mathrm{H_2}) = n(\mathrm{H_2}) \times M(\mathrm{H_2}) = 37{,}3 \times 2{,}0 = 74{,}6 \text{ g}$$

Étape 2 : masse de dihydrogène libérée par une galette.

La pile demande une pression d'alimentation de 0,3 MPa. Sur le graphique 2, cette pression d'équilibre est atteinte pour $T = 320$ °C : la galette doit être chauffée à cette température.

À 320 °C, la droite du graphique 1 donne :

$$\%m(\mathrm{H_2}) = 0{,}546 + 0{,}0165 \times 320 = 5{,}83\ \%$$

$$m_{\mathrm{H_2\ libéré}} = \frac{\%m(\mathrm{H_2}) \times m_{\text{galette}}}{100} = \frac{5{,}83 \times 760}{100} = 44{,}3 \text{ g par galette}$$

Étape 3 : nombre de galettes.

$$N = \frac{74{,}6}{44{,}3} = 1{,}7$$

Une galette ne suffit pas et les galettes sont entières : il faut arrondir à l'entier supérieur.

Commentaire. Le résultat est plausible : l'hydrure $\mathrm{MgH_2}$ contient au plus $\dfrac{2 \times 1{,}0}{24{,}3 + 2 \times 1{,}0} \times 100 = 7{,}6\ \%$ d'hydrogène en masse, et l'on en récupère 5,83 %, valeur inférieure. Deux galettes ne pèsent que $2 \times 760 = 1520$ g, soit environ 1,5 kg pour 10 h de fonctionnement : c'est très peu pour un véhicule. Limite : il faut chauffer les galettes à 320 °C, ce qui consomme de l'énergie.

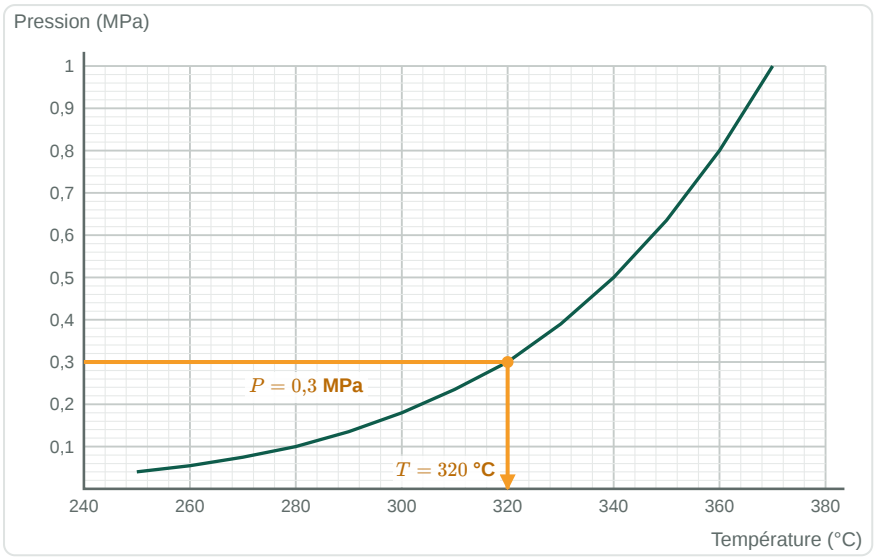
Intérêt. Le dihydrogène est stocké dans un solide compact et léger, sous faible pression (inutile de le comprimer dans des bouteilles à haute pression) ; l'absorption-désorption est totalement réversible, donc la galette est réutilisable. On gagne en autonomie sans alourdir le véhicule.

Il faut prévoir **2 galettes** de 760 g pour 10 h d'autonomie.

PIÈGE
Calculer le pourcentage massique à une température quelconque. C'est la pression exigée par la pile (0,3 MPa) qui impose 320 °C. Ne pas arrondir 1,7 à l'entier inférieur ni oublier le facteur 2 entre électrons et dihydrogène.

COMPRENDRE
Les données (I, Δt) ont deux ou trois chiffres significatifs ; les intermédiaires sont gardés à trois chiffres, mais la réponse finale est un nombre entier de galettes.

MÉTHODE
Résolution de problème : partir de la grandeur demandée et remonter. Nombre de galettes = masse de $\mathrm{H_2}$ nécessaire (pile, $Q = I\,\Delta t$) ÷ masse fournie par galette (graphiques 2 puis 1).



3 · Graphique 2 du sujet : lecture de la température pour P = 0,3 MPa

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{200 \times 10 \times 3600}{2 \times 9.65 \times 10^4} \approx 37.3057$$

$$\frac{200 \times 10 \times 3600}{2 \times 9.65 \times 10^4} \times 2.0 \approx 74.6114$$

$$0.546 + 0.0165 \times 320 \approx 5.826$$

$$\frac{5.826 \times 760}{100} \approx 44.2776$$

$$\frac{74.61}{44.28} \approx 1.684959$$

$$\frac{2 \times 1.0}{24.3 + 2 \times 1.0} \times 100 \approx 7.604563$$