# Corrigé complet — Bac S 2018 Polynésie (ancien programme)

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


| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ex 1 | **Nuisances sonores sous-marines**<br>Dilution · Titrage conductimétrique · Ondes mécaniques progressives · Niveau d'intensité sonore · Atténuation · Effet Doppler | 8 pts | 1 h 20 | 11 questions | p. 2 |
| Ex 2 | **Le kiiking, sport extrême en Estonie**<br>Lois de Newton · Pendule simple · Période d'un phénomène périodique · Énergie cinétique et énergie potentielle de pesanteur · Conservation de l'énergie mécanique | 7 pts | 1 h 10 | 11 questions | p. 7 |
| Ex 3 | **Un acide aminé au rôle majeur, la glutamine**<br>Groupes caractéristiques · Stéréoisomérie · Couples acide-base et prédominance · Mécanisme réactionnel · Spectroscopie infrarouge · RMN du proton | 5 pts | 50 min | 9 questions | p. 13 |
| Ex 4 | **Spécialité : Les fresques de Bamiyan**<br>Titrage colorimétrique · Équivalence d'un titrage · Titrage indirect (en retour) · Quantité de matière et masse · Indice d'iode · Résolution de problème | 5 pts | 50 min | 2 questions | p. 17 |


**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.

# Nuisances sonores sous-marines

Bac S 2018 Polynésie (ancien programme) · Exercice 1 **8 points** **Durée conseillée 1 h 20**

**1.1.1** Proposer un protocole de préparation de 50,0 mL de solution $S_{\text{mer}}$ (eau de mer diluée au dixième).

Diluer au dixième : le volume prélevé est dix fois plus petit que le volume final, $V_{\text{prélevé}} = \dfrac{50{,}0}{10} = 5{,}0\ \text{mL}$.

- Verser un peu d'eau de mer dans un bécher, puis en prélever 5,0 mL avec une pipette jaugée de 5,0 mL munie d'une propipette.
- Introduire ce prélèvement dans une fiole jaugée de 50,0 mL.
- Ajouter de l'eau distillée aux trois quarts, boucher et agiter.
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher et homogénéiser.

Pipette jaugée de 5,0 mL et fiole jaugée de 50,0 mL, complétée à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

**PIÈGE**
Citer une éprouvette graduée ou un bécher pour mesurer les volumes : seule la verrerie jaugée (pipette et fiole) est assez précise. Ne jamais pipeter directement dans le flacon d'eau de mer.

**1.1.2** Interpréter qualitativement le changement de pente observé sur le graphe $\sigma = f(V)$.

**Données utiles** $\lambda(\text{Na}^+) = 5{,}01$ ; $\lambda(\text{Cl}^-) = 7{,}63$ ; $\lambda(\text{Ag}^+) = 6{,}19$ ; $\lambda(\text{NO}_3^-) = 7{,}14\ \text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

Les ions $\text{Na}^+$ sont spectateurs : leur quantité ne change pas.

**Avant l'équivalence**, $\text{Ag}^+$ est le réactif limitant : chaque ion $\text{Ag}^+$ versé précipite avec un ion $\text{Cl}^-$. Tout se passe comme si un ion $\text{Cl}^-$ était remplacé par un ion $\text{NO}_3^-$. Comme $\lambda(\text{NO}_3^-) < \lambda(\text{Cl}^-)$, la conductivité diminue légèrement.

**Après l'équivalence**, il n'y a plus d'ions $\text{Cl}^-$ : les ions $\text{Ag}^+$ et $\text{NO}_3^-$ versés s'accumulent dans la solution, la conductivité augmente nettement.

La rupture de pente correspond à l'équivalence : $\sigma$ décroît faiblement tant que $\text{Cl}^-$ est remplacé par $\text{NO}_3^-$, puis croît quand $\text{Ag}^+$ et $\text{NO}_3^-$ sont en excès.

**COMPRENDRE**
Les 100 mL d'eau distillée ajoutés rendent la variation de volume négligeable pendant le titrage : la conductivité évolue alors par portions de droites, ce qui permet de repérer l'équivalence à leur intersection.

**MÉTHODE**
Pour chaque domaine (avant, après l'équivalence), dresser la liste des ions et dire si leur quantité augmente, diminue ou reste constante ; comparer ensuite les conductivités molaires ioniques.

**1.1.3** Vérifier que la salinité de l'échantillon étudié est voisine de $35\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

**Données utiles** $S = 1{,}80655 \times Cl$ ; $d = 1{,}023$ ; $M(\text{Cl}) = 35{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ; $c_1 = 5{,}0\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; prise d'essai $V_0 = 10{,}0\ \text{mL}$ ; dilution au dixième

Les deux portions de droite se coupent pour $V_E \approx 11\ \text{mL}$ (volume à l'équivalence).

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{AgCl}$ :

$$n(\text{Cl}^-)_{\text{dosé}} = n(\text{Ag}^+)_{\text{versé}} \quad \text{soit} \quad [\text{Cl}^-]_{S_{\text{mer}}} \times V_0 = c_1 \times V_E$$

$$[\text{Cl}^-]_{S_{\text{mer}}} = \frac{c_1 \times V_E}{V_0} = \frac{5{,}0\times10^{-2}\times11}{10{,}0} = 5{,}5\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

L'eau de mer est dix fois plus concentrée : $[\text{Cl}^-]_{\text{mer}} = 10\times5{,}5\times10^{-2} = 0{,}55\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

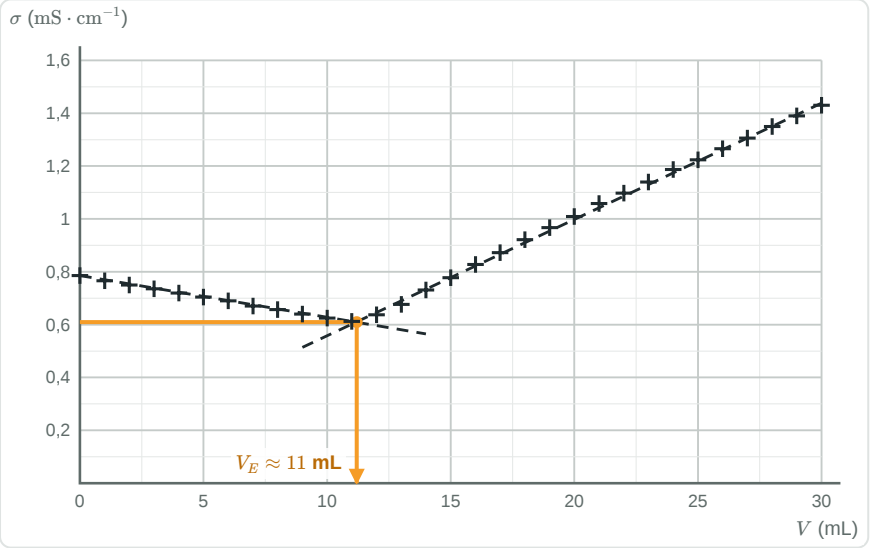
Masse de chlore dans 1 L d'eau de mer : $m = [\text{Cl}^-]_{\text{mer}} \times M(\text{Cl}) = 0{,}55\times35{,}5 = 19{,}5\ \text{g}$.

Avec $d = 1{,}023$, 1 L d'eau de mer a une masse de 1,023 kg. La chlorinité est donc :

$$Cl = \frac{19{,}5}{1{,}023} = 19{,}1\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$$

$$S = 1{,}80655 \times Cl = 1{,}80655\times19{,}1 = 34{,}5\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$$

$S \approx 34\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, valeur bien voisine de $35\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.




**1.1.3** · Graphe du sujet : les deux portions de droite se coupent à l'équivalence

**PIÈGE**
Oublier le facteur 10 de la dilution, ou confondre gramme par litre et gramme par kilogramme : il faut diviser par la masse d'un litre d'eau de mer, 1,023 kg.

**COMPRENDRE**
$c_1$ et $V_E$ n'ont que deux chiffres significatifs : le résultat aussi. Une lecture de $V_E$ entre 10,5 et 11,5 mL donne $S$ entre 33 et 36 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, compatible avec 35.

**COMPRENDRE**
L'eau distillée ajoutée dans le bécher ne change pas la quantité d'ions chlorure dosée : c'est le volume de la prise d'essai, 10,0 mL, qui intervient dans le calcul.

**À LA CALCULATRICE**

rad CALCULS

$\frac{5.0\times10^{-2}\times11}{10.0}$ ≈ 0.055

$\frac{0.55\times35.5}{1.023}$ ≈ 19.08602

$\frac{1.80655\times0.55\times35.5}{1.023}$ ≈ 34.47985

**1.2** Montrer que l'approximation « les sons se propagent environ cinq fois plus rapidement dans l'eau que dans l'air » est justifiée à une profondeur de 1000 m.

**Données utiles** $v \approx 1410 + 4{,}21\,\theta - 0{,}037\,\theta^2 + 1{,}10\,S + 0{,}018\,P$ ; $v_{\text{air}} \approx 3 \times 10^2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Lecture graphique à la profondeur $P = 1000\ \text{m}$ : $\theta \approx 6\ ^\circ\text{C}$ et $S \approx 35\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

$$v_{\text{eau}} \approx 1410 + 4{,}21 \times 6 - 0{,}037 \times 6^2 + 1{,}10 \times 35 + 0{,}018 \times 1000$$

$$v_{\text{eau}} \approx 1{,}49 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

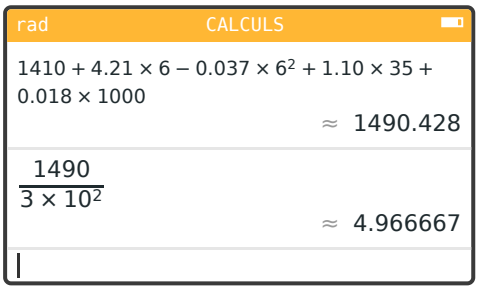
$$\frac{v_{\text{eau}}}{v_{\text{air}}} = \frac{1{,}49 \times 10^3}{3 \times 10^2} = 5{,}0$$

$v_{\text{eau}} \approx 1{,}49 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \approx 5 \times v_{\text{air}}$ : l'approximation est justifiée.

**PIÈGE**
Lire la température et la salinité en surface (20 °C, 36 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) au lieu de la profondeur 1000 m : l'axe des profondeurs est vertical, orienté vers le bas.

**COMPRENDRE**
La lecture de $\theta$ est peu précise, sans conséquence : avec 5 °C ou 7 °C, on trouve 1487 ou 1494 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, et le rapport reste égal à 5,0.

**À LA CALCULATRICE**




**2.1.1** Les ondes émises par les dauphins sont des ondes progressives mécaniques : que signifient ces deux derniers termes ?

**Progressive** : la perturbation se propage de proche en proche à partir de la source, en transportant de l'énergie sans transport de matière.

**Mécanique** : la propagation nécessite un milieu matériel (ici l'eau de mer) ; elle est impossible dans le vide.

Onde progressive : propagation d'une perturbation sans transport de matière, avec transport d'énergie. Onde mécanique : elle a besoin d'un milieu matériel.

**2.1.2** Les sifflements des dauphins sont-ils audibles par l'homme ? Justifier.

**Données utiles** sifflements de 1,1 kHz à plus de 24 kHz ; oreille humaine : de 20 Hz à 20 000 Hz

L'oreille humaine perçoit les sons de fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz.

Les sifflements de fréquence comprise entre 1,1 kHz et 20 kHz appartiennent à ce domaine : ils sont audibles (sons médium et aigus). Ceux de fréquence supérieure à 20 kHz sont des ultrasons, inaudibles.

Les sifflements ne sont audibles qu'en partie : de 1,1 kHz à 20 kHz oui, au-delà de 20 kHz non (ultrasons).

**PIÈGE**
Répondre seulement « oui » ou « non ». L'intervalle des sifflements chevauche la limite de 20 kHz : il faut distinguer les deux cas en comparant les fréquences.

**2.1.3** Déterminer la longueur d'onde de l'onde ultrasonore correspondant à un sifflement de fréquence 24,9 kHz.

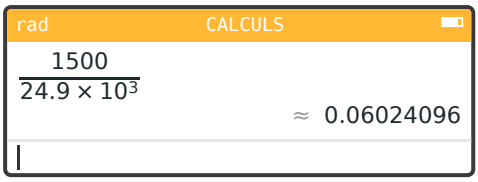
**Données utiles** $v = 1500\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ; $f = 24{,}9\ \text{kHz}$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1500}{24{,}9 \times 10^3} = 6{,}02 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

$\lambda = 6{,}02 \times 10^{-2}\ \text{m}$, soit environ 6,0 cm.

**PIÈGE**
Laisser la fréquence en kilohertz, ou prendre la célérité du son dans l'air : le dauphin siffle dans l'eau de mer, où $v = 1500\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE




**2.1.4** Calculer la valeur de la fréquence des trois premières harmoniques de ce sifflement.

**Données utiles** fréquence du sifflement (fondamental) : $f_1 = 24{,}9\ \text{kHz}$

Les harmoniques ont des fréquences multiples de celle du fondamental : $f_n = n \times f_1$.

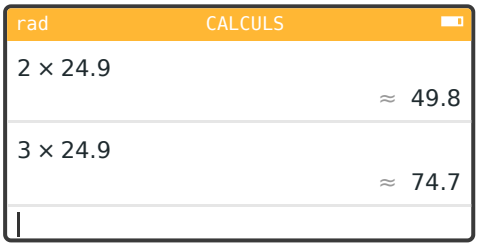
- rang 1 (fondamental) : $f_1 = 24{,}9\ \text{kHz}$ ;
- rang 2 : $f_2 = 2 \times 24{,}9 = 49{,}8\ \text{kHz}$ ;
- rang 3 : $f_3 = 3 \times 24{,}9 = 74{,}7\ \text{kHz}$.

$f_1 = 24{,}9\ \text{kHz}$ ; $f_2 = 49{,}8\ \text{kHz}$ ; $f_3 = 74{,}7\ \text{kHz}$

**COMPRENDRE**
Le fondamental est l'harmonique de rang 1. Si l'on ne compte pas le fondamental parmi les harmoniques, on ajoute le rang 4 : $f_4 = 4 \times 24{,}9 = 99{,}6\ \text{kHz}$. Préciser les rangs lève toute ambiguïté.

**COMPRENDRE**
Fondamental et harmoniques d'un son relevaient de l'ancien programme de Terminale S ; ils ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale.

À LA CALCULATRICE




**2.2.1** Montrer que le signal du sonar correspond à un niveau d'intensité sonore de 235 dB.

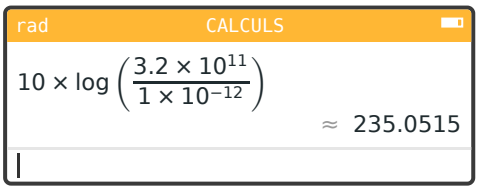
**Données utiles** $I = 3{,}2 \times 10^{11}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ; $I_0 = 10^{-12}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \log\left(\frac{3{,}2 \times 10^{11}}{10^{-12}}\right) = 235\ \text{dB}$$

$L = 235\ \text{dB}$ : on retrouve bien la valeur annoncée.

**PIÈGE**
Utiliser le logarithme népérien (touche ln) au lieu du logarithme décimal (touche log), ou oublier le facteur 10.

À LA CALCULATRICE



**2.2.2** Le son est atténué de $0{,}16\ \text{dB}\cdot\text{km}^{-1}$ dans l'eau de mer. Estimer la distance minimale à laquelle un dauphin peut se trouver sans subir de risques auditifs. Que penser de ce résultat ?

**Données utiles** $L = 235\ \text{dB}$ (2.2.1) ; seuil de risque : $L_{\text{seuil}} = 220\ \text{dB}$ à 3 kHz ; atténuation $\alpha = 0{,}16\ \text{dB}\cdot\text{km}^{-1}$

Le dauphin ne court plus de risque quand le niveau sonore est redescendu à 220 dB. L'atténuation nécessaire est $L - L_{\text{seuil}} = 235 - 220 = 15\ \text{dB}$.

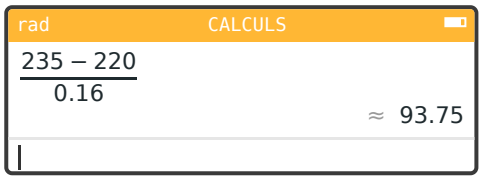
$$d = \frac{L - L_{\text{seuil}}}{\alpha} = \frac{15}{0{,}16} = 94\ \text{km}$$

Cette distance est très grande : un seul sonar met en danger les dauphins dans un rayon de près de cent kilomètres. Ces sonars constituent bien une nuisance sonore majeure pour les cétacés.

$d \approx 94\ \text{km}$ : le dauphin doit se trouver à plus de 94 km du sonar, une distance considérable.

**COMPRENDRE**
Ce calcul ne tient compte que de l'absorption par l'eau. En réalité, l'onde se répartit aussi sur une surface de plus en plus grande en s'éloignant de la source : le niveau baisse plus vite et 94 km est une valeur majorante.

**À LA CALCULATRICE**




**2.2.3** Le sous-marin envoie une onde de 3 kHz vers le dauphin et s'en rapproche à $22{,}0\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. a) Le son perçu par le dauphin est-il plus grave ou plus aigu ? b) Calculer la valeur du décalage Doppler et commenter.

**Données utiles** $f_R - f_E = \pm\frac{v_E}{v} f_E$ ; $f_E = 3\ \text{kHz}$ ; $v_E = 22{,}0\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ; $v = 1500\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

**a)** L'émetteur (le sous-marin) s'approche du récepteur (le dauphin) : d'après l'énoncé, le signe est positif. Donc $f_R - f_E = +\frac{v_E}{v} f_E > 0$, soit $f_R > f_E$. La fréquence perçue est plus élevée que la fréquence émise : le son perçu est **plus aigu**.

**b)** La vitesse du sous-marin, notée ici $v_E$ (l'énoncé la note $v$, comme la célérité du son), vaut $v_E = \frac{22{,}0}{3{,}6} = 6{,}11\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

$$f_R - f_E = \frac{v_E}{v} f_E = \frac{6{,}11}{1500} \times 3 \times 10^3 = 12\ \text{Hz}$$

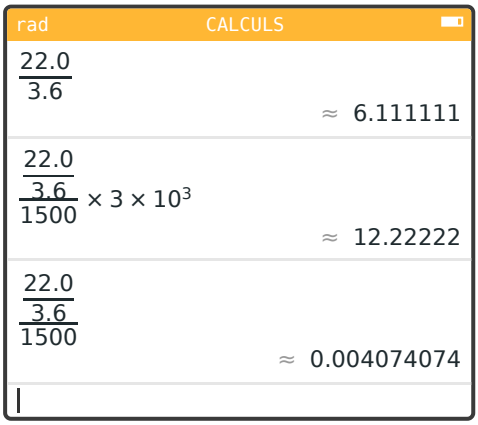
Ce décalage est très faible devant la fréquence émise (environ 0,4 %) : le dauphin reçoit un son de fréquence proche de 3012 Hz, pratiquement identique à celui du sonar. Le seuil de risque donné à 3 kHz reste donc valable.

a) Son plus aigu ($f_R > f_E$). b) $f_R - f_E \approx 12\ \text{Hz}$, décalage négligeable devant $f_E = 3\ \text{kHz}$.

**PIÈGE**
Laisser la vitesse en kilomètres par heure : les deux vitesses du quotient doivent être dans la même unité. Diviser par 3,6 pour passer en mètres par seconde.

**COMPRENDRE**
La formule suppose $v_E$ faible devant $v$ (ici 6 contre 1500 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) et un déplacement le long de la droite émetteur-récepteur : c'est le rôle de la précision « même profondeur ».

**À LA CALCULATRICE**



# Le kiiking, sport extrême en Estonie

Bac S 2018 Polynésie (ancien programme) · Exercice 2 **7 points** **Durée conseillée 1 h 10**

**1.1** Nommer les forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ qui s'exercent sur le système. Attribuer une légende aux cas n°1 et n°2 (repos, passage par la position d'équilibre) en justifiant par une loi de Newton à énoncer.

$\vec{F}_2$, verticale et dirigée vers le bas, est le **poids** du système. $\vec{F}_1$, dirigée le long de la tige, est l'**action de la tige** (tension).

Première loi de Newton (principe d'inertie) : dans un référentiel galiléen, si les forces qui s'exercent sur un système se compensent, alors il est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme, et réciproquement.

Au repos, le système est immobile : $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$. Les deux flèches ont la même longueur, c'est le cas n°2.

Au passage par la position d'équilibre, le système décrit un arc de cercle : son mouvement n'est pas rectiligne uniforme, donc les forces ne se compensent pas. Les flèches sont de longueurs différentes, c'est le cas n°1.

Cas n°1 : passage par la position d'équilibre ; cas n°2 : position au repos.

**PIÈGE**
« Position d'équilibre » ne veut pas dire « forces qui se compensent » : le système y passe à sa vitesse maximale, sur une trajectoire courbe.

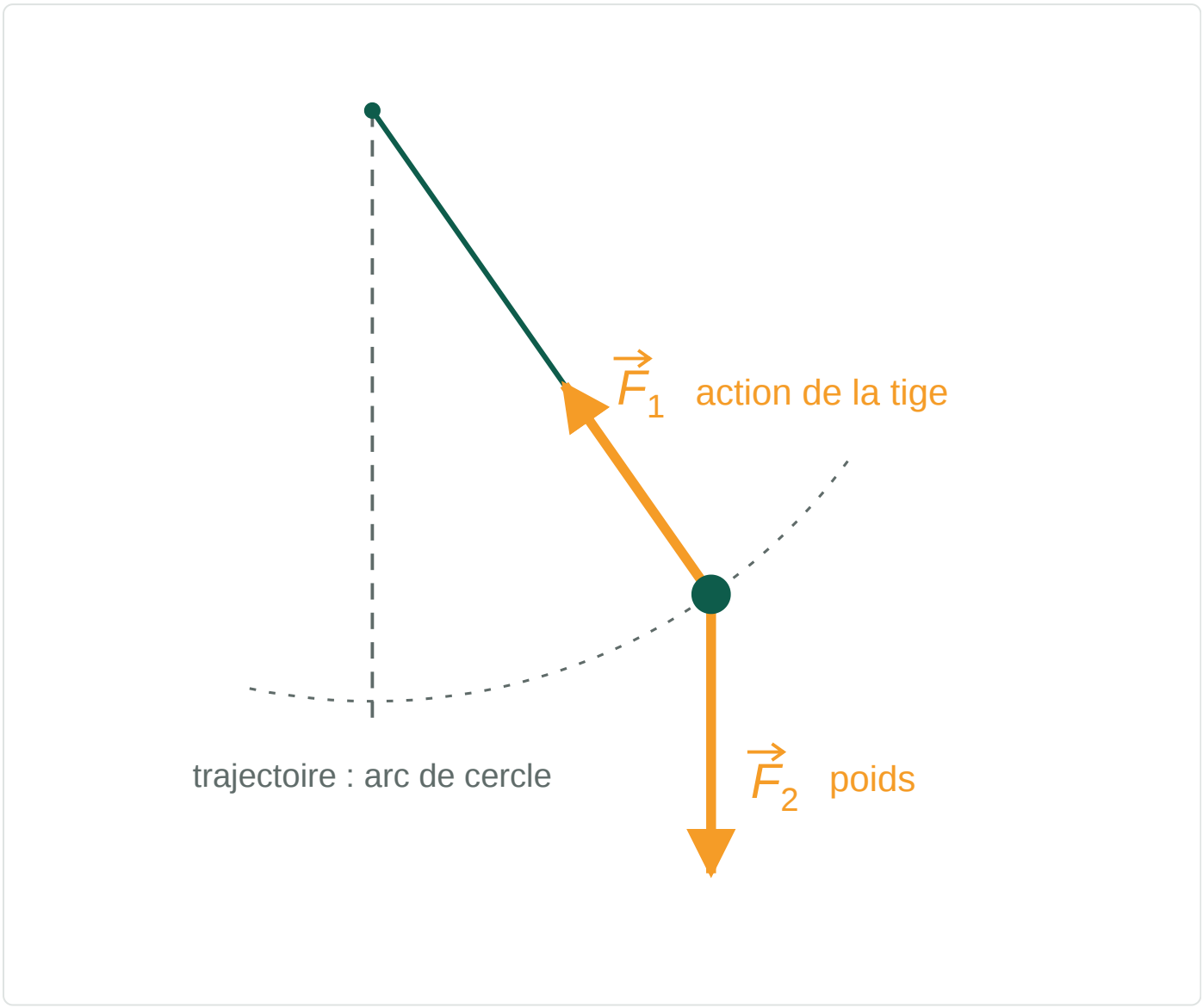
**COMPRENDRE**
Dans le cas n°1, $F_1 > F_2$ : la somme des forces est dirigée vers le haut, vers le centre de la trajectoire circulaire, comme l'accélération (deuxième loi de Newton).

**1.2** Recopier le schéma du système dans une position quelconque et représenter les deux forces qui s'exercent sur lui. Que peut-on dire du vecteur vitesse lors du mouvement ?

Le poids $\vec{F}_2$ est vertical, vers le bas. L'action de la tige $\vec{F}_1$ est dirigée selon la tige, vers le point d'attache.

La trajectoire est un arc de cercle : le vecteur vitesse lui est tangent, donc perpendiculaire à la tige, et sa direction change sans cesse. Ces deux forces ne se compensent pas, donc d'après la deuxième loi de Newton $\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} \neq \vec{0}$.

Le vecteur vitesse varie en direction et en valeur : nul aux positions extrêmes, de valeur maximale au passage en O.




**1.2** · Schéma recopié : les deux forces dans une position quelconque

**1.3.1** Identifier, en justifiant, la coordonnée $x$ ou $y$ correspondant à la grandeur $a$, puis déterminer la période $T_1$ de ses variations. Déterminer la période $T_2$ des variations de l'autre coordonnée.

O est le point le plus bas de la trajectoire : $y$ n'est jamais négatif, alors que $x$ prend des valeurs positives et négatives de part et d'autre de la verticale. La grandeur $a$ change de signe : c'est $x$. La grandeur $b$ est donc $y$.

Courbe 1 : 4 périodes entre $t = 0$ et $t = 21{,}5$ s, donc $T_1 = \dfrac{21{,}5}{4} = 5{,}4$ s.

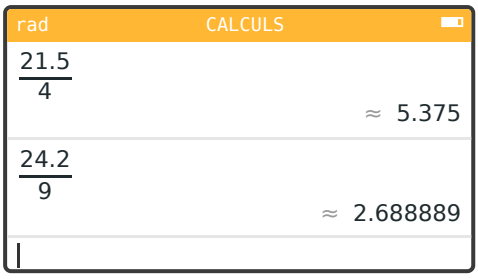
Courbe 2 : 9 périodes entre $t = 0$ et $t = 24{,}2$ s, donc $T_2 = \dfrac{24{,}2}{9} = 2{,}7$ s.

$a = x$ ; $T_1 = 5{,}4$ s ; $T_2 = 2{,}7$ s

**MÉTHODE**

Mesurer la durée du plus grand nombre possible de périodes, entre deux maximums bien repérés, puis diviser : l'erreur de lecture est répartie sur toutes les périodes.

À LA CALCULATRICE




**1.3.2** Calculer la période propre du pendule simple modélisant le système. Laquelle des périodes $T_1$ ou $T_2$ correspond à la période d'oscillations de la structure ?

**Données utiles** $L = 7{,}15$ m ; $g = 9{,}80$ m · s$^{-2}$ ; $T_1 = 5{,}4$ s et $T_2 = 2{,}7$ s (1.3.1)

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{7{,}15}{9{,}80}} = 5{,}37 \text{ s}$$

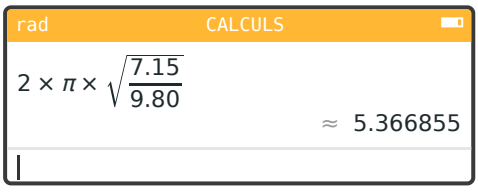
Cette valeur est très proche de $T_1$ et vaut le double de $T_2$.

$T_0 = 5{,}37$ s : la période d'oscillations de la structure est $T_1$.

**COMPRENDRE**

Trois chiffres significatifs, comme $L$ et $g$. La masse n'intervient pas dans $T_0$. La période du pendule simple n'est plus au programme actuel de spécialité : sa formule serait donnée, comme ici.

À LA CALCULATRICE




**1.3.3** Justifier qualitativement la relation simple existant entre $T_1$ et $T_2$.

Pendant une oscillation complète (un aller-retour), $x$ reprend une seule fois sa valeur de départ. Dans le même temps, le système descend en O, remonte de l'autre côté, redescend en O puis remonte au point de départ : $y$ passe deux fois par son maximum, une fois de chaque côté de la verticale.

La coordonnée $y$ effectue donc deux cycles pendant que $x$ en effectue un seul.

$T_1 = 2\,T_2$

**2.1** Les enregistrements débutent au moment du lâcher. Identifier, sur l'annexe, les courbes correspondant à chacune des formes d'énergie et justifier.

Le système est lâché sans vitesse initiale : à $t = 0$, $E_c = \frac{1}{2}mv^2 = 0$. La courbe en trait plein, qui part de 0, est celle de l'énergie cinétique.

À cet instant, l'altitude $y$ est maximale, donc $E_{pp} = mgy$ aussi : la courbe en pointillés, qui part de sa valeur maximale, est celle de l'énergie potentielle de pesanteur.

Trait plein : énergie cinétique ; pointillés : énergie potentielle de pesanteur (annexe complétée à la question 2.2).

**2.2** Rappeler l'expression de l'énergie mécanique $E_m$ du système et tracer, sur l'annexe, la courbe $E_m = f(t)$. Justifier l'allure de la courbe obtenue.

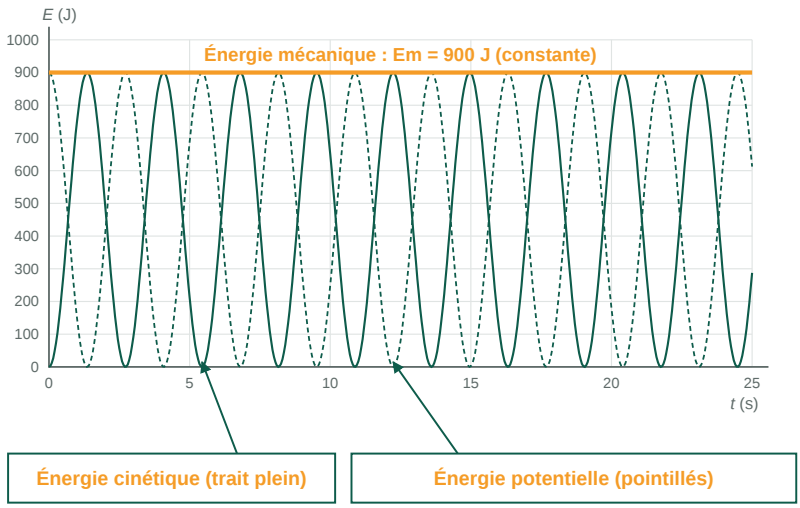
$E_m = E_c + E_{pp}$

Les frottements sont négligés et l'action de la tige, perpendiculaire au déplacement à chaque instant, ne travaille pas : seul le poids, force conservative, travaille. L'énergie mécanique se conserve.

À $t = 0$ : $E_m = E_c + E_{pp} = 0 + 900 = 900$ J.

$E_m = E_c + E_{pp} = 900$ J à chaque instant : la courbe est une droite horizontale d'ordonnée 900 J.

**COMPRENDRE**
Quand une courbe est à 900 J, l'autre est à 0 : l'énergie passe sans perte d'une forme à l'autre. Les deux courbes se croisent à 450 J.




**2.2** · Annexe complétée (questions 2.1 et 2.2)

**2.3** Montrer que l'énergie potentielle de pesanteur du système s'écrit $E_{pp} = mgL(1 - \cos\theta)$, en la prenant nulle à la position d'équilibre stable.

L'axe (O$y$) est vertical vers le haut et $E_{pp} = 0$ en O ($y = 0$), donc $E_{pp} = mgy$.

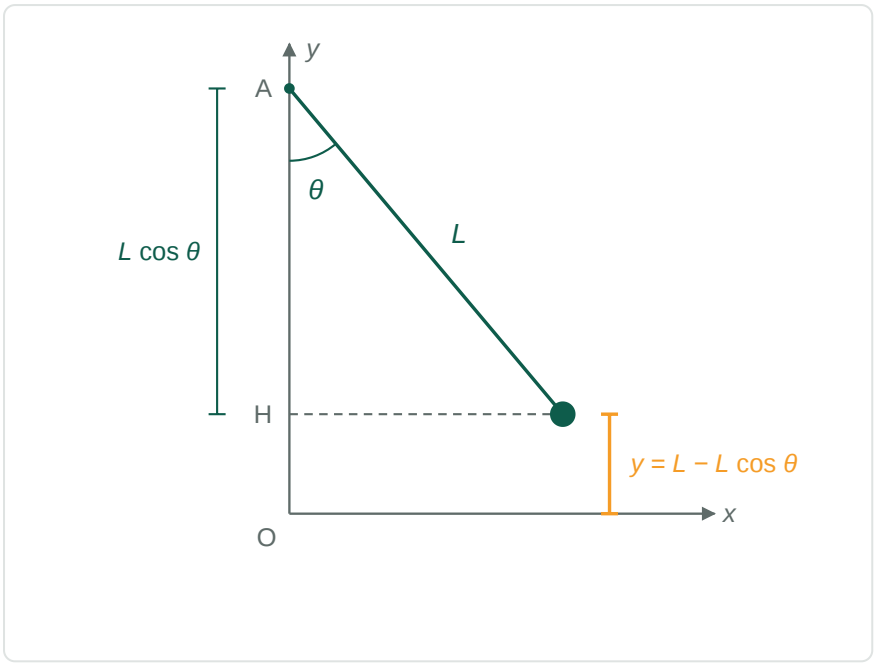
Soit A le point d'attache de la tige et H le projeté du système sur l'axe vertical. Dans le triangle rectangle formé par A, H et le système :

$\cos\theta = \dfrac{AH}{L}$, donc $AH = L\cos\theta$.

Comme $AO = L$ : $y = OH = AO - AH = L - L\cos\theta = L(1 - \cos\theta)$

$E_{pp} = mgy = mgL(1 - \cos\theta)$

**MÉTHODE**
Vérifier la formule sur des cas simples : $\theta = 0$ donne $E_{pp} = 0$ (point O) ; $\theta = 90^\circ$ donne $y = L$ ; $\theta = 180^\circ$ donne $y = 2L$ (sommet).




**2.3** · Altitude $y$ du système en fonction de l'angle $\theta$

**2.4** Déterminer la valeur $\theta_i$ de l'angle $\theta$ au moment du lâcher. La modélisation par un pendule simple est-elle pertinente dans ces conditions ?

**Données utiles** $m = 80$ kg ; $g = 9{,}80\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; $L = 7{,}15$ m ; lecture graphique : $E_{pp}(t=0) = 900$ J

Au lâcher : $E_{pp}(0) = mgL(1-\cos\theta_i)$, donc

$$\cos\theta_i = 1 - \frac{E_{pp}(0)}{mgL} = 1 - \frac{900}{80\times 9{,}80\times 7{,}15} = 0{,}839$$

d'où $\theta_i = \arccos(0{,}839) = 33^\circ$.

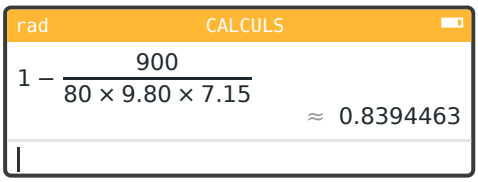
Cet angle dépasse 20° : la condition de faible amplitude, nécessaire pour utiliser la relation donnant $T_0$, n'est pas respectée.

$\theta_i = 33^\circ$ : supérieur à 20°, la modélisation par un pendule simple de faible amplitude n'est pas strictement pertinente.

**PIÈGE**
Calculatrice en mode degrés pour l'arccosinus. Deux chiffres significatifs suffisent : $m = 80$ kg et la lecture de 900 J ne permettent pas mieux.

**COMPRENDRE**
L'écart reste faible : la période mesurée $T_1$ (1.3.1) est très proche de $T_0$. Le pendule simple donne ici un bon ordre de grandeur, même hors de son domaine de validité.

**À LA CALCULATRICE**



**3.1** Quelle vitesse minimale faut-il atteindre au point O pour effectuer un tour complet et réaliser le record de 2015 ? Donner le résultat en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

**Données utiles** $L = 7{,}15$ m ; $g = 9{,}80\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ; $E_{pp} = mgL(1 - \cos\theta)$ (2.3)

Sans frottement, l'énergie mécanique se conserve entre le point O ($\theta = 0$, $E_{pp} = 0$) et le sommet S de la trajectoire ($\theta = 180^\circ$, $E_{pp} = 2mgL$).

L'ensemble est rigide : la vitesse minimale en O est celle qui permet d'atteindre S avec une vitesse tout juste nulle.

$E_m(\text{O}) = E_m(\text{S})$ : $\dfrac{1}{2} m v_{\text{min}}^2 + 0 = 0 + 2mgL$, donc

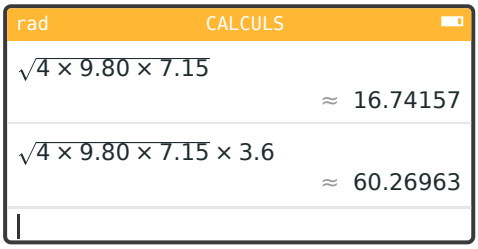
$$v_{\text{min}} = \sqrt{4gL} = \sqrt{4 \times 9{,}80 \times 7{,}15} = 16{,}7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_{\text{min}} = 16{,}7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 16{,}7 \times 3{,}6 = 60{,}3\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$$

**PIÈGE**
Multiplier par 3,6 la valeur déjà arrondie donne 60,1 : garder le résultat complet en mémoire pour la conversion.

**COMPRENDRE**
La masse se simplifie : la vitesse minimale ne dépend que de $L$. Avec un câble souple, il faudrait une vitesse non nulle au sommet pour qu'il reste tendu.

**À LA CALCULATRICE**




**3.2** Lors d'une chute libre de hauteur $h$, la vitesse atteinte au sol est $v = \sqrt{2gh}$. Vérifier que la vitesse obtenue en 3.1 correspond à celle atteinte lors d'une chute libre de la hauteur maximale atteinte par le sportif.

**Données utiles** $L = 7{,}15$ m ; $g = 9{,}80\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ; $v_{\text{min}} = 16{,}7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (3.1)

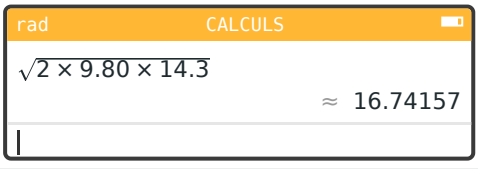
Au sommet de la trajectoire, le sportif se trouve à la hauteur $h = 2L = 2 \times 7{,}15 = 14{,}3$ m au-dessus de O.

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2g \times 2L} = \sqrt{4gL} = \sqrt{2 \times 9{,}80 \times 14{,}3} = 16{,}7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v = \sqrt{4gL} = 16{,}7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ : même expression et même valeur qu'en 3.1 ($60{,}3\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$).

**COMPRENDRE**
Rien d'étonnant : dans les deux cas, seul le poids travaille, et toute l'énergie potentielle $mg \times 2L$ devient de l'énergie cinétique, quel que soit le chemin suivi.

**À LA CALCULATRICE**



# Un acide aminé au rôle majeur, la glutamine

Bac S 2018 Polynésie (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

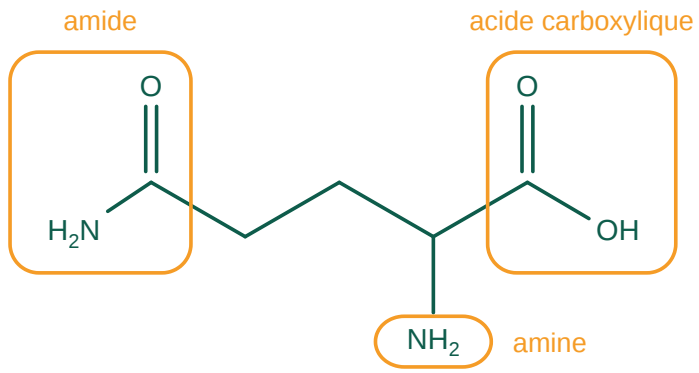
**1.1.1** Recopier la représentation topologique de la glutamine, entourer les groupes caractéristiques, nommer les fonctions associées. Pourquoi parle-t-on de molécule polyfonctionnelle ?

Trois groupes caractéristiques (figure) :

- $-CO-NH_2$ : groupe amide, fonction **amide** ;
- $-COOH$ : groupe carboxyle, fonction **acide carboxylique** ;
- $-NH_2$ : groupe amino, fonction **amine**.

La molécule possède plusieurs groupes caractéristiques (ici trois, de natures différentes) : elle est polyfonctionnelle.

**PIÈGE**
Le $NH_2$ lié au carbone du $C{=}O$ n'est pas une amine : avec ce $C{=}O$ il forme un amide. De même, $C{=}O$ et $OH$ portés par le même carbone forment un seul groupe carboxyle, ni cétone ni alcool.




**1.1.1** · Les trois groupes caractéristiques de la glutamine

**1.1.2** Le nom officiel de la glutamine est acide 2-amino-5-amidopentanoïque. Quel est le groupe caractéristique prioritaire ?

Le nom commence par « acide » et se termine par « -oïque » : la molécule est nommée comme un acide carboxylique. Les deux autres groupes n'apparaissent que comme préfixes (« amino », « amido »).

Le groupe prioritaire est le groupe carboxyle $-COOH$.

**MÉTHODE**
Le groupe prioritaire se lit dans la terminaison du nom, et son carbone porte le numéro 1 de la chaîne. Les autres groupes sont désignés par des préfixes précédés de leur numéro de position.

**1.1.3** La glutamine possède deux stéréoisomères de configuration, la L-glutamine et la D-glutamine. Identifier le type de stéréoisomérie en détaillant le raisonnement.

Le carbone n° 2 est lié à quatre groupes tous différents : $-H$, $-NH_2$, $-COOH$ et $-CH_2-CH_2-CO-NH_2$. C'est un atome de carbone asymétrique, et c'est le seul de la molécule.

Avec un seul carbone asymétrique, la molécule est chirale : ses deux configurations sont symétriques l'une de l'autre par rapport à un plan et non superposables.

La L-glutamine et la D-glutamine sont des énantiomères : il s'agit d'une énantiomérie.

**PIÈGE**
Il n'y a ni double liaison $C{=}C$ ni second carbone asymétrique : des diastéréoisomères sont impossibles ici. Les carbones des groupes $C{=}O$ n'ont que trois voisins, ils ne peuvent pas être asymétriques.

**COMPRENDRE**
Carbone asymétrique, chiralité et énantiomérie relevaient du programme de Terminale S. Ces notions ne figurent plus au programme actuel de spécialité.

**1.1.4** Expliquer pourquoi la forme $H_2N-CO-CH_2-CH_2-CH(NH_3^+)-COOH$ de la glutamine peut être qualifiée de diacide.

**Données utiles** les deux couples acide-base de la glutamine, $pK_{A1} = 2{,}2$ et $pK_{A2} = 9{,}1$

Un acide de Brønsted est une espèce capable de céder un ion $H^+$.

D'après les deux couples donnés, cette forme peut en céder deux, l'un après l'autre :

- le groupe $-COOH$ devient $-COO^-$ (premier couple) ;
- le groupe $-NH_3^+$ devient $-NH_2$ (second couple).

Cette forme peut céder deux ions $H^+$ : c'est un diacide.

**COMPRENDRE**
Deux coquilles dans les formules du sujet. La base du second couple porte $-NH_2$ et non « $NH_2^+$ » : la charge doit diminuer d'une unité. Il manque aussi un $CH_2$ dans la chaîne (la formule brute compte cinq carbones).

**1.1.5** Le pH du sang se situe entre 7,35 et 7,45. Identifier, en justifiant, l'espèce de la glutamine qui prédomine dans le sang.

**Données utiles** $pK_{A1} = 2{,}2$ ; $pK_{A2} = 9{,}1$

Pour un couple acide-base, l'acide prédomine si $pH < pK_A$ et la base prédomine si $pH > pK_A$.

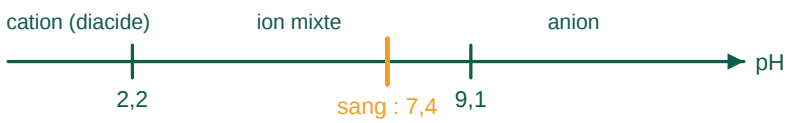
Dans le sang, $pK_{A1} < pH < pK_{A2}$ :

- $pH > 2{,}2$ : pour le premier couple, la base prédomine, le groupe est sous la forme $-COO^-$ ;
- $pH < 9{,}1$ : pour le second couple, l'acide prédomine, le groupe est sous la forme $-NH_3^+$.

L'espèce prédominante est $H_2N-CO-CH_2-CH_2-CH(NH_3^+)-COO^-$, à la fois base du premier couple et acide du second.

**COMPRENDRE**
Cette espèce porte une charge positive et une charge négative : elle est globalement neutre. C'est une espèce amphotère, comme tous les acides aminés au voisinage du pH neutre.

**MÉTHODE**
Tracer un axe de pH, y placer les $pK_A$ par ordre croissant, écrire les espèces de la plus acide à la plus basique, puis repérer le pH étudié : l'espèce prédominante se lit directement.




**1.1.5** · Diagramme de prédominance de la glutamine

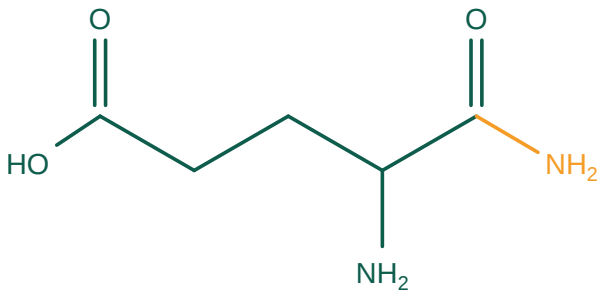
**2.1** La fixation d'une molécule d'ammoniac sur l'acide glutamique peut conduire à un autre produit que la glutamine. Donner la représentation topologique de ce produit.

L'acide glutamique possède deux groupes carboxyle ; la glutamine se forme quand l'ammoniac réagit sur le plus éloigné du groupe amino.

Si l'ammoniac réagit sur l'autre groupe carboxyle, celui du carbone voisin du carbone qui porte $-NH_2$, c'est ce groupe qui devient un amide.

Le produit est l'isomère représenté sur la figure : groupe amide sur le carbone voisin de celui qui porte $-NH_2$, groupe carboxyle conservé à l'autre extrémité.

**COMPRENDRE**
Les deux produits ont la même formule brute $C_5H_{10}N_2O_3$ : ce sont des isomères de constitution. Dans l'organisme, l'enzyme oriente la réaction vers un seul des deux groupes carboxyle : la synthèse est sélective.




**2.1** · Produit obtenu si l'ammoniac réagit sur l'autre groupe carboxyle

**2.2** Recopier l'équation de la réaction entre $NH_3$ et RCOX, identifier le site donneur et le site accepteur, puis représenter les flèches courbes.

Site donneur de doublet d'électrons : l'atome d'azote de $NH_3$, qui porte un doublet non liant.

Site accepteur : l'atome de carbone du groupe $C{=}O$, appauvri en électrons par O et X, plus électronégatifs que lui.

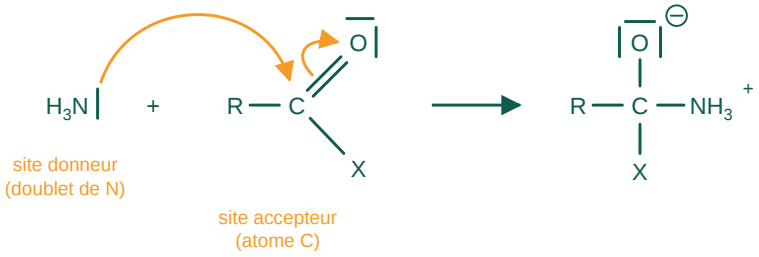
Première flèche : du doublet non liant de N vers l'atome C, elle traduit la formation de la liaison $N{-}C$.

Seconde flèche : d'un doublet de la double liaison $C{=}O$ vers l'atome O. Le carbone garde ainsi quatre liaisons ; O gagne un doublet non liant et la charge négative.

Deux flèches courbes : doublet de N vers C, puis doublet liant de $C{=}O$ vers O (figure).

**PIÈGE**
Une flèche courbe part toujours d'un doublet d'électrons (liant ou non liant), jamais d'un atome ni d'une charge, et pointe vers l'atome accepteur. La tracer de C vers N, sens inverse, fait perdre les points.

**MÉTHODE**
Vérifier le produit : N a quatre liaisons et plus de doublet, donc une charge $+$ ; O a une seule liaison et trois doublets, donc une charge $-$. La charge totale reste nulle.




**2.2** · Flèches courbes de l'étape d'addition

**2.3.1** Donner trois arguments justifiant que le spectre IR proposé peut correspondre à celui de la glutamine.

**Données utiles** tableau des bandes d'absorption IR du sujet

- Une bande large et forte s'étend d'environ $2\,500$ à $3\,200\ \text{cm}^{-1}$ : liaison $\text{O}-\text{H}$ d'un acide carboxylique.
- L'absorption débute vers $3\,300\ \text{cm}^{-1}$, avec un minimum vers $3\,100\ \text{cm}^{-1}$ : liaisons $\text{N}-\text{H}$ d'une amine ou d'un amide ($3\,100$ à $3\,500\ \text{cm}^{-1}$).
- Des bandes fortes apparaissent entre $1\,650$ et $1\,700\ \text{cm}^{-1}$ environ : liaisons $\text{C}=\text{O}$ de l'acide et de l'amide.

Les bandes $\text{O}-\text{H}$ acide, $\text{N}-\text{H}$ et $\text{C}=\text{O}$ sont présentes : le spectre est compatible avec la glutamine.

**PIÈGE**
L'axe des nombres d'onde est gradué de droite à gauche, et une absorption est un creux de transmittance. Ne pas attribuer la bande $\text{C}=\text{O}$ à un ester ou à une cétone : la glutamine n'en contient pas.

**COMPRENDRE**
Autre argument possible : la bande très intense vers $1\,600\ \text{cm}^{-1}$, dans l'intervalle $1\,560$ à $1\,640\ \text{cm}^{-1}$ des liaisons $\text{N}-\text{H}$ d'amine ou d'amide. Un spectre IR montre des liaisons : il est compatible avec la molécule, sans la prouver.

**2.3.2** Indiquer, en justifiant, le nombre de signaux du spectre de RMN du proton de la glutamine ainsi que leur multiplicité.

**Données utiles** pas de couplage pour les protons des groupes $-\text{OH}$, $-\text{CO}_2\text{H}$, $-\text{NH}_2$ ou $-\text{NH}$

Formule : $\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$. Elle présente six groupes de protons équivalents, donc six signaux.

Un groupe de protons ayant $n$ voisins équivalents, portés par les carbones adjacents, donne un signal à $n+1$ pics. Les protons liés à N ou à O ne se couplent pas.

- $\text{NH}_2$ de l'amide (2 H) : singulet ;
- $\text{CH}_2$ voisin du $\text{C}=\text{O}$ (2 H) : 2 voisins, triplet ;
- $\text{CH}_2$ central (2 H) : $2+1=3$ voisins, quadruplet ;
- $\text{CH}$ (1 H) : 2 voisins, ceux du $\text{CH}_2$ central, triplet ;
- $\text{NH}_2$ de l'amine (2 H) : singulet ;
- $\text{COOH}$ (1 H) : singulet.

Six signaux : trois singulets, deux triplets et un quadruplet.

**PIÈGE**
Les deux H du $\text{NH}_2$ ne comptent pas parmi les voisins du $\text{CH}$. Les deux $\text{CH}_2$ ne sont pas équivalents (environnements différents) : ils donnent deux signaux distincts, et les deux $\text{NH}_2$ aussi.

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

# Spécialité : Les fresques de Bamiyan

Bac S 2018 Polynésie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

**1** Montrer que la quantité de matière de diiode formée par la réaction (2) et titrée est égale à $\frac{1}{2}\,c\,V_E$.

**Données utiles** réaction support du titrage (3) : $\mathrm{I_2} + 2\,{\mathrm{S_2O_3}}^{2-} \longrightarrow 2\,\mathrm{I^-} + {\mathrm{S_4O_6}}^{2-}$ ; $c$ : concentration de la solution de thiosulfate de sodium ; $V_E$ : volume versé à l'équivalence

Le diiode formé par la réaction (2) est l'espèce titrée ; les ions thiosulfate sont l'espèce titrante.

À l'équivalence, les réactifs de la réaction (3) ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques : une mole de diiode réagit avec deux moles d'ions thiosulfate.

$$\frac{n(\mathrm{I_2})_{\text{titré}}}{1} = \frac{n({\mathrm{S_2O_3}}^{2-})_{\text{versé}}}{2}$$

Or $n({\mathrm{S_2O_3}}^{2-})_{\text{versé}} = c\,V_E$, donc :

$$\boxed{n(\mathrm{I_2}) = \frac{1}{2}\,c\,V_E}$$

**PIÈGE**
Placer le coefficient 2 du mauvais côté et écrire $n(\mathrm{I_2}) = 2\,c\,V_E$. Il faut deux ions thiosulfate pour un seul diiode : la quantité de diiode est la moitié de celle de thiosulfate.

**MÉTHODE**
Pour toute relation à l'équivalence : diviser chaque quantité de matière par le nombre stœchiométrique de l'espèce dans l'équation du titrage, puis égaler les deux quotients.

**2** Déterminer, à partir de l'échantillon E2, la quantité de matière initiale de chlorure d'iode contenue dans 10,0 mL de réactif de Wijs. Problème : les peintres auraient-ils pu remplacer l'huile de noix par de l'huile d'olive pour réaliser les fresques ?

**Données utiles** $c = 2{,}00 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ; $V_{E1} = 11{,}9$ mL ; $V_{E2} = 22{,}9$ mL ; $m_{\text{huile}} = 0{,}30$ g ; $M(\text{I}_2) = 254\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; huile siccative : indice d'iode supérieur à 150 ; non siccative : de 0 à 110

## Question 2

L'échantillon E2 ne contient pas d'huile : tout le chlorure d'iode introduit est transformé en diiode par la réaction (2), qui forme une mole de $\text{I}_2$ par mole de $\text{ICl}$. Avec la relation de la question 1 :

$$n(\text{ICl})_{\text{initial}} = \frac{c\,V_{E2}}{2} = \frac{2{,}00 \times 10^{-1} \times 22{,}9 \times 10^{-3}}{2} = 2{,}29 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

## Problème

L'huile de noix convient parce qu'elle est siccative. L'huile d'olive peut la remplacer seulement si elle l'est aussi : il faut donc calculer son indice d'iode.

*Chlorure d'iode restant dans E1.* Le chlorure d'iode qui ne s'est pas fixé sur l'huile est transformé en diiode, puis titré :

$$n(\text{ICl})_{\text{restant}} = \frac{c\,V_{E1}}{2} = \frac{2{,}00 \times 10^{-1} \times 11{,}9 \times 10^{-3}}{2} = 1{,}19 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

*Chlorure d'iode fixé sur l'huile.* Les deux échantillons ont reçu le même volume de réactif de Wijs :

$$n(\text{ICl})_{\text{fixé}} = n(\text{ICl})_{\text{initial}} - n(\text{ICl})_{\text{restant}}$$

$$n(\text{ICl})_{\text{fixé}} = 2{,}29 \times 10^{-3} - 1{,}19 \times 10^{-3} = 1{,}10 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

*Masse de diiode équivalente.* D'après l'énoncé, la même quantité de diiode se fixerait sur les doubles liaisons : $n(\text{I}_2) = 1{,}10 \times 10^{-3}$ mol.

$$m(\text{I}_2) = n(\text{I}_2) \times M(\text{I}_2) = 1{,}10 \times 10^{-3} \times 254 = 0{,}279\ \text{g}$$

*Indice d'iode.* Cette masse se fixe sur 0,30 g d'huile ; pour 100 g d'huile, par proportionnalité :

$$\text{indice} = \frac{0{,}2794 \times 100}{0{,}30} = 93$$

*Conclusion.* $93 < 110$ : l'huile d'olive est non siccative, elle ne forme pas de film solide en séchant.

*Regard critique.* Le repérage de l'équivalence et la pesée de 0,30 g limitent la précision, mais l'indice trouvé est très éloigné du seuil de 150 : la conclusion est sûre.

$n(\text{ICl})_{\text{initial}} = 2{,}29 \times 10^{-3}$ mol. Problème : indice d'iode de l'huile d'olive $\approx 93$, huile **non siccative** ; les peintres n'auraient pas pu remplacer l'huile de noix par de l'huile d'olive.

**PIÈGE**
Calculer l'indice avec $V_{E1}$ seul : ce volume donne le chlorure d'iode qui reste, pas celui qui s'est fixé sur l'huile. C'est la différence entre les deux titrages qui compte.

**COMPRENDRE**
L'indice est donné avec deux chiffres significatifs, comme la masse d'huile (0,30 g) ; la valeur intermédiaire 0,2794 g n'est pas arrondie dans le calcul. Les quantités de matière en gardent trois, comme $c$ et les volumes.

**COMPRENDRE**
Ce titrage indirect (réactif en excès, puis dosage de l'excès) relève de l'ancien enseignement de spécialité : il n'est plus exigible aujourd'hui, mais l'équivalence et les bilans de matière utilisés restent au programme.

**À LA CALCULATRICE**

rad CALCULS

$$\frac{2.00 \times 10^{-1} \times 22.9 \times 10^{-3}}{2} \approx 0.00229$$

$$\frac{2.00 \times 10^{-1} \times 11.9 \times 10^{-3}}{2} \approx 0.00119$$

$$2.29 \times 10^{-3} - 1.19 \times 10^{-3} \approx 0.0011$$

$$1.10 \times 10^{-3} \times 254 \approx 0.2794$$

$$\frac{0.2794 \times 100}{0.30} \approx 93.13333$$