

Dans le corps humain, l'homéostasie permet le maintien de plusieurs constantes biologiques. Nous allons nous pencher plus particulièrement sur le pH sanguin et sur la concentration sanguine en urée.

EXERCICE I : Acides - bases ; réactions acido-basiques (7,5 points)

Le sang est une solution tampon dont le pH est maintenu à environ 7,4 grâce à la présence d'acide carbonique de formule brute H_2CO_3 et de sa base conjuguée, l'ion hydrogénocarbonate de formule brute HCO_3^- .

La concentration molaire en ion hydrogénocarbonate dans le sang est habituellement comprise entre $2,2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et $2,6 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Si la concentration en ions hydrogénocarbonate passe en dessous de $2,2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, un patient peut présenter les symptômes d'une acidose métabolique du sang, qui est un trouble de l'équilibre acido-basique défini par une baisse du pH.

1. Rappeler quelles sont les propriétés d'une solution tampon.
2. L'acide carbonique est un acide faible. Donner la définition d'un acide faible.
3. L'équation de la réaction entre l'acide carbonique et l'eau est la suivante :



3.1. Donner l'expression de la constante d'acidité K_A du couple $\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$.

3.2. La valeur du $\text{p}K_A$ du couple $\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$ est 6,37. Indiquer quelle forme acide ou basique de ce couple prédomine dans un sang de $\text{pH} = 7,4$. Justifier.

4. Un opérateur en chimie prépare une solution S d'hydrogénocarbonate de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$) de concentration correspondant à celle du sang.

Avant de l'utiliser, il procède à un titrage pH-métrique des ions hydrogénocarbonate de cette solution par une solution d'acide chlorhydrique, afin d'en vérifier la concentration.

Il prélève un volume $V_b = 10,0 \text{ mL}$ de la solution S de concentration en ion hydrogénocarbonate C_b à vérifier.

Il verse progressivement dans ces 10,0 mL de solution, un volume V_a d'acide chlorhydrique de concentration $C_a = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et mesure régulièrement le pH du mélange réactionnel.

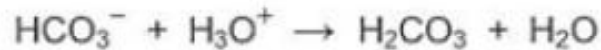
4.1. Légènder le schéma du dispositif expérimental utilisé pour effectuer ce titrage donné en **annexe 1, page 6, à rendre avec la copie**, en utilisant entre autres les termes de solution titrée et de solution titrante.

4.2. Définir l'équivalence du titrage.

4.3. La courbe de pH obtenue est placée en **annexe 2, page 6, à rendre avec la copie.**

Déterminer graphiquement sur la courbe le volume V_{aE} de solution d'acide chlorhydrique versé à l'équivalence en faisant apparaître les traits de construction.

4.4. L'équation de la réaction du titrage est donnée ci-dessous :



En déduire la relation entre C_a , V_{aE} , C_b , et V_b .

4.5. En déduire que la valeur de la concentration en ion hydrogénocarbonate de la solution S est $C_b = 2,1 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

4.6. Si une telle concentration était mesurée dans le sang d'un patient, pourrait-on penser que celui-ci est en situation d'acidose métabolique ? Justifier.

EXERCICE II : Acides α -aminés et dipeptides (5 points)

L'urémie est le taux d'urée dans le sang. L'urée est une molécule de formule brute $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$, formée dans le foie à partir d'ammoniac provenant de la dégradation de certains acides aminés, notamment l'arginine.

L'urémie normale se situe entre $3,3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ et $6,6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

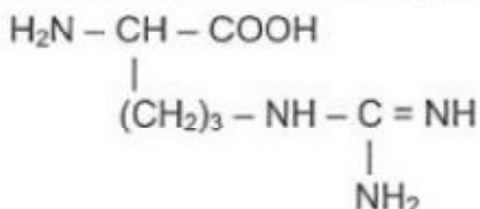
Ce taux peut être plus élevé chez les personnes ayant un régime alimentaire riche en viande. L'urée est normalement éliminée par les reins. En cas d'insuffisance rénale, une urémie trop élevée peut entraîner nausées, vomissements, coma...

1. Montrer que la masse molaire moléculaire de l'urée vaut $M = 60 \text{ g.mol}^{-1}$, sachant que les masses molaires atomiques sont :

$$M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1} ; M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1} ; M(\text{N}) = 14 \text{ g.mol}^{-1} ; M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}.$$

2. Un litre de sang d'une personne qui a une urémie de $3,6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ contient une quantité de matière $n = 3,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$ d'urée. Déterminer la masse m d'urée correspondante contenue dans un litre de ce sang.

3. L'arginine est un acide α -aminé de formule semi-développée :

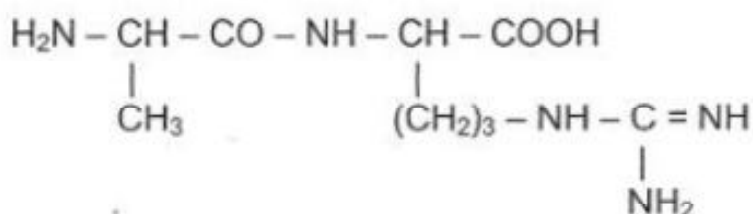


3.1. Après avoir recopié la formule semi-développée de la molécule d'arginine, entourer et nommer les groupes fonctionnels qui sont responsables du classement de cette molécule dans le groupe des acides α -aminés.

3.2. Repérer sur la formule recopiée le carbone asymétrique de la molécule à l'aide d'un astérisque (*).

3.3. Représenter en projection de Fischer la configuration L de l'arginine.

4. La dégradation d'une protéine dans l'estomac produit un dipeptide nommé Ala - Arg dont la formule semi-développée est notée ci-dessous :



Arrivé dans le duodénum, première partie de l'intestin grêle, ce dipeptide est hydrolysé en deux acides α -aminés : l'arginine (Arg) et l'alanine (Ala). A partir de la formule semi-développée du dipeptide Ala - Arg, écrire l'équation de cette réaction d'hydrolyse.

5. Au laboratoire, on prépare un mélange équimolaire d'alanine et d'arginine. Quel est le nombre de dipeptides susceptibles de se former ? Les nommer.

EXERCICE III : Transfusion sanguine – Scintigraphie (7,5 points)

Les deux parties sont indépendantes

Partie A : Transfusion sanguine

La circulation sanguine peut être assimilée à un circuit hydraulique dans lequel circule le sang sous l'action de la pompe cardiaque. En cas d'hémorragie, une transfusion sanguine est indispensable pour restituer le volume sanguin normal appelé volémie.

Lors d'un don du sang, on prélève 450 mL de sang à un donneur, en 15 minutes.

1. Montrer que le débit en volume du sang dans le tuyau qui amène le sang à la poche de prélèvement est $D = 5,0 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
On rappelle que $1 \text{ mL} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$.

2. On rappelle que le débit en volume D d'un liquide est lié à la vitesse moyenne v d'écoulement de ce liquide et à la section S du tuyau par cette relation :
 $D = v \cdot S$.

Le tuyau permettant de recueillir le sang du donneur a une section $S = 2,5 \text{ mm}^2$.
En déduire la vitesse d'écoulement v du sang dans ce tuyau, exprimée dans l'unité du système international durant ce don du sang.

On rappelle que $1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$.

3. La loi fondamentale de la statique des fluides entre deux points A et B est exprimée par la relation :

$$P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot h$$

Indiquer ce que représente chaque grandeur de cette relation et son unité.

4. L'homme blessé est couché sur une civière. Montrer à l'aide de la relation précédente que sa pression sanguine est approximativement la même en tout point de son corps.

5. Cet homme nécessite une transfusion sanguine qui va être réalisée à partir d'une poche de sang suspendue en hauteur et par perfusion intraveineuse.

5.1. La tension veineuse du patient est $T = 6,0 \text{ cm}$ de mercure (cm Hg).
Montrer que la pression du sang dans la veine est égale à environ $1,09 \times 10^5 \text{ Pa}$.

On donne : $1 \text{ cm Hg} = 1333 \text{ Pa}$ et la pression atmosphérique $p_{\text{atm}} = 101\,325 \text{ Pa}$.

5.2. Quelle condition doit remplir la pression du sang apporté par la perfusion pour pénétrer dans la veine ?

5.3. En déduire la hauteur minimale h entre la surface du sang dans la poche à perfusion et l'entrée de la veine.

On donne : $\rho_{\text{sang}} = 1,06 \times 10^3 \text{ SI}$, $g = 9,81 \text{ SI}$.

Partie B : Scintigraphie

On prescrit au patient, comme examen complémentaire, une scintigraphie myocardique permettant de visualiser l'irrigation sanguine de son cœur. Pour cela, on lui injecte un traceur radioactif : le thallium 201.

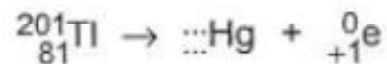
1. Le thallium 201 a une période radioactive $T = 73$ h.

1.1. Définir la période radioactive.

1.2. On injecte au patient un échantillon comportant une activité $A = 60$ MBq. Quelle est l'activité de cet échantillon au bout de 146 h ?

1.3. Estimer au bout de combien de temps on pourra considérer que l'échantillon de thallium radioactif injecté est devenu inactif.

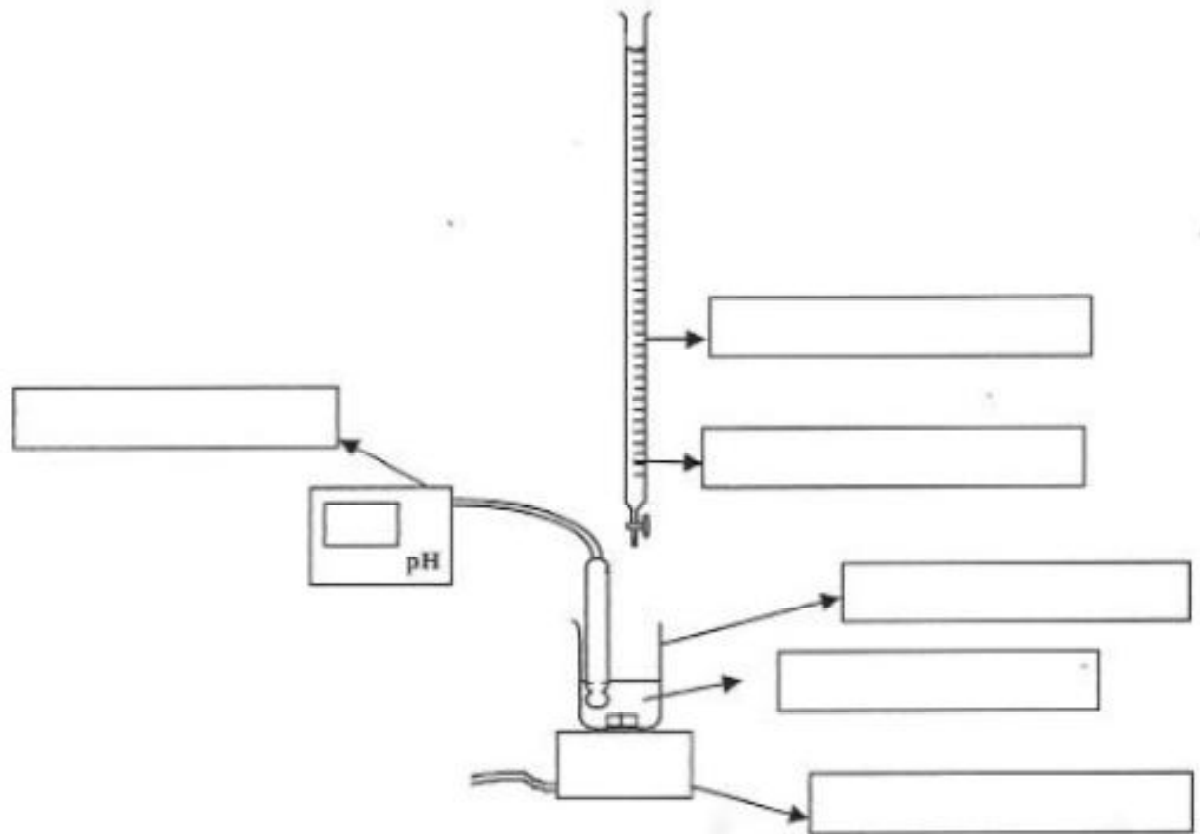
2. Le thallium (Tl) 201 se désintègre en mercure (Hg) 201, selon l'équation de désintégration radioactive suivante :



2.1. Recopier et compléter l'équation de désintégration radioactive précédente.

2.2. Indiquer le nom de la particule ${}_{+1}^0\text{e}$ et le type de radioactivité correspondant.

Annexe 1 de l'EXERCICE I : dispositif de titrage pH-métrique



Annexe 2 de l'EXERCICE I : courbe de titrage pH-métrique

