

B.T.S. Analyses de Biologie Médicale

E3 – U3

Sciences physiques et chimiques

SESSION 2021

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

- L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
- L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part dans l'appréciation des copies.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2021
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	21ABE3SPC1	Page 1/7

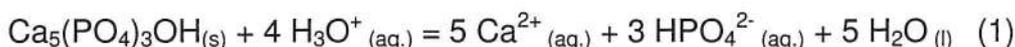
La carie se caractérise par la destruction irréversible de l'émail dentaire, très souvent liée à une consommation excessive de sucres, dits sucres fermentescibles. Ce sujet s'articule autour des caries dentaires et se divise en trois exercices indépendants.

EXERCICE I - Mécanisme simplifié de la formation des caries (7,5 points)

Dans cet exercice, on modélise la salive par une solution aqueuse contenant un système tampon composé d'ions hydrogénocarbonate HCO_3^- et de dioxyde de carbone dissous CO_2 , H_2O . Elle possède un pH à peu près égal à 7,2. On modélise l'émail dentaire par des cristaux d'hydroxyapatite de formule $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$.

On modélise la formation des caries par deux grandes étapes :

- 1) Les bactéries présentes dans la salive (lactobacilles, *streptococcus mutans*, ...) produisent des acides en présence de sucres fermentescibles (glucose, saccharose, fructose, etc) issus de l'alimentation. Bactéries et sucres forment un enduit collant et incolore sur les dents, la plaque dentaire. Celle-ci peut se calcifier et se transformer en tartre si elle n'est pas éliminée, elle est aussi la cause principale des caries.
- 2) Les acides produits et présents dans la plaque dentaire vont agir et détruire l'émail dentaire ; c'est l'acidogénèse, modélisée par la réaction d'équation suivante :



La valeur du pH de la plaque dentaire baisse très rapidement après ingestion de sucres, la destruction de l'hydroxyapatite (phase de déminéralisation) est favorisée lorsque la valeur du pH est inférieure à 5,10. À *contrario* la réaction inverse de formation de hydroxyapatite (phase de reminéralisation) est favorisée pour un pH supérieur à 5,35. La courbe ci-dessous (figure 1), appelée courbe de Stephan (figure 1), modélise l'évolution du pH de la plaque dentaire en fonction du temps après ingestion d'une boisson à base de glucose, contenant 10 % en masse de glucose.

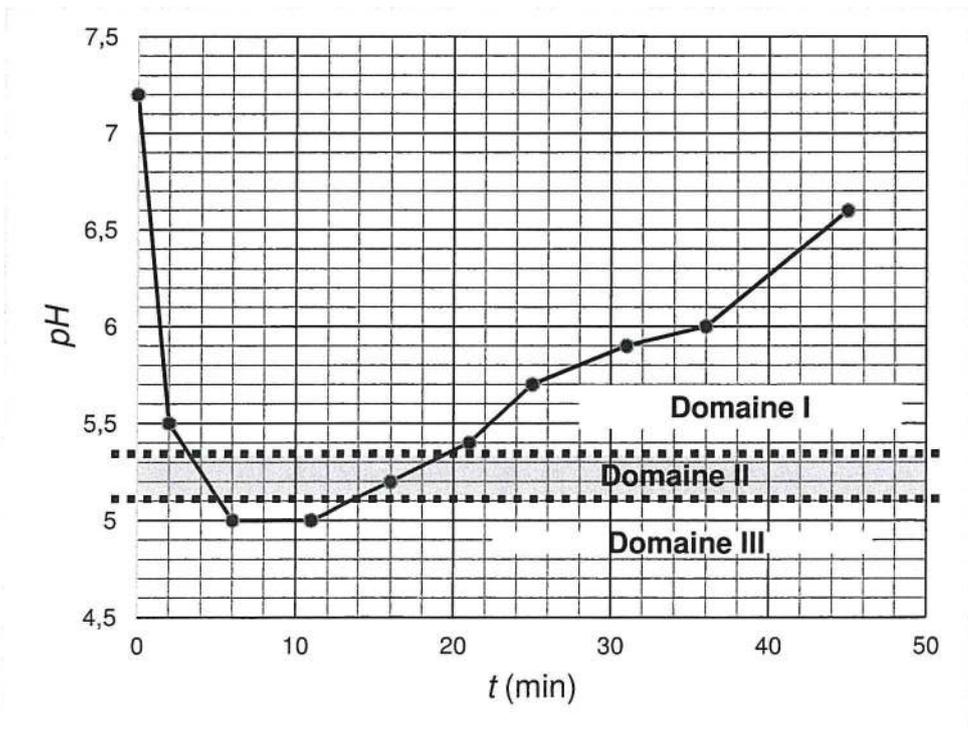


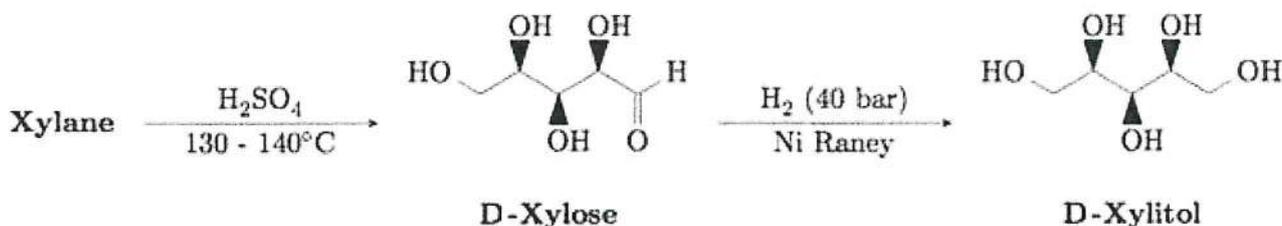
Figure 1 : courbe de Stephan

Q1. Identifier, sur la courbe de Stephan dans quel domaine (I, II ou III) se trouvent les zones de déminéralisation et de reminéralisation.

Q2. En utilisant la courbe de Stéphan, estimer la durée au cours de laquelle une personne ayant absorbé une boisson à base de glucose risque une attaque acide de son émail dentaire.

Lorsqu'il n'est pas possible de se brosser les dents, on peut utiliser des chewing-gums spécifiques contenant du xylitol. Le xylitol offre une saveur sucrée avec un apport calorique faible et il possède un caractère inhibiteur vis-à-vis du développement des caries.

Le D-xylitol est obtenu à partir de xylane, issu du bois. Les chaînes de xylane sont constituées, en première approximation, d'une succession de molécules de xylose reliées entre elles. On casse les chaînes de xylane en hydrolysant le bois à l'aide d'acide sulfurique à une température comprise entre 130 et 140 °C. La solution obtenue, riche en D-xylose, subit une hydrogénation catalytique sous une pression en dihydrogène $H_{2(g)}$ égale à 40 bar et en présence d'un catalyseur, le nickel de Raney, qui permet d'obtenir le D-xylitol.



Q3. Préciser les groupes caractéristiques et nommer les fonctions chimiques présentes sur le D-xylose et le D-xylitol, dont les formules topologiques sont représentées ci-dessus.

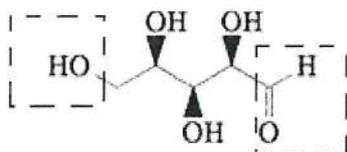
Q4. L'hydrogénation catalytique du D-xylose correspond-elle à une oxydation ou à une réduction du D-xylose? Justifier en utilisant le formalisme des demi-équations électroniques.

Q5.1 Identifier le (ou les) carbone(s) asymétrique(s) dans le D-xylitol et donner sa (ou leurs) configuration(s) absolue(s).

Q5.2 Le D-xylitol est-elle une molécule chirale ? Justifier la réponse.

Q6. Donner la représentation de Fischer du D-xylose.

Q7. Le passage de la forme ouverte à la forme cyclique du D-xylose résulte de la réaction entre les deux groupes entourés ci-dessus. Donner le nom de cette réaction ainsi que la formule du produit formé.



Q8. La consommation de chewing-gums à base de xylitol provoque une augmentation du flux salivaire, même en présence de sucres fermentescibles. Expliquer en quoi cela contribue à la lutte contre les caries.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2021
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	21ABE3SPC1	Page 3/7

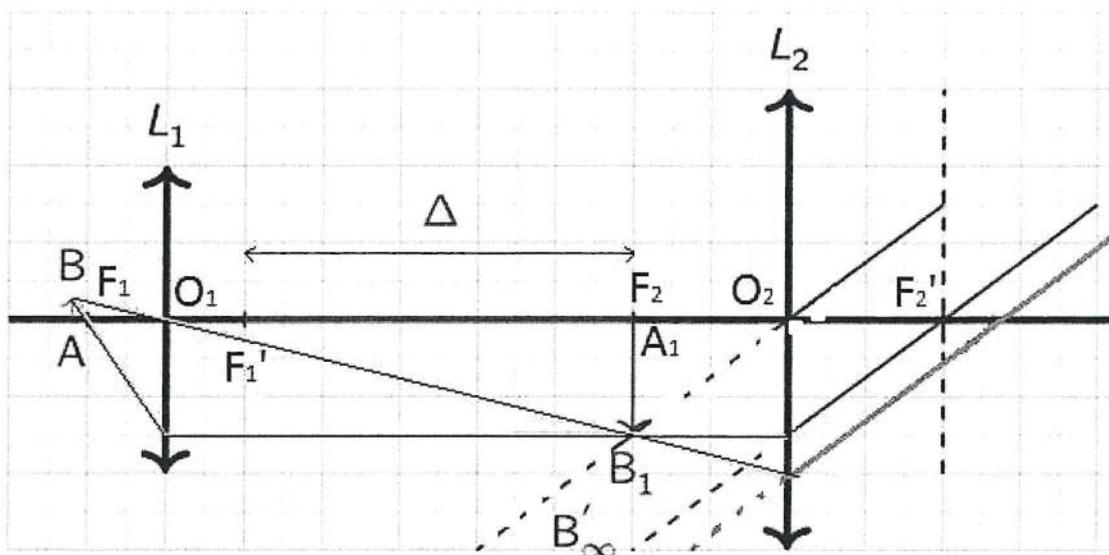
EXERCICE II - Observation de Streptococcus Mutans (7,5 points)

Les *Streptococcus Mutans* sont des bactéries présentes dans la salive. De formes sphériques et de diamètre compris entre 0,50 et 0,75 μm , elles contribuent à l'apparition de caries. En présence de sucres fermentescibles, le saccharose notamment, ces bactéries forment de longues chaînes insolubles appelées glucans qui assurent l'adhérence des bactéries sur les muqueuses et les dents : c'est le début de la formation de la plaque dentaire.

On s'intéresse à l'observation de *Streptococcus Mutans* à l'aide d'un microscope modélisé par deux lentilles minces convergentes centrées sur le même axe optique : un objectif, noté L_1 , assimilé à une lentille mince convergente, de centre optique O_1 et de distance focale $f'_1 = + 0,40 \text{ cm}$; un oculaire, noté L_2 , assimilé à une lentille mince convergente, de centre optique O_2 et de distance focale $f'_2 = + 2,00 \text{ cm}$. L'intervalle optique de cet instrument est $\Delta = \overline{F'_1 F_2} = 16,00 \text{ cm}$. Le microscope est réglé de telle manière que l'observateur n'ait pas besoin d'accommoder. L'objet d'étude (*Streptococcus Mutans*) sera représenté par un objet AB plan placée perpendiculairement pour lequel le point A se trouve sur l'axe optique.

Données :

- Schéma simplifié (sans souci d'échelle) du principe d'un microscope dans le cas d'une observation d'un objet \overline{AB} sans accommodation :



- Formule de conjugaison pour les lentilles minces :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

où O est le centre optique de la lentille utilisée, A désigne le point objet et A' son image donnée par la lentille de distance focale f' . A et A' sont deux points situés sur l'axe optique.

- Grossissement commercial G_c d'un microscope : $G_c = |\gamma_1| \times G_{oc}$ où la notation G_{oc} correspond au grossissement de l'oculaire L_2 et γ_1 le grandissement de l'objectif L_1 .

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2021
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	21ABE3SPC1	Page 4/7

Q9. Expliquer, sans calcul, pourquoi une observation de l'objet AB sans accommodation impose nécessairement la formation d'une image intermédiaire A_1B_1 dans le plan focal objet de l'oculaire.

Q10. Calculer la distance algébrique $\overline{O_1A}$ entre l'objet AB et l'objectif L_1 pour obtenir une observation sans accommodation.

Q11. Définir le grandissement à travers l'objectif L_1 et le calculer dans le cas de l'objet AB vu sans accommodation.

On peut lire au niveau de l'oculaire la valeur gravée « 10 X ».

Q12.1. À quelle grandeur correspond cette valeur?

Q12.2. Calculer alors la valeur du grossissement commercial G_c de l'ensemble du microscope.

Le pouvoir de résolution (ou pouvoir séparateur), qualité essentielle d'un instrument d'optique, représente sa capacité à distinguer séparément deux points objets A et B très voisins. Le pouvoir de résolution d'un microscope est donné par la relation :

$$AB_{\text{lim}} = \frac{0,61 \lambda}{n \cdot \sin u}$$

où $\lambda = 650 \text{ nm}$ représente la longueur d'onde de la lumière utilisée et $n \cdot \sin u = 0,65$ est l'ouverture numérique de l'objectif L_1 .

Q13. Est-il possible d'observer des Streptococcus Mutans avec ce microscope ? Justifier et proposer un autre moyen à la disposition de l'expérimentateur pour l'observation de ces bactéries.

BTS Analyses de Biologie Médicale		Session 2021
E3 – U3 : Sciences physiques et chimiques	21ABE3SPC1	Page 5/7

EXERCICE III - Le fluor : un moyen de lutte efficace contre les caries (5 points)

L'usage des ions fluorure F^- joue un rôle déterminant dans la prévention des caries et constitue l'un des principes actifs présents dans les dentifrices. Par sa présence, il participe au renforcement de l'émail dentaire. Néanmoins une consommation élevée de fluor peut abimer les tissus dentaires, ce qui oblige à contrôler de manière efficace les quantités de fluor engagées dans les dentifrices d'autant plus que d'autres sources de fluor sont disponibles : eaux minérales, aliments, etc.

On s'intéresse ici à la conformité de la teneur en ions fluorure présents dans un lot de dentifrices dont la **teneur attendue en ions fluorure est de 145 mg pour 100 g de dentifrice**.

Données :

Masse molaire atomique du fluor $M_F = 19,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

La détermination de la quantité d'ions fluorure F^- peut s'effectuer en utilisant un montage potentiométrique constitué d'une électrode spécifique aux ions fluorure F^- accompagnée d'une électrode dite de référence dont le potentiel E_{ref} reste constant. On note ΔE la différence de potentiel mesurée entre les deux électrodes.

Protocole suivi pour la réalisation des mesures de ΔE à partir des solutions étalon :

Une électrode spécifique doit être étalonnée à partir d'au moins 5 solutions étalon toutes préparées à partir d'une solution mère. Pour l'électrode spécifique au fluor la solution mère est une solution de fluorure de sodium notée S de concentration molaire égale à $C_0 = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Pour la préparation de chaque solution étalon, on prélève respectivement un volume V (mL) de la solution mère que l'on place dans une fiole jaugée de 100,0 mL et que l'on complète avec de l'eau distillée.

Solutions étalon	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
Volume V de solution S (mL)	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0
[F ⁻] (mol.L ⁻¹)	$2,5 \times 10^{-5}$	$5,0 \times 10^{-5}$...	$2,5 \times 10^{-4}$	$5,0 \times 10^{-4}$

Après avoir rincé les différentes électrodes, puis les avoir essuyées à l'aide de papier Joseph, on fabrique 5 nouvelles solutions en plaçant pour chacune d'elle 10,0 mL de solution étalon et 10,0 mL de solution tampon dans un bécher. On obtient alors les 5 solutions. La solution 1 a été obtenue avec 10,0 mL de solution étalon S1 et 10,0 mL de solution tampon, la solution 2 a été obtenue avec 10,0 mL de solution étalon S2 et 10,0 mL de solution tampon et ainsi de suite. Dans chacun des béchers, on mesure au bout de 3 minutes, la différence de potentiel ΔE à l'aide des deux électrodes : électrode spécifique au fluor et électrode de référence.

Solutions	1	2	3	4	5
Volume de chaque solution étalon utilisé	10,0 mL de S ₁	10,0 mL de S ₂	10,0 mL de S ₃	10,0 mL de S ₄	10,0 mL de S ₅
Volume de solution tampon (mL) utilisé	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
[F ⁻] (mol.L ⁻¹)	$1,3 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-5}$	$6,3 \times 10^{-5}$	$12,5 \times 10^{-5}$	$25,0 \times 10^{-5}$
ΔE (mV)	175,3	158,7	135,3	119,2	102,9

À partir des valeurs expérimentales, la courbe $\Delta E = f(\log [F^-])$ est représentée figure 2.

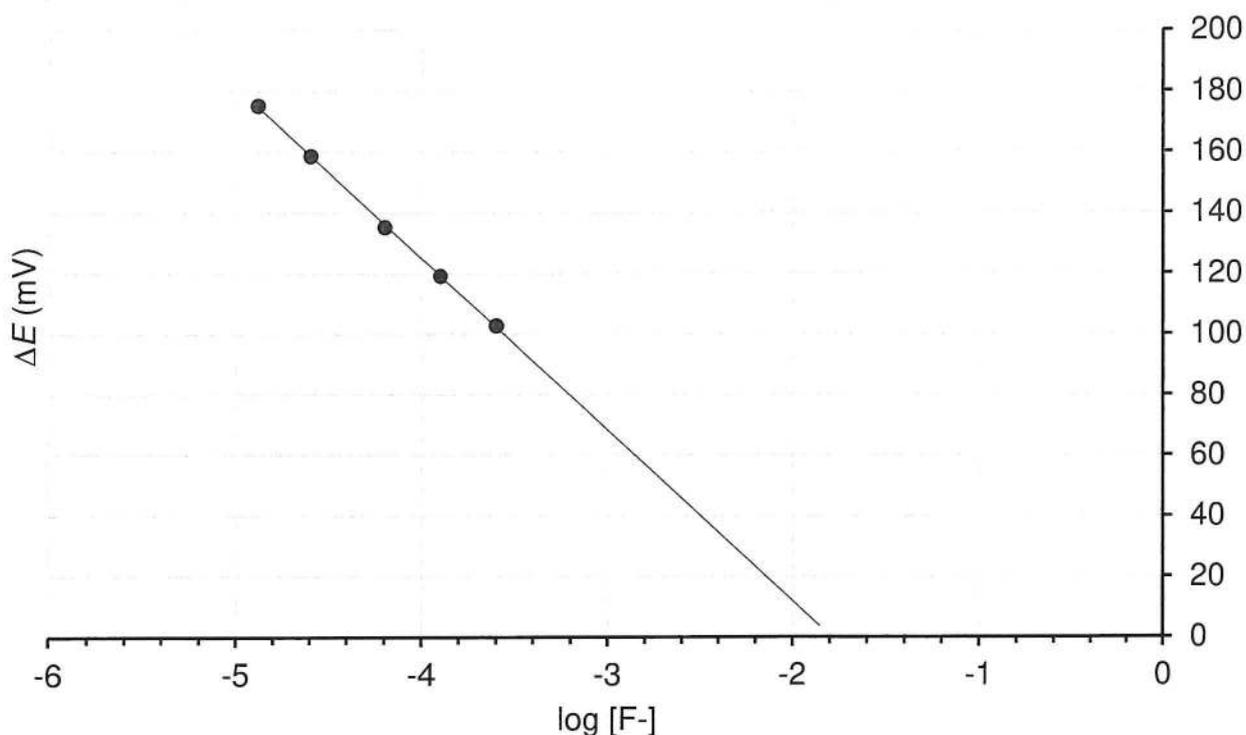


Figure 2 : évolution de la différence de potentiel ΔE en fonction de $\log[F^-]$

On réalise une régression linéaire qui donne :

Équation de droite : $\Delta E = -56,45 \cdot \log[F^-] - 100,99$ (ΔE en mV)
Coefficient de corrélation : $R^2 = 0,999\ 631$

Q14. Décrire précisément le protocole expérimental à suivre afin de préparer la solution étalon S_3 à partir de la solution mère S . Déterminer la valeur de la concentration molaire en ions fluorure $[F^-]$ présents dans la solution étalon S_3 .

À l'aide d'une balance précise, on place une masse $m = 0,20$ g du dentifrice étudié dans bécher de 250 mL dans lequel on ajoute aussitôt 10,0 mL de solution tampon. Le mélange est porté à ébullition pendant 2 minutes, puis laissé à refroidir à l'air libre avant d'être transvasé dans une fiole jaugée de 100,0 mL que l'on complète alors avec de l'eau distillée. La différence de potentiel ΔE mesurée est de 114,4 mV dans les mêmes conditions que pour les solutions étalons.

Q15. A l'aide des résultats expérimentaux, déterminer la valeur de la concentration molaire en ions fluorure $[F^-]$ dans la solution de mesure.

Q16. Ce dentifrice présente-t-il une bonne conformité par rapport à la teneur en fluorure ?

