

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR BIOANALYSES ET CONTRÔLES

ÉPREUVE E2 - MATHÉMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

SOUS-ÉPREUVE U22 - SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

SESSION 2021

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

Matériel autorisé :

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

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

S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera, alors, clairement et précisément ces hypothèses.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet se compose de 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.

BTS BIOANALYSES ET CONTROLES		Session 2021
U22 – Sciences Physiques et Chimiques	Code : 21-BAE2PC	Page : 1/8

Partie A - Des bananes radioactives ! (9,5 points)

De nombreux produits alimentaires présentent une radioactivité naturelle, et en particulier les bananes, du fait du potassium 40 qu'elles contiennent à raison de 0,017 % en masse du total.

Les bananes sont suffisamment radioactives pour être détectées par les détecteurs utilisés par les douanes américaines afin d'identifier des transits potentiellement illégaux de matériaux radioactifs.

Amateurs de bananes, faut-il s'inquiéter ?

Données :

- La période radioactive du potassium 40 est de 1,248 milliard d'années.
- $A = \lambda \times N$ avec A activité en Bq, λ constante radioactive en s^{-1} , N nombre de noyaux radioactifs dans l'échantillon.
- En moyenne, les bananes émettent une radioactivité naturelle de 130 Bq/kg.
- Caractéristiques de quelques noyaux.

Noyau	Potassium 41	Potassium 40	Potassium 39	Calcium 41	Calcium 40	Argon 40
Symbole	${}_{19}^{41}\text{K}$	${}_{19}^{40}\text{K}$	${}_{19}^{39}\text{K}$	${}_{20}^{41}\text{Ca}$	${}_{20}^{40}\text{Ca}$	${}_{18}^{40}\text{Ar}$

1. Donner la composition du noyau de potassium 40.

2. Le potassium 40 se désintègre spontanément selon : ${}_{19}^{40}\text{K} \rightarrow {}_Z^A\text{X} + {}_{-1}^0\text{e}$

2.1. Identifier le noyau X en précisant les lois de conservation utilisées.

2.2. Donner la définition de la période ou demi-vie d'un noyau radioactif.

2.3. Déterminer le nombre d'années nécessaires pour diviser par 4 l'activité du potassium 40.

3. Une personne consomme chaque jour une banane de 150 g pendant une année complète.

Les effets biologiques des rayonnements dans le corps humain se mesurent en sieverts (Sv). La conversion de l'activité A de la nourriture ingérée en dose efficace E reçue par la personne est calculée par $E = F \times A$ avec F égal à 6,2 nSv/Bq pour le potassium 40.

3.1. Vérifier que, pour une année, la dose efficace due au potassium 40 reçue par le consommateur de bananes est d'environ 44 μSv .

La limite de dose efficace annuelle reçue par une personne du public du fait des activités nucléaires est fixée à 1 mSv/an.

3.2. Déterminer le nombre de bananes qu'il faudrait consommer quotidiennement pour atteindre cette limite. Quelle réponse peut-on apporter à la question initiale : « Amateurs de bananes, faut-il s'inquiéter ? » ?

Partie B - Virus, bactéries, les défis à relever pour l'ostréiculture (12 points)

Les huîtres, cultivées en France depuis des siècles, ont récemment été victimes d'agents pathogènes. En 2010, un virus de la famille des herpès appelé herpèsvirus a détruit 70 % des huîtres les plus jeunes en deux mois seulement. À l'été 2013, une bactérie a emboîté le pas à l'herpèsvirus : partout en France, *Vibrio aestuarianus* a tué jusqu'à 65 % des huîtres adultes prêtes à la vente.

Du fait du réchauffement climatique, les eaux atteignent des températures qui correspondent à la fenêtre d'activité des herpès, virus ou bactéries.

Les laboratoires ont mené des études afin de comprendre les processus de contamination des huîtres et d'essayer d'adapter les pratiques de culture de la filière pour limiter les surmortalités.

Un laboratoire dispose d'un microscope classique et se pose la question de la nécessité d'acheter un microscope électronique.

Données :

- Taille d'une bactérie *Vibrio aestuarianus* : $AB_b = 3,5 \mu\text{m}$
- Taille d'un herpèsvirus : $AB_v = 150 \text{ nm}$
- Objectifs disponibles sur le microscope X 10, X 40, X 100

Grandissement	Ouverture numérique $O.N.$
10	0,25
40	0,65
100	1,25

- Pour de petits angles α exprimés en radians, on adopte l'approximation : $\tan \alpha \approx \alpha$
- Grossissement de l'oculaire utilisé par ce microscope : $G_{oc} = 10$
- Grossissement commercial $G_c = |\gamma_{ob}| \times G_{oc} = \frac{\alpha'}{\alpha}$ avec α diamètre apparent de l'objet vu à l'œil nu, α' diamètre apparent de l'image vue à travers le microscope et $|\gamma_{ob}|$ le grandissement absolu de l'objectif.
- Pouvoir de résolution de l'œil : $3 \times 10^{-4} \text{ rad}$
- Pouvoir de résolution du microscope optique ou dimension du plus petit objet observable à travers le microscope : $AB_{\min} = \frac{0,6 \times \lambda}{O.N.}$ avec λ la longueur d'onde.
- Pouvoir de résolution d'un microscope électronique $AB_{\min} = 0,3 \text{ nm}$
- Distance minimale de vision distincte pour un œil emmétrope : $d_m = 25 \text{ cm}$

1. Observation à l'œil nu

L'œil du technicien est emmétrope, ce qui signifie qu'il peut voir nettement un objet s'il est situé entre la distance minimale de vision distincte et l'infini. Son œil est ici placé à la distance d_m de l'objet AB et il voit l'objet AB sous un angle α , appelé diamètre apparent.

- 1.1. Montrer que α vaut $1,4 \times 10^{-5}$ rad pour une bactérie *Vibrio aestuarianus*.
- 1.2. Indiquer si cette bactérie est vue à l'œil nu en justifiant à l'aide des données de l'exercice.
- 1.3. Justifier que l'herpèsvirus ne sera pas vu à l'œil nu.

2. Observation au microscope en utilisant l'objectif de « X40 »

On règle le microscope afin que l'image définitive observée à travers cet instrument par le technicien soit rejetée à l'infini.

- 2.1 Donner l'intérêt d'un tel réglage.
- 2.2 Préciser si ce réglage convient à tout type d'œil non corrigé.
- 2.3. Déterminer, sans calcul mais en justifiant par une phrase ou un schéma, la position par rapport à l'oculaire de l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB formée par l'objectif du microscope.
- 2.4 Calculer le grossissement commercial de ce microscope.
- 2.5. En déduire que l'angle sous lequel sera vu la bactérie *Vibrio aestuarianus* vaut $5,6 \cdot 10^{-3}$ rad.
- 2.6. Indiquer en justifiant si la bactérie est visible à travers ce microscope (sans tenir compte de la limitation du microscope par la diffraction).

3. Pouvoir de résolution du microscope

Le pouvoir de résolution du microscope est limité par le phénomène de diffraction. Pour cette raison, l'utilisation de l'objectif « X 40 » ne permet pas l'observation de l'herpèsvirus.

- 3.1. Calculer AB_{\min} pour l'objectif « X 100 » sous une longueur d'onde de 500 nm.
- 3.2. Vérifier que l'utilisation de cet objectif ne permet pas non plus d'observer l'herpèsvirus dans ces conditions.
- 3.3. Indiquer, en utilisant les données de l'exercice, quelle solution adopter au laboratoire afin d'observer l'herpèsvirus.

Partie C - Les coraux en danger (9,5 points)

La structure physique des récifs coralliens est formée par les polypes des coraux qui réalisent la calcification, c'est-à-dire qu'ils synthétisent un squelette calcaire à partir des ions Ca^{2+} et HCO_3^- de l'eau de mer. Le squelette des coraux est constitué de la superposition organisée de couches de cristaux d'aragonite (une forme de cristallisation du carbonate de calcium CaCO_3) insérés dans une matrice organique.

(<http://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/coraux-ingenieurs-oceans-menaces/>).

Une expédition scientifique fait le tour du monde en voilier afin d'étudier les coraux et leur processus de développement. L'objectif de cet exercice est de comprendre l'importance de la qualité de l'eau de mer pour la croissance des coraux et des animaux à coquilles.

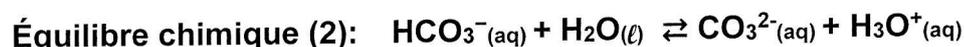
Données :

Élément chimique	H	C	N	O	Cl	Ca
Masse molaire ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)	1,0	12,0	14,0	16,0	35,5	40,1

Couple acide/base	$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-$	$\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$
pK_a	6,4	10,3

1. Le dioxyde de carbone dissous et les équilibres carboniques

Le dioxyde de carbone rejeté par la faune et la flore est soluble dans l'eau et il peut donner lieu à deux équilibres chimiques lors de sa dissolution dans l'eau de mer :



Le pH optimal pour une eau de mer destinée à une production de coraux est compris entre 8,2 et 8,5.

1.1 Représenter, à l'aide des données, le diagramme de prédominance mettant en jeu les espèces chimiques carbonatées ($\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} ; \text{HCO}_3^- ; \text{CO}_3^{2-}$).

1.2 En déduire l'espèce carbonatée prédominante dans une eau de mer au pH optimal.

1.3 Indiquer, en justifiant, les conséquences de l'acidification de l'eau d'un océan sur la concentration en ions carbonate CO_3^{2-} .

2. Squelette calcaire des coraux :

Les coraux prélèvent les ions hydrogencarbonate HCO_3^- et les ions calcium Ca^{2+} de l'océan. Ils les transforment en cristaux de carbonate de calcium $\text{CaCO}_{3(s)}$, qui constitueront l'essentiel de leur squelette carboné, selon la réaction d'équation.



Afin de déterminer rapidement la concentration en ions calcium d'une eau de mer, un titrage colorimétrique peut être effectué par l'ion éthylènediaminetétraacétate (E.D.T.A.) noté $\text{Y}^{4-}_{(aq)}$.



Les ions $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$, $\text{Y}^{4-}_{(aq)}$ et $\text{CaY}^{2-}_{(aq)}$ sont des ions incolores en solution aqueuse. On ajoute au milieu réactionnel une solution tampon et un indicateur coloré. Dans les conditions de la réaction, seuls les ions calcium sont dosés.

On dose un volume d'eau de mer $V_{\text{eau}} = 100,0 \text{ mL}$ par une solution d'E.D.T.A. de concentration molaire $c = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Le volume de solution d'E.D.T.A. versé pour repérer l'équivalence est $V_E = 21,2 \text{ mL}$.

2.1 Déterminer la concentration molaire en ions calcium Ca^{2+} de l'eau de mer analysée.

2.2 En déduire la concentration massique en ions calcium de cette eau de mer.

Pour une bonne croissance des coraux, la teneur en ions calcium a pour valeur optimale $(430 \pm 10) \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

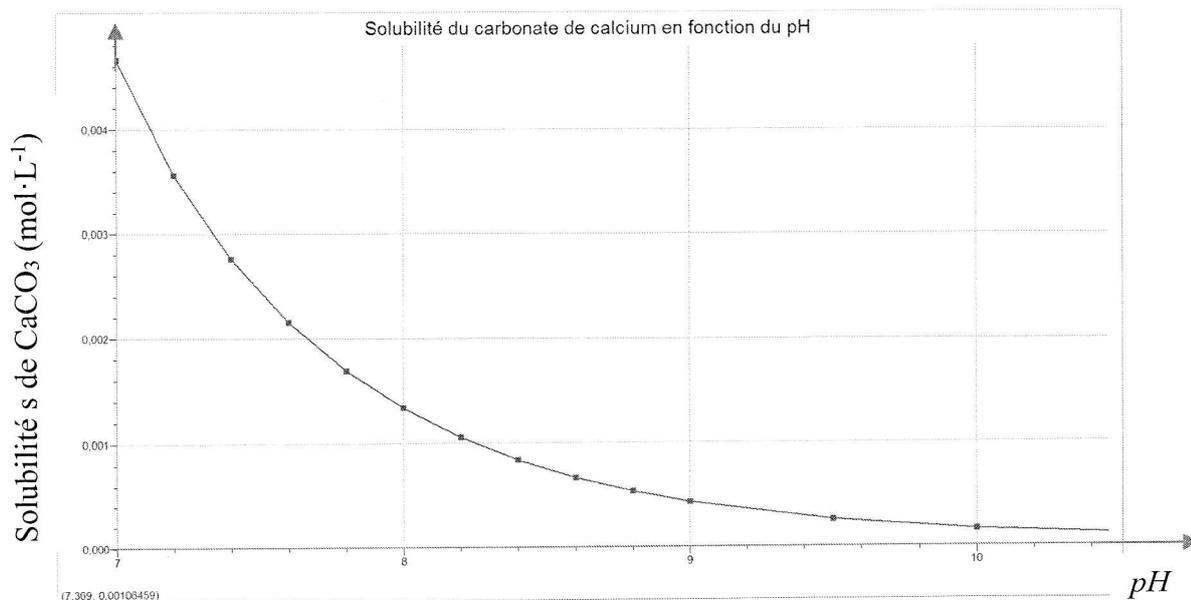
2.3 Indiquer, en justifiant, si les coraux sont dans de bonnes conditions de croissance dans l'eau étudiée.

3. Pour affiner la compréhension du phénomène, il est nécessaire de prendre en compte la solubilité du carbonate de calcium en fonction du pH du milieu. On donne l'équation de dissolution du carbonate de calcium.



3.1 Exprimer le produit de solubilité K_s de CaCO_3 en fonction des concentrations molaires à l'équilibre en ions calcium et en ions carbonate notés respectivement $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{eq}}$, $[\text{CO}_3^{2-}]_{\text{eq}}$.

La solubilité du carbonate de calcium évolue en fonction du pH selon la courbe ci-dessous :



3.2. En conclusion, expliquer l'effet de l'acidification des océans sur le squelette des coraux.

Partie D - Synthèse de l'aspartame (9 points)

L'aspartame est un dipeptide obtenu par réaction entre deux acides aminés : l'acide aspartique et un dérivé de la phénylalanine. Cette molécule est un édulcorant artificiel découvert en 1965.

1. La phénylalanine

La phénylalanine est un acide aminé essentiel. Il est indispensable au bon fonctionnement de l'organisme, mais ce dernier est incapable de le synthétiser.

La formule de la phénylalanine est :

$$\text{H}_5\text{C}_6 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$$

1.1. Recopier la formule de la phénylalanine puis entourer et nommer les groupes fonctionnels présents dans la molécule.

- 1.2. Repérer, par un astérisque*, le (ou les) atome(s) de carbone asymétrique(s).
- 1.3. Donner les représentations de Cram des deux isomères optiques de la phénylalanine en précisant le type d'isomérisme liant ces deux isomères optiques.

2. Synthèse de la phénylalanine

Étape 1 : On fait réagir du chlorométhane CH_3Cl sur le benzène C_6H_6 en présence d'un catalyseur. Parmi les deux produits de la réaction, on obtient le composé A de formule brute C_7H_8 .

2.1. Écrire l'équation de cette réaction en écrivant les molécules en formules semi-développées.

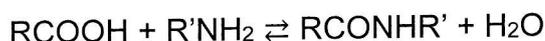
Étape 2 : On fait réagir du dichlore Cl_2 sur le composé A en présence de lumière ultraviolette.

2.2. Écrire l'équation de cette réaction de monochloration.

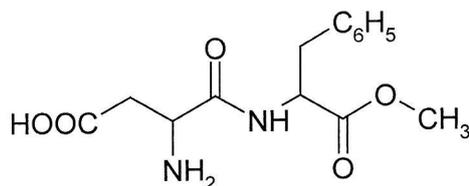
2.3. Choisir un ou plusieurs termes caractérisant la transformation étudiée dans la liste suivante : *addition – élimination – substitution – électrophile – nucléophile – radicalaire.*

3. Synthèse de l'aspartame

L'acide aspartique et un dérivé de la phénylalanine réagissent entre eux pour former l'aspartame. Le groupe carboxyle de l'acide réagit avec le groupe amino du dérivé de la phénylalanine selon l'équation de réaction suivante :



La formule de l'aspartame est :



3.1. Recopier la formule de l'aspartame, puis entourer et nommer le groupe caractéristique créé lors de cette réaction.

3.2. Déduire de la formule de l'aspartame la formule de l'acide aspartique.

BTS BIOANALYSES ET CONTROLES		Session 2021
U22 – Sciences Physiques et Chimiques	Code : 21-BAE2PC	Page : 8/8