Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BTS BioAlc, veuillez visiter :
btsbioalc.fr/annales-sujets-et-corriges

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
BIOANALYSES ET CONTRÔLES

ÉPREUVE E2 - MATHÉMATIQUES ET SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

SOUS-ÉPREUVE U22 - SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

SESSION 2019

Durée : 2 heures

Coefficient : 3

Matériel autorisé :

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

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

S'il apparait 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 9 pages, numérotées de 1/9 à 9/9.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Différentes méthodes de stérilisation et de conservation sont utilisées dans le domaine de l'industrie, de la pharmaceutique et du monde médical. On analysera successivement deux méthodes physiques puis quelques aspects de deux méthodes chimiques.

On donne ci-dessous les constantes physico-chimiques ainsi que certaines relations entre grandeurs physiques. Elles sont valables dans les unités du système international.

Données

Constantes fondamentales

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00\times10^{8}$ m·s^{-1}

Constante de Planck : $\hbar = 6{,}63\times10^{-34}$ J·s

Accélération de la pesanteur : $g = 9{,}81$ N·kg^{-1}

Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02\times10^{23}$ mol^{-1}

Formulaire

λ : constante radioactive ; T : période radioactive ; A : activité ; N : nombre de noyaux

$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$ $\qquad A = \lambda \times N$

E : énergie du photon ; ν : fréquence

$E = \hbar \times \nu$

F : force pressante ; Δp : différence de pression entre le haut et le bas d'une colonne de liquide de hauteur h et de masse volumique ρ ; S : surface ; P : poids ; m : masse

$F = p \times S$ $\qquad \Delta p = \rho \times g \times h$ $\qquad P = m \times g$

Masse volumique de l'eau de mer

$\rho = 1\,030$ kg·m^{-3}

Correspondances entre unités

1 MeV = $1{,}61\times10^{-13}$ J ; 1 bar = 10^{5} Pa

Numéros atomiques

$Z_H = 1$ $\quad Z_C = 6$ $\quad Z_N = 7$ $\quad Z_{Br} = 35$

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Partie 1 - Stérilisation par irradiation (9 points)

Document 1 :

À faible dose, l'irradiation sert à inhiber la germination (pommes de terre, oignons, ail, gingembre), à désinsectiser et déparasiter les céréales, les plantes légumineuses, les fruits frais et secs, les poissons et viandes, à ralentir le processus physiologique de décomposition des fruits et légumes frais.

À dose moyenne, l'ionisation par irradiation permet la prolongation de la conservation des poissons frais, des fraises, l'élimination des agents d'altération et des micro-organismes pathogènes sur les fruits de mer, les volailles et viandes (produits frais ou congelés). Elle permet également l'amélioration technique des aliments, par exemple l'augmentation du rendement en jus de raisin ou la diminution de la durée de cuisson des légumes déshydratés.

À forte dose, l'ionisation permet la stérilisation industrielle des viandes, volailles et fruits de mer, des aliments prêts à l'emploi, des rations hospitalières, et la décontamination de certains additifs et ingrédients alimentaires comme les épices, les gommes, les préparations d'enzymes. Ces techniques d'irradiation de produits de consommation peuvent être autorisées car, à l'issue de leur traitement, ces produits ne présentent aucune radioactivité artificielle ajoutée.

Source : *Site web de l'ASN, autorité de sécurité nucléaire.*

On donne ci-dessous un extrait du tableau périodique des éléments chimiques :

Nom de l'élément chimique	Manganèse	Fer	Cobalt	Nickel	Cuivre
Symbole	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
Numéro atomique	25	26	27	28	29

Le cobalt 60 cité dans le texte est un noyau radioactif émetteur β^- dont la période radioactive est d'environ 2000 jours.

Masse molaire du cobalt 60 : $M_{Co} = 60\ g \cdot mol^{-1}$

1.1. Préciser si ce type de stérilisation est dangereux du point de vue sanitaire. Argumenter à l'aide du document 1.

1.2. Écrire l'équation de la désintégration du cobalt 60.

1.3. Donner la définition de la période radioactive d'un élément.

1.4. Montrer que la valeur de la constante radioactive λ du cobalt 60 vaut 4×10^{-9} SI.

1.5. Donner la définition de l'activité A d'une source radioactive.

Les irradiateurs industriels utilisent des sources de cobalt 60 dont l'activité totale peut atteindre $2{,}5\times10^{17}$ Bq.

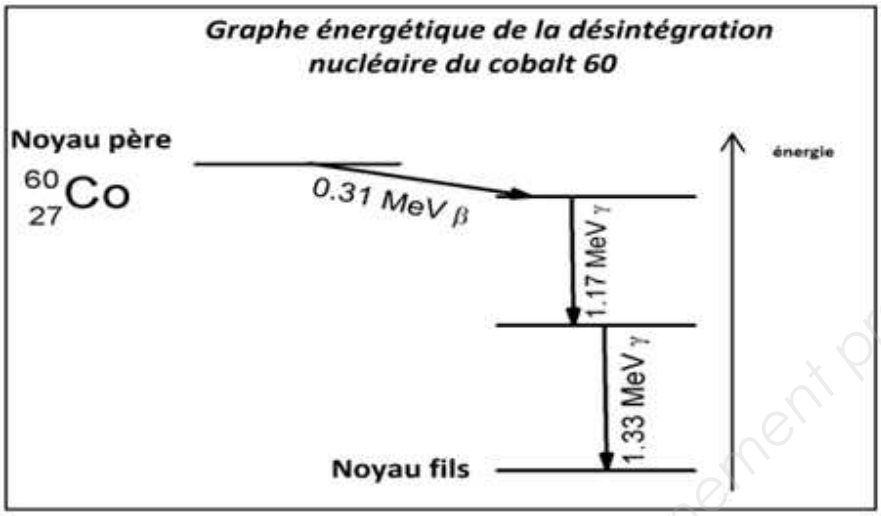
1.6. La source ayant une activité $A = 2{,}5\times10^{17}$ Bq, montrer que le nombre de noyaux la constituant est de 6×10^{25} noyaux.

1.7. Calculer la masse de cobalt contenue dans cette source.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

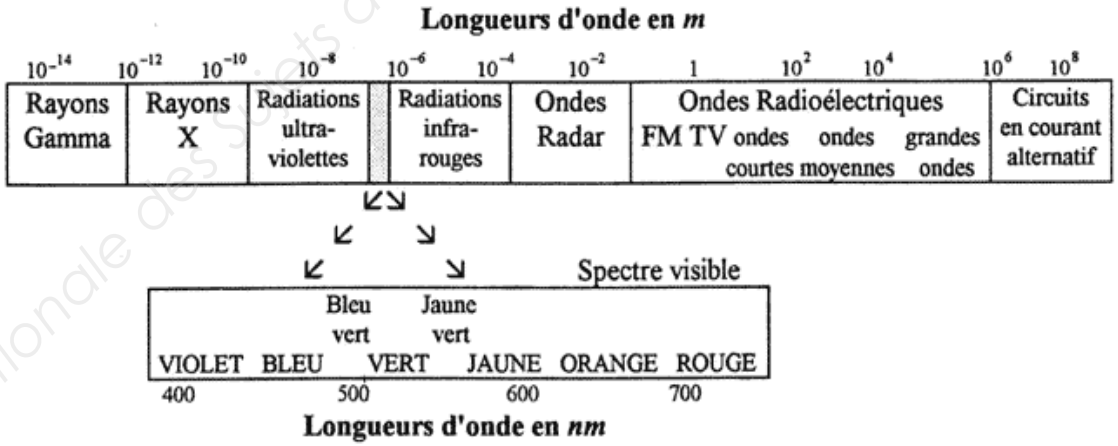
Document 2 :

Le schéma ci-dessous donne les énergies du rayonnement β émis, et des deux rayonnements γ (gamma) produits par le noyau fils lors de son retour à son niveau fondamental :



1.8. Déterminer la fréquence et la longueur d'onde du rayonnement le plus énergétique émis par le noyau fils lors de sa désexcitation.

Document 3 :



1.9. Justifier qu'il s'agit bien d'un rayonnement γ.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Partie 2 - Stérilisation par pascalisation (3,5 points)

La pascalisation est une technique consistant à soumettre des produits alimentaires à des pressions très élevées, de l'ordre de 6000 bar, soit 6 fois la pression rencontrée dans les profondeurs de l'océan (environ 10 km), dans le but d'améliorer leur conservation.

Ce traitement très haute pression, qui peut être opéré à température ambiante ou à basse température, maintient les qualités organoleptiques du produit d'origine. Il offre ainsi pour les produits sensibles à la chaleur une alternative intéressante aux traitements thermiques classiques.

Ce traitement n'est applicable que pour des produits conditionnés dans des emballages souples, seuls susceptibles de transmettre à leur contenu la pression subie. Ceux-ci sont disposés dans une enceinte pleine d'eau qui, après fermeture, est comprimée à l'aide d'une pompe. Ils y sont maintenus, une fois que la pression voulue est atteinte, de 3 à 5 min en général. La pression s'exerçant de façon uniforme, les aliments ainsi traités conservent leur forme originelle.

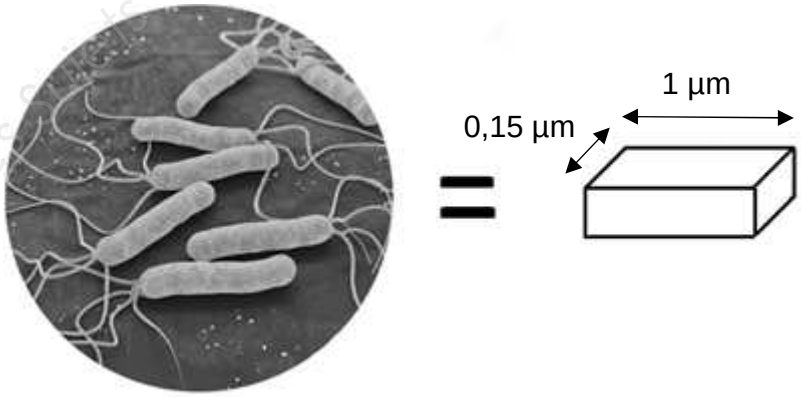
D'après http://genie-alimentaire.com/spip.php?article112

Les hautes pressions sont susceptibles de dégrader les structures physico-chimiques des micro-organismes, ce qui conduit à leur mort.

2.1. Identifier l'intérêt de la pascalisation par rapport aux traitements thermiques.

2.2 Retrouver par le calcul l'affirmation du texte : « *des pressions très élevées, de l'ordre de 6 000 bar, soit 6 fois la pression rencontrée dans les profondeurs de l'océan (environ 10 km) ».*

2.3. Dans le cadre d'une modélisation simpliste, on assimile une bactérie (ici Helicobacter Pylori) à un parallélépipède :



Calculer la force exercée sur la paroi supérieure de la bactérie lorsqu'elle est soumise à une pression de 6 000 bar.

2.4. Déterminer la masse hypothétique qu'il faudrait déposer sur la bactérie pour exercer la même force. Comparer le résultat obtenu avec la masse d'une bactérie qui est de l'ordre de 10^{-11} mg.

Base Nationale des sujets d'examen de l'enseignement professionnel

Partie 3 - Stérilisation à l'oxyde d'éthylène (10 points)

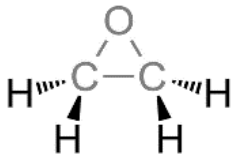
Document 4 :

La méthode chimique de stérilisation au gaz la plus couramment utilisée est celle à l'oxyde d'éthylène. Ce dernier joue le rôle d'un agent d'alkylation conduisant à des « adduits » de l'ADN et des protéines qui les rendent incompatibles avec leurs fonctions biologiques, ce qui conduit à la mort de l'organisme.

Ce gaz est souvent utilisé pour stériliser les instruments chirurgicaux, gants, seringues en plastique, aiguilles jetables, ensembles de tubes, et appareils de dialyse. Les temps de stérilisation varient entre 2 et 6 heures à une température de 55 °C.

D'après http://certoclav.com/fr/support/science/show/methodes-de-sterilisation-physiques-et-chimiques.html

L'oxyde d'éthylène est une molécule cyclique représentée ci-dessous :

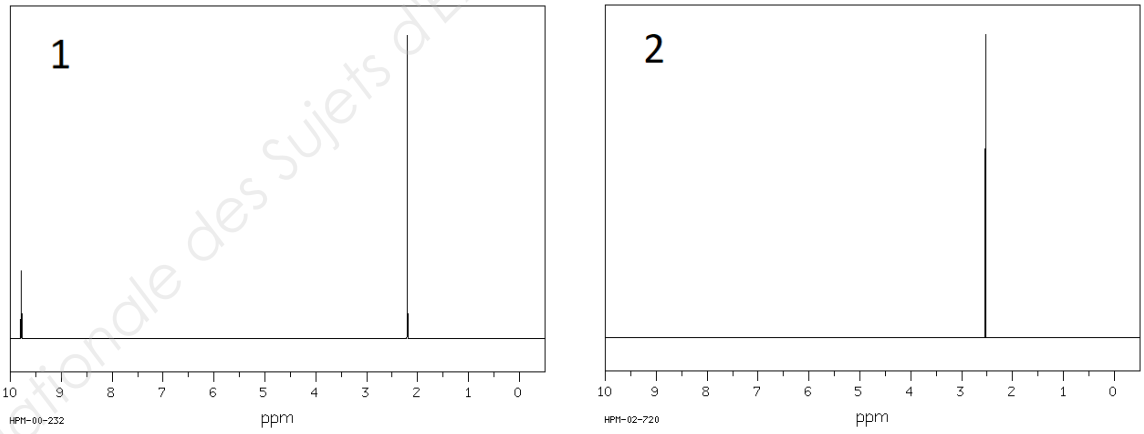


3.1. Écrire la formule semi-développée de deux isomères de l'oxyde d'éthylène.

3.2. Entourer sur chacun d'eux le groupe caractéristique et nommer la fonction chimique correspondante.

3.3. On donne deux spectres de RMN ^1H de deux isomères de formule brute C_2H_4O. Identifier celui qui correspond à l'oxyde d'éthylène. Expliquer le raisonnement.

Remarque : il n'est pas attendu ici d'exploiter les valeurs des déplacements chimiques.



D'après https://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/cre_search.cgi

L'oxyde d'éthylène est obtenu par oxydation de l'éthène (nommé aussi éthylène) selon l'équation :

$2\ C_2H_4 + O_2 \rightarrow 2\ C_2H_4O$ où toutes les espèces chimiques sont gazeuses.

La réaction se fait sur un catalyseur à base d'argent, à une température de l'ordre de 220 °C sous une pression de 25 bar. Le rendement de cette synthèse est de l'ordre de 75 %.

L'enthalpie standard de cette réaction est de $\Delta_r H^0 = -4\times10^2$ kJ·mol^{-1}

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

3.4. Interpréter le signe de $\Delta_r H^0$.

3.5. En utilisant la loi de Van't Hoff, expliquer si le rendement de cette synthèse peut être amélioré en augmentant la température.

3.6. Donner la définition d'un catalyseur.

3.7. Indiquer si la présence d'un catalyseur peut changer le signe de l'enthalpie libre standard de réaction $\Delta_r G^0$. Justifier.

3.8. Préciser le signe attendu pour l'entropie standard de réaction $\Delta_r S^0$. Justifier.

Document 5 :

Dans le corps humain, l'oxyde d'éthylène se répartit rapidement et plutôt uniformément dans l'organisme. Il peut donc théoriquement atteindre n'importe quel tissu et y exercer ses propriétés alkylantes. Il peut s'additionner à des protéines comme l'hémoglobine par alkylation de l'azote situé sur la valine terminale d'une des globines selon le schéma suivant :

Adduit de l'hémoglobine :
N-hydroxyéthylvalineglobine

On peut ainsi suivre l'exposition d'une personne à ce gaz toxique en dosant cet adduit, par exemple par chromatographie en phase gazeuse.

3.9. Expliquer pourquoi l'oxyde d'éthylène est électrophile.

3.10. Indiquer en quoi la structure de l'atome d'azote permet l'alkylation d'une amine.

Il existe cependant des voies de métabolisation permettant d'éliminer l'oxyde d'éthylène avant qu'il ne produise les adduits toxiques. Par exemple, celle faisant intervenir l'époxyde hydrolase transforme l'oxyde d'éthylène en un diol symétrique par hydratation et ouverture du cycle. Ce diol sera ensuite transformé en un diacide symétrique qui sera éliminé dans les urines.

3.11. Écrire la formule semi-développée des deux produits issus du métabolisme de l'oxyde d'éthylène.

3.12. Proposer une interprétation de la solubilité élevée du diacide dans les urines.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Partie 4 – Le formaldéhyde comme conservateur (7,5 points)

Document 6 :

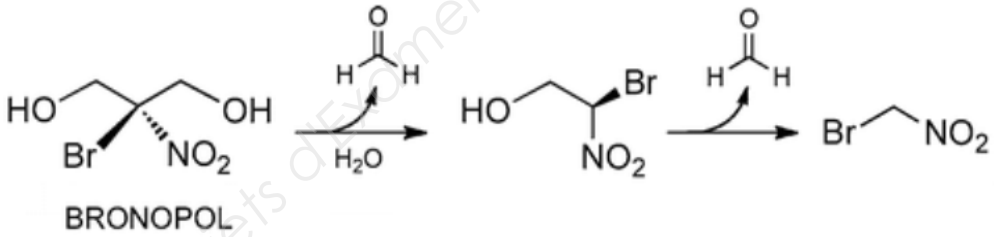
Le méthanal HCHO ou formaldéhyde est une substance chimique qui a été longtemps librement utilisée en cosmétique en tant qu'agent conservateur sous forme de solution aqueuse (formol).

Reconnu aujourd'hui fort allergène, il fait l'objet de bon nombre de restrictions et d'interdictions dans les produits cosmétiques selon la réglementation cosmétique en vigueur. Tout produit cosmétique dont la teneur massique en formaldéhyde dépasse 0,05 % doit faire apparaître sur son étiquetage la mention «contient du formaldéhyde». La teneur maximale est de 0,2 % sauf pour les produits d'hygiène buccale où elle est de 0,1 %.

De ce fait, une attention particulière doit être apportée sur les produits finis contenant des systèmes conservateurs appelés « libérateurs de formaldéhyde » et sur les matériaux d'emballage en contact avec la formule (packaging) et qui peuvent contenir le formaldéhyde.

D'après http://www.intertek-france.com/chimie/analyses-dosage-formaldehyde/

Un des libérateurs de formaldéhyde mentionné est le bronopol (masse molaire égale à 200 g/mol) qui libère du formaldéhyde selon le processus suivant :



BRONOPOL

4.1. Indiquer le nom du bronopol en nomenclature officielle.

4.2. Recopier la formule topologique du produit intermédiaire de cette chaîne (2-bromo-2-nitroéthanol) et indiquer par un astérisque la position de l'atome de carbone asymétrique.

4.3. Donner la configuration absolue (R ou S) de l'énantiomère représenté ci-dessus. Justifier.

On souhaite maintenant vérifier la concentration en formaldéhyde d'un gel douche. On réalise un dosage d'oxydoréduction par l'ion hypoiodite IO^-. Le protocole expérimental exact n'est pas détaillé ici.

Il fait intervenir les couples IO^- / I^- et $HCOO^-$ / HCHO.

4.4. Écrire les demi-équations d'oxydoréduction puis l'équation de la réaction de dosage entre le formaldéhyde et l'ion hypoiodite.

Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

On prélève 10 g de ce gel douche qui sont dilués dans 100 mL d'eau distillée puis dosés par une solution d'ions hypoiodite de concentration c = 0,18 $mol \cdot L^{-1}$. L'équivalence est obtenue pour un volume d'ion hypoiodite V_E = 12,9 mL.

4.5. La masse molaire du formaldéhyde est de 30,0 $g \cdot mol^{-1}$. Calculer le pourcentage massique de formaldéhyde contenu dans ce gel douche en exploitant les résultats du dosage.

4.6. Vérifier si ce gel douche respecte la législation.

4.7. On admettra que la totalité du formaldéhyde présent dans le gel douche provient du bronopol. Calculer la masse maximale de bronopol pouvant être introduite dans la formulation de 250 g de gel douche pour respecter la norme.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.