BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 heures 30
Coefficient : 6

L'usage de la calculatrice est autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Obligatoire

Le sujet comporte trois exercices présentés sur 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11, y compris celle-ci.

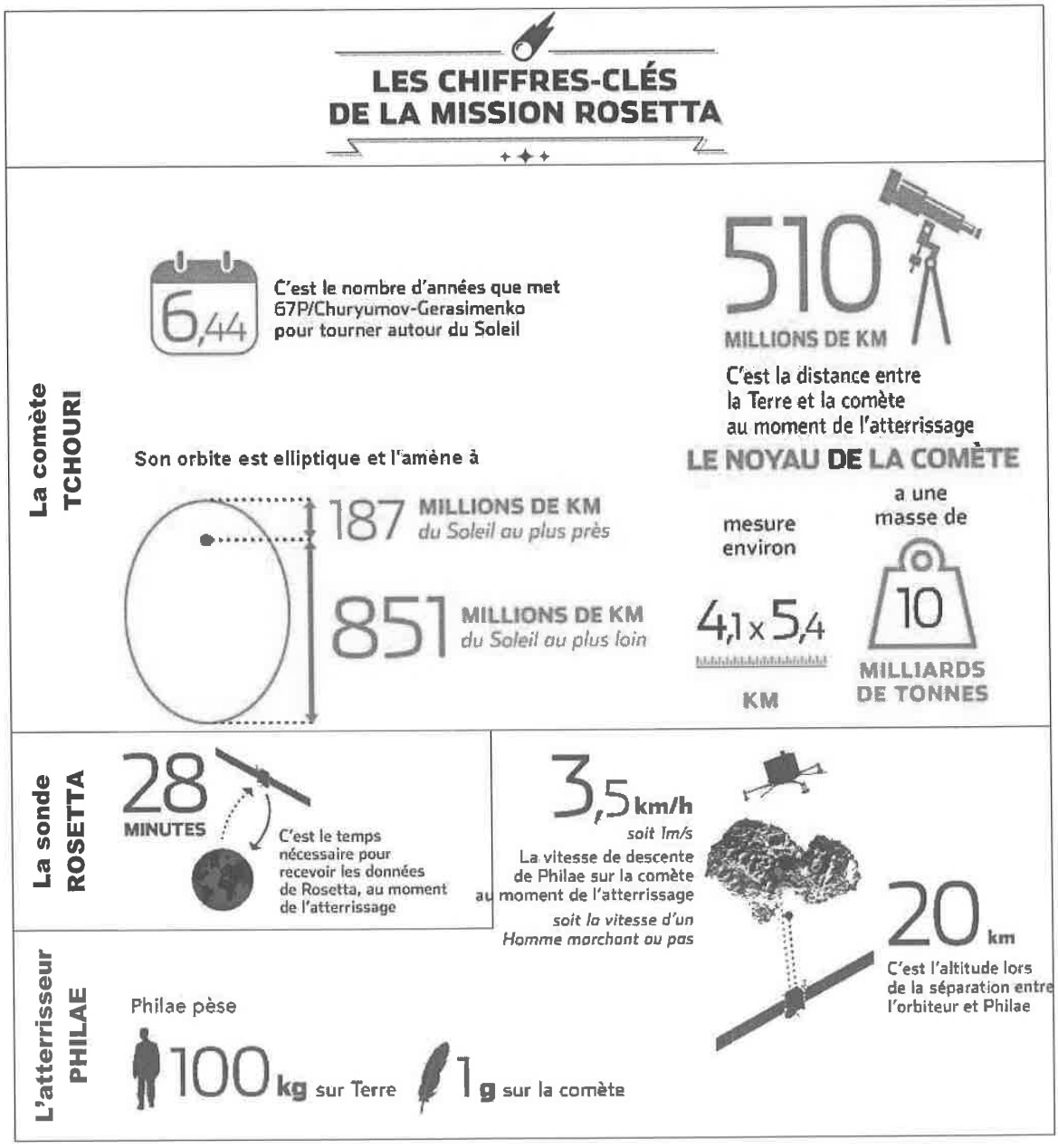
Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

La page d'annexe 11 EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE même si elle n'a pas été complétée

EXERCICE I. LES ACTEURS DE LA MISSION ROSETTA (6 points)

En 2004, la sonde européenne Rosetta a quitté la Terre pour un voyage long de 10 ans. Sa destination ? La comète 67P/Churyumov-Gerasimenko, surnommée Tchouri, dont elle s'est approchée au cours de l'année 2014. Une fois à proximité de cette dernière, Rosetta a entamé ses observations en juillet 2014. Puis, en novembre 2014, la sonde a largué Philae, un atterrisseur qui est venu se poser à la surface de la comète. La mission de Philae consiste à analyser la comète sous tous ses aspects : composition du sol, propriétés physiques, niveau d'activité. Ces mesures, d'une durée de 18 mois au moins, permettront de mieux comprendre les processus qui ont mené à la formation du système solaire. En effet, les comètes se sont formées en même temps que le système solaire, il y a 4,5 milliards d'années, bien avant les planètes. Leur étude est donc l'occasion de mieux comprendre la situation qui prévalait lorsque notre système solaire est né.

D'après https://rosetta.cnes.fr



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

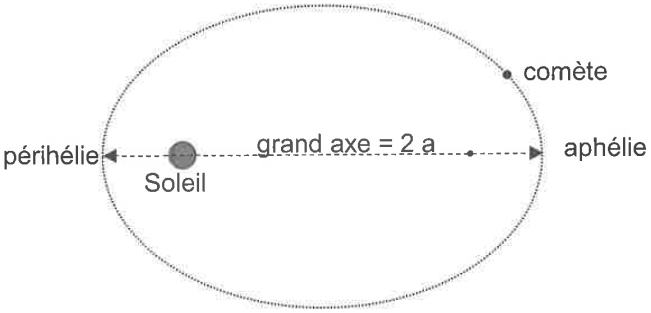
Partie A : La trajectoire de la comète et l'atterrissage de Philaé

Données :

- masse du soleil : $M_S = 2{,}00\times 10^{30}$ kg ;
- constante de gravitation : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ N.m² kg^{-2} ;
- intensité de pesanteur sur Terre : $g_T = 10$ m.s^{-2} ;
- célérité de la lumière : $c = 3{,}00\times10^{8}$ m.s^{-1};
- 1 octet = 8 bits ; 1 Go = 10^9 octets.

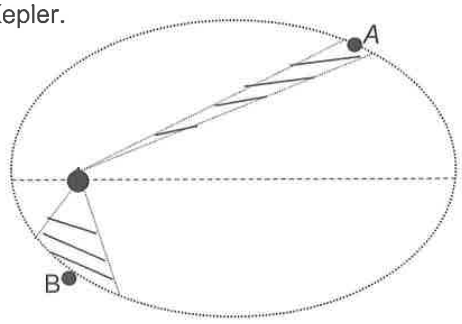
1. On suppose que la comète parcourt une trajectoire elliptique autour du Soleil.

1.1. En utilisant une des lois de Kepler, préciser la position du Soleil représentée sur le schéma ci-dessous.



1.2. Quelle est la valeur du demi-grand axe *a* de l'ellipse de la trajectoire de la comète Tchouri ?

1.3. En vous appuyant sur le schéma habituellement proposé, comme celui représenté ci-dessous, énoncer la deuxième loi de Kepler.



1.4. La vitesse de la comète est-elle plus grande en A ou en B ? Justifier.

2. La troisième loi de Kepler a pour expression :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G.M}$$

où | *a* est le demi-grand axe de l'ellipse correspondant à la trajectoire ;
M est la masse de l'astre attracteur ;
T est la période de révolution de la comète.

Retrouver la valeur de la période de révolution *T* de la comète autour du Soleil.

3. On s'intéresse maintenant à l'atterrisseur Philaé qui s'est posé sur la comète. On assimile la comète à une sphère de rayon 2,5 km.

3.1. Donner l'expression de la force gravitationnelle exercée par la comète sur Philaé, quand l'atterrisseur est à la surface de la comète.

3.2. En supposant que cette force est égale au poids de Philaé sur la comète, déterminer la valeur de l'intensité de pesanteur g_C sur la comète.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

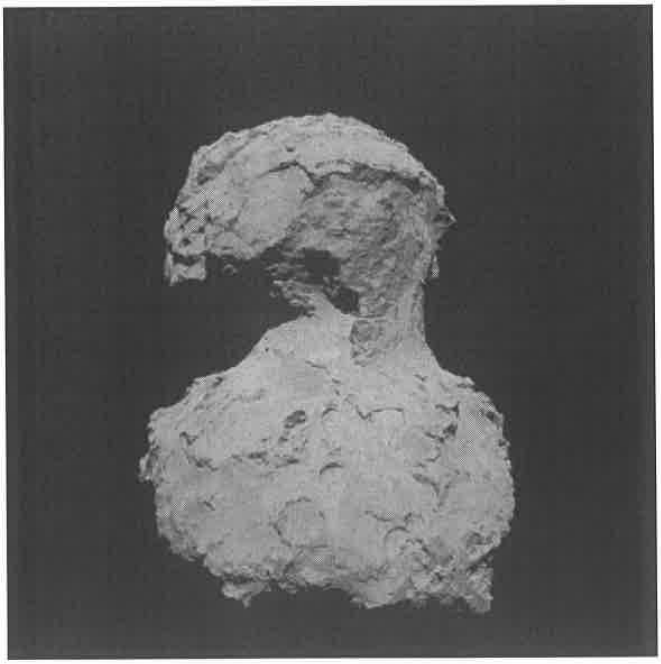
3.3. Expliquer et apporter une correction scientifique à la phrase du document : « Philaé pèse 100 kg sur Terre et 1 g sur la comète ».

4. En faisant l'hypothèse que la vitesse de Philaé reste constante, lors de sa descente sur la comète, estimer la valeur de la durée de la phase d'atterrissage de Philaé.

Partie B : Communications entre Rosetta et la Terre

Les communications entre Rosetta et la Terre se font par transmission de signaux. Le signal étudié dans cet exercice a pour fréquence d'émission 8,4 GHz. Son débit de transmission est compris entre 5 et 20 kilobits par seconde. La station de New Norcia, construite en Australie par l'Agence spatiale européenne pour communiquer notamment avec Rosetta, n'est visible que 12 heures par jour par la sonde Rosetta. Durant les périodes où le signal ne peut être reçu, Rosetta stocke les données recueillies dans une mémoire de masse de 25 Go, puis les retransmet lorsque la fenêtre de communication le permet.

Voici une photographie en noir et blanc de la surface de la comète, prise le 22 août 2014 par le système d'imagerie NavCam de Rosetta, lorsque la sonde était située à 64,5 km du centre de la comète. Cette image représente un carré de 7,4 km de côté et possède une définition de 1024 × 1024 pixels, chaque pixel étant codé par 1 octet.



Crédits : ESA/Rosetta/NAVCAM

1. Quelle est la nature du signal transmis entre la sonde Rosetta et la Terre ?

2. La durée nécessaire pour recevoir les données de Rosetta sur Terre est-elle en accord avec la position de Rosetta par rapport à la Terre au moment de l'atterrissage ?

3. Est-il possible de distinguer un détail de 1 m sur la comète à partir de la photographie ?

4. Cette photographie permet-elle de retrouver les dimensions de la comète ?

5. Quelle est la taille numérique, notée *TN*, exprimée en kilooctet de cette photographie ?

6. Lorsque le débit de transmission vaut $D_t = 12$ kilobits par seconde, quelle est la durée de la transmission de la photographie considérée ?

7. Combien de photographies prises par la NavCam, la mémoire de masse peut-elle stocker ?

EXERCICE II. LA TYROSINE (9 points)

Les protéines, assemblage tridimensionnel d'acides aminés, sont omniprésentes dans notre organisme. Elles assurent une multitude de fonctions biologiques. La synthèse de ces macromolécules est réalisée « in vivo » (dans l'organisme) mais aussi « in vitro » (au laboratoire). Dans le corps humain, vingt acides aminés différents participent à l'élaboration des protéines. Parmi eux, on trouve la tyrosine.

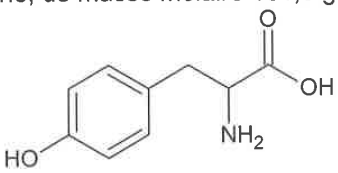
La tyrosine est présente dans de nombreux aliments (amande, avocat, banane, graine de citrouille, fève de Lima, etc…).

Elle peut être consommée en compléments alimentaires sous forme de gélules (photo ci-contre) pour lutter contre le stress et l'anxiété.



Étiquette d'un flacon de gélules de tyrosine

La formule topologique de la tyrosine, de masse molaire 181,0 g.mol^{-1}, est donnée ci-dessous :

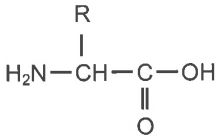


1. Étude de la molécule de tyrosine

1.1. Recopier la formule de la molécule de tyrosine. Entourer les groupes caractéristiques présents. Justifier la famille de composés à laquelle elle appartient.

1.2. La L-tyrosine est un stéréoisomère de la tyrosine. Justifier que la molécule de tyrosine possède des stéréoisomères.

1.3. En utilisant la formule simplifiée de la tyrosine représentée ci-dessous, donner en représentation de Cram les stéréoisomères de la tyrosine.



2. Étude de la première étape de la synthèse de la L- tyrosine au laboratoire

L'équation de la réaction de la première étape de la synthèse de la L-Tyrosine est la suivante :



aniline — chlorure d'éthanoyle — acétanilide

On réalise cette première étape au laboratoire en faisant réagir 10,0 mL d'aniline avec un excès de chlorure d'éthanoyle.

La masse d'acétanilide obtenue est alors de 11,2 g.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Données :

- Données physicochimiques :

Espèce chimique	Aniline	Chlorure d'éthanoyle	Acétanilide
Masse molaire ($g.mol^{-1}$)	93,0	78,5	135,0
Température d'ébullition (°C)	184	51	304
Température de fusion (°C)	- 6	- 112	114

- Masse volumique de l'aniline : ρ = 1,02 $g.mL^{-1}$.
- Électronégativité de quelques éléments :

Élément chimique	N	H	C	O	Cl
Électronégativité	3,0	2,2	2,6	3,4	3,2

- Table des données IR :

Liaison	σ (cm^{-1})	Intensité
O–H alcool libre	3580-3670	Forte ; large
N–H amine primaire (R–NH_2)	3100-3500	2 bandes moyennes ; fines
N–H amide	3100-3500	Moyenne ; fine
C=O ester	1700-1740	Forte ; fine
C=O acide	1680-1710	Forte ; fine
C=O amide	1650-1700	Forte ; fine
N–H amine primaire	1610-1630	Forte ; fine

2.1. Aspect macroscopique de la première étape de la synthèse

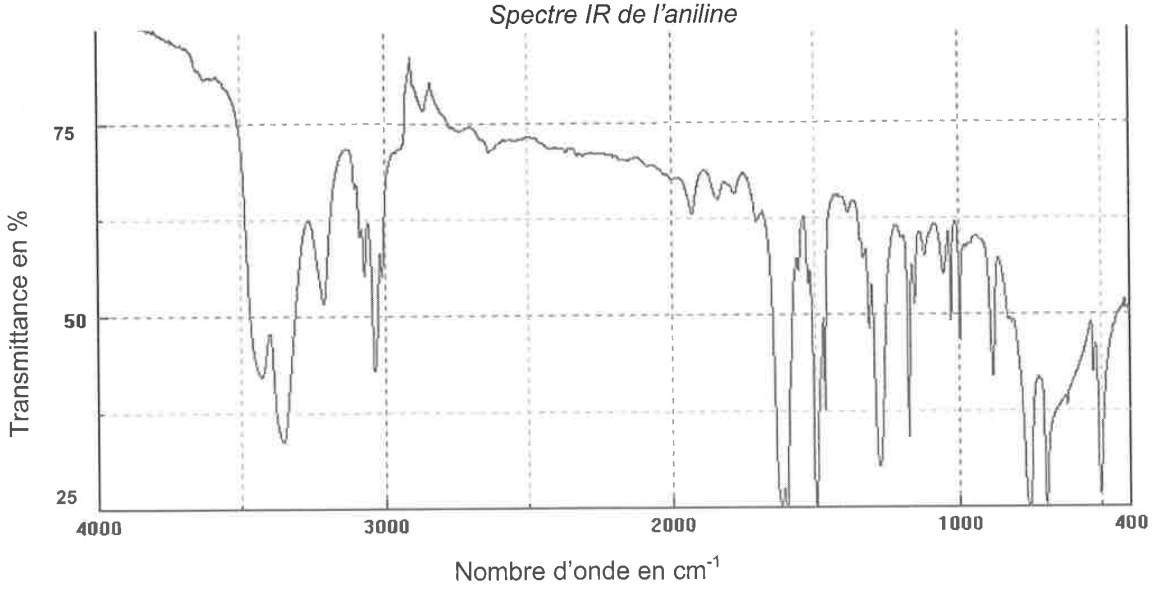
2.1.1. Indiquer la catégorie de la réaction correspondant à la première étape de la synthèse de la L-tyrosine.

2.1.2. À partir de l'état physique des espèces mises en jeu dans la réaction, proposer une méthode expérimentale pour récupérer l'acétanilide du milieu réactionnel.

2.1.3. À l'issue de la première étape, on réalise les spectres IR de l'aniline et du produit obtenu.

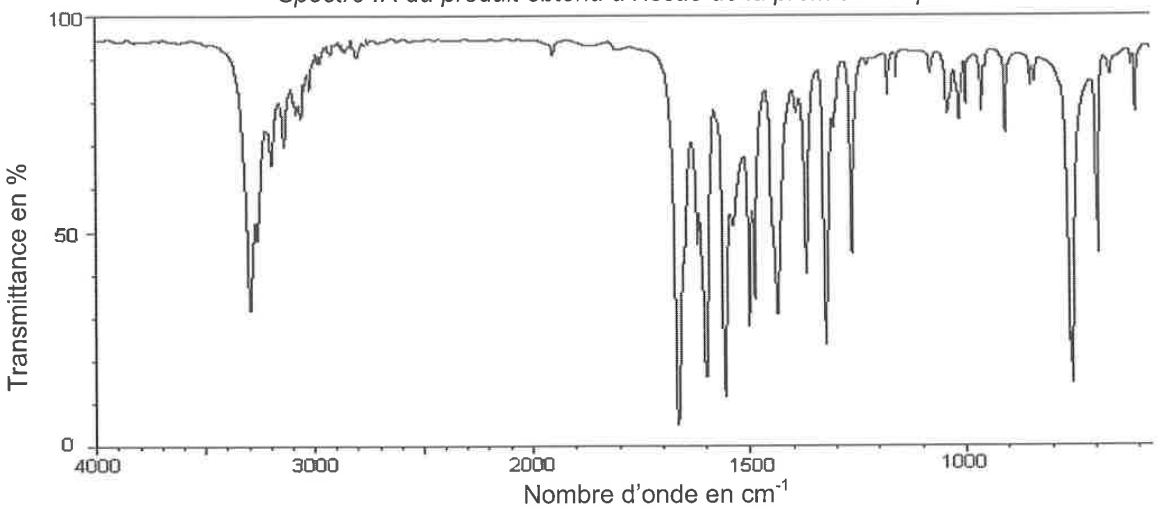
Montrer que l'aniline a bien été transformée intégralement en acétanilide.

Spectre IR de l'aniline



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Spectre IR du produit obtenu à l'issue de la première étape



2.1.4. Montrer que le rendement de cette première étape, noté *r*, est de l'ordre de 75 %. Proposer une explication expérimentale pour rendre compte d'une valeur de rendement inférieure à 100 %.

2.2. Aspect microscopique de la première étape de la synthèse

2.2.1. Sur la 1ère étape du mécanisme réactionnel de la synthèse proposé sur le document réponse 1, en annexe **à rendre avec la copie**, repérer en les entourant le site donneur et le site accepteur de doublets d'électrons qui interviennent dans cette étape.

2.2.2. Compléter cette étape par des flèches courbes. Qu'indiquent ces flèches ?

3. Contrôle de qualité d'une gélule de L-tyrosine

L'étiquette mentionne des gélules de L-tyrosine contenant 500 mg de principe actif. On désire vérifier cette information par un dosage spectrophotométrique.

Protocole expérimental suivi :

- Dissoudre totalement une gélule de L-tyrosine dans un volume de 2,00 L d'eau. La solution obtenue est notée S.
- Préparer une solution aqueuse de L-tyrosine de concentration $c_0 = 2{,}5 \times 10^{-3}$ mol.L^{-1} à partir d'un flacon de produit pur du laboratoire. Cette solution est notée S_0.
- À partir de la solution mère S_0, préparer quatre solutions filles dont les concentrations sont fournies dans le tableau suivant :

Solution fille	S_1	S_2	S_3	S_4
c (mol.L^{-1})	$5{,}0 \times 10^{-4}$	$1{,}0 \times 10^{-3}$	$1{,}5 \times 10^{-3}$	$2{,}0 \times 10^{-3}$

- Mesurer l'absorbance de chaque solution et tracer le graphe $A = f(c)$.
- Mesurer l'absorbance de la solution S.

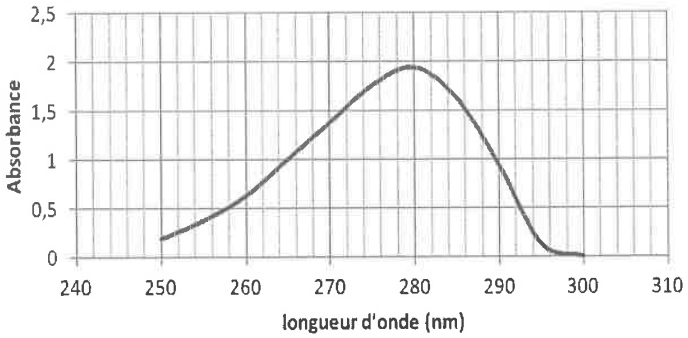
Résultats expérimentaux :

La courbe d'étalonnage obtenue est représentée sur le document réponse 2, en annexe **à rendre avec la copie**.

La mesure de l'absorbance de la solution S est $A = 1$.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Donnée : spectre d'absorption UV visible d'une solution aqueuse de L-tyrosine à pH = 7



Aucune absorbance n'est observée dans un autre domaine de longueur d'onde.

3.1. Quels réglages faut-il effectuer sur le spectrophotomètre pour réaliser le contrôle qualité ?

3.2. Déterminer le volume de solution mère à prélever pour préparer 100,0 mL de solution S_1. Nommer la verrerie utilisée pour préparer cette solution.

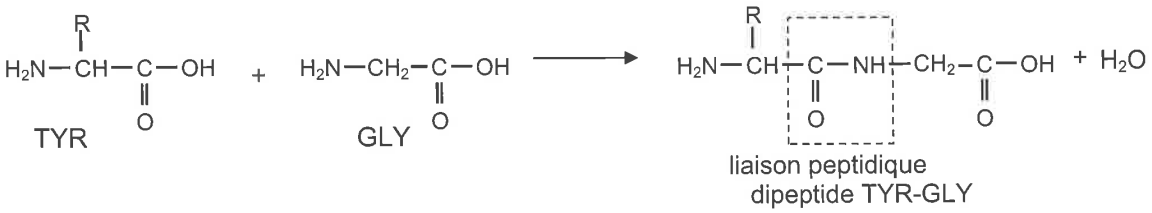
3.3. La teneur en L-tyrosine de la gélule est-elle conforme à l'indication de l'étiquette du médicament ?

Tout élément de la démarche sera valorisé même si celle-ci n'aboutit pas.

4. De la tyrosine à une protéine

La tyrosine (TYR) entre dans la composition de protéines appartenant à la famille des endorphines. Ces composés sont sécrétés, par exemple, lors d'activités physiques intenses. Ils possèdent des capacités à éliminer la sensation de douleur et à procurer une sensation de bien-être.

Une première liaison peptidique est créée par réaction de condensation entre la tyrosine et un autre acide aminé, la glycine (GLY) afin de former dans un premier temps, un dipeptide TYR-GLY suivant l'équation générale :



4.1. Sans aucune précaution particulière prise lors de cette synthèse, combien de dipeptides différents peut-on obtenir à partir de la tyrosine et de la glycine ? Utiliser une notation du type TYR-GLY pour rédiger votre argumentation.

4.2. La stratégie adoptée pour la synthèse peptidique utilise la protection et la déprotection de fonctions. Proposer, en quelques phrases, une stratégie qui permette de synthétiser uniquement le dipeptide TYR-GLY.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III. OBSERVER L'ESPACE AVEC LE TÉLESCOPE HUBBLE (5 points)

Le site du télescope Hubble a publié, en juin 2014, une nouvelle image issue du projet « Hubble Ultra Deep Field ».

Le but de cet exercice est d'étudier un article de presse paru dans un quotidien.

Article de presse : Hubble dévoile la photo la plus colorée de l'Univers

L'image [...] est un assemblage de 841 photos prises entre 2003 et 2012, ciblant un point précis de notre Univers, au sud de la constellation du Fourneau. Elle affiche plus de 10 000 galaxies [...].

Des premières versions de cette image avaient déjà été publiées, d'abord en 2004, puis en 2009. Elles présentaient alors ces 10 000 galaxies grâce à l'enregistrement de leur lumière visible et de leurs rayons infrarouges. Depuis, Hubble a pu prendre d'autres photos incluant la captation des rayonnements ultraviolets, grâce à la caméra Wide Field Camera 3 installée en 2009 [...].



Image publiée en 2009



Image publiée en 2014

Alors que l'enregistrement de la lumière infrarouge avait pu permettre d'observer des objets célestes qui se sont créés très tôt dans l'histoire de l'Univers, environ 600 millions d'années après le Big Bang, celui des signaux ultraviolets permet d'ajouter aux données de cette image la lumière de corps célestes présents dans ces galaxies qui existaient sur une période allant de 5 à 10 milliards d'années (soit le temps mis par les rayonnements ultraviolets émanant de ces étoiles pour parvenir jusqu'à l'objectif de Hubble).

Les rayonnements ultraviolets émanent principalement des étoiles les plus larges, chaudes et jeunes qui se forment dans les galaxies après la création de ces dernières.

D'après un article du journal Le Monde

Données :

- la valeur de la célérité de la lumière dans le vide est supposée connue ;
- constante de Planck : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s ;
- loi de Wien : la température absolue T d'une source de rayonnement électromagnétique est inversement proportionnelle à la longueur d'onde λ_{max} pour laquelle son rayonnement émis est le plus intense :

$$\lambda_{max} \cdot T = 2{,}90 \times 10^{-3} \text{ (SI)} \qquad (\lambda_{max} \text{ et } T \text{ exprimés en unité SI}).$$

- **rayonnements électromagnétiques et atmosphère terrestre**

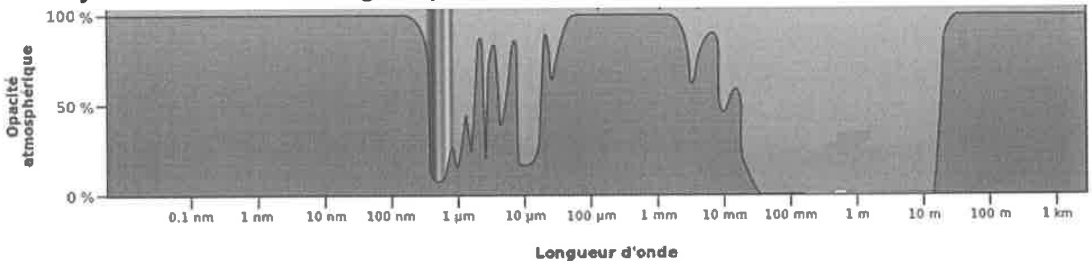


Image originale de la NASA, reprise par fr.wikipedia.org

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

- **Le décalage spectral**

En raison de l'expansion de l'Univers, les galaxies semblent s'éloigner de la Terre. Cette vitesse apparente des galaxies est d'autant plus grande que celles-ci se trouvent éloignées de la Terre.

Une des conséquences est que le rayonnement électromagnétique provenant d'un objet astronomique n'a pas le même spectre lorsque celui-ci est observé dans le référentiel de la Terre ou dans celui de la source : le spectre observé depuis la Terre est décalé vers des plus grandes longueurs d'onde.

On peut caractériser ce décalage par une grandeur notée z (le redshift) proportionnelle à la vitesse d'éloignement et définie par la relation :

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

λ : longueur d'onde du rayonnement capté par le récepteur

λ_0 : longueur d'onde du rayonnement émis par la source

1. Quelles sont les informations supplémentaires apportées par l'interprétation des images obtenues en 2014 ?

2. Les derniers filtres ajoutés au télescope Hubble permettent de capter des photons dont l'énergie est comprise entre $5{,}92 \times 10^{-19}$ J et $1{,}32 \times 10^{-18}$ J. Vérifier que ces filtres permettent de capter des photons correspondant au rayonnement ultraviolet dont le domaine de longueur d'onde est compris entre 10 nm et 400 nm.

3. L'image réalisée en 2014 aurait-elle pu être obtenue par un télescope situé sur Terre ?

4. Comment est modifiée la lumière perçue sur Terre par rapport à la lumière émise par l'étoile, en fonction de leur mouvement relatif ?

5. Quel phénomène est associé à cette modification ? Donner un exemple de ce type de phénomène observable sur Terre.

6. La plus vieille galaxie repérée à ce jour grâce au télescope Hubble se situe à environ 10 milliards d'années-lumière de la Terre. Son décalage spectral (redshift) est de 7,6.

On considère une jeune étoile située dans cette galaxie et dont la température de surface est de 42 400 K.

6.1. L'intensité maximale du spectre électromagnétique de cette étoile sera-t-elle observée par le télescope Hubble dans le domaine de l'ultraviolet, de l'infrarouge ou du visible ?

Une démarche permettant la détermination de la longueur d'onde du rayonnement capté par le récepteur est attendue.

6.2. En déduire s'il est possible d'observer des étoiles jeunes dans des galaxies plus anciennes que 10 milliards d'années en utilisant le rayonnement ultraviolet.

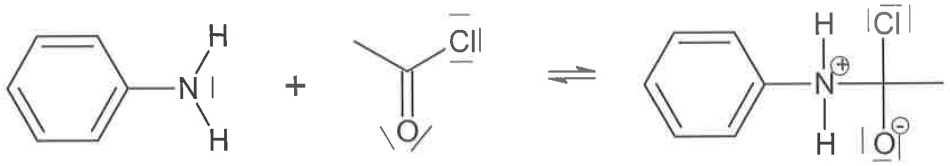
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

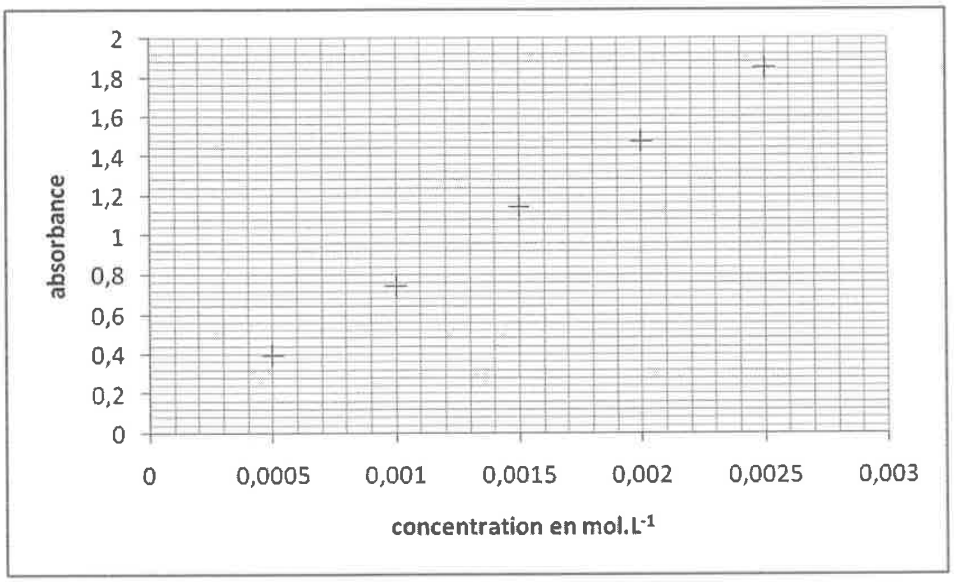
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE EXERCICE II À RENDRE AVEC LA COPIE

Document réponse 1 : Première étape du mécanisme de la synthèse de la tyrosine



Document réponse 2 : Courbe d'étalonnage de l'absorbance *A* en fonction des concentrations molaires des solutions de L-Tyrosine



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 11 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer