

## DEVOIR DE SCIENCES - PHYSIQUES N°3

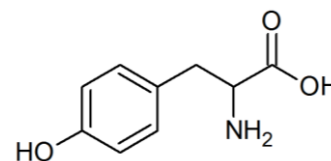
*Il sera tenu compte du soin apporté à la présentation et à la rédaction.  
Barème sur 40 points. Le sujet comporte 4 pages et 3 exercices : A, B et C.*

### A. LA TYROSINE (/15)

• 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 pour lutter contre le stress et l'anxiété.

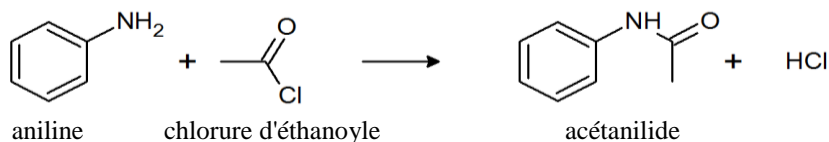


**Formule topologique  
de la tyrosine  
de masse molaire 181,0g.mol<sup>-1</sup>**

- Recopier la formule de la molécule de tyrosine.  
Entourer et nommer les groupes caractéristiques présents.

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

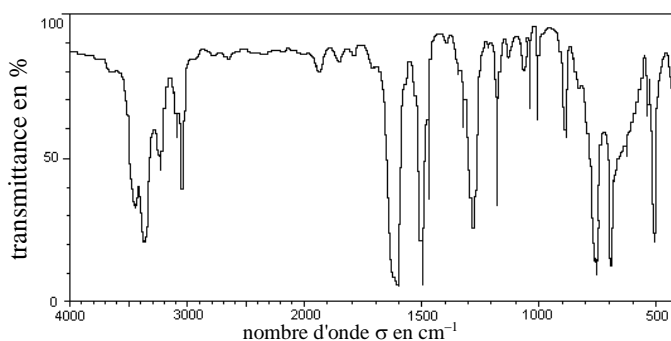
- L'équation de la réaction de la première étape de la synthèse de la L-tyrosine est la suivante :



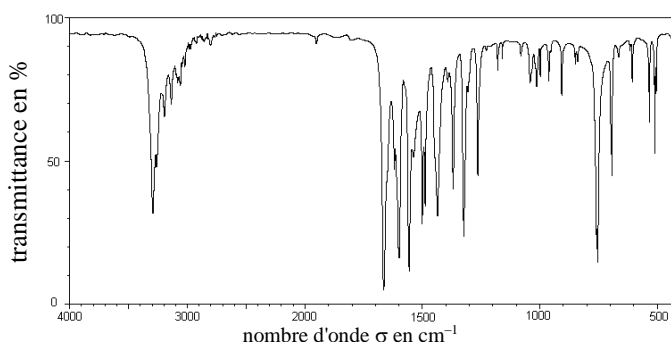
- Table des données IR :

| Liaison                                 | $\sigma$ (cm <sup>-1</sup> ) | Intensité                  |
|---|------------------------------|----------------------------|
| O-H alcool libre                        | 3580-3670                    | forte et large             |
| N-H amine primaire (R-NH <sub>2</sub> ) | 3100-3500                    | 2 bandes moyennes et fines |
| N-H amide                               | 3100-3500                    | moyenne et fine            |
| C=O ester                               | 1700-1740                    | forte et fine              |
| C=O acide                               | 1680-1710                    | forte et fine              |
| C=O amide                               | 1650-1700                    | forte et fine              |
| N-H amine primaire                      | 1610-1630                    | forte et fine              |

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



⇐ Spectre IR  
du produit obtenu  
à l'issue de la 1<sup>ère</sup> étape

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

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

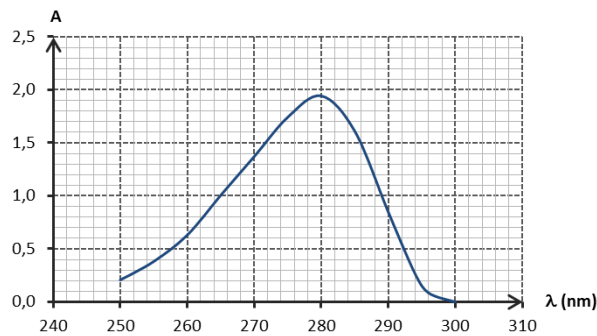
Protocole expérimental suivi :

- Dissoudre totalement une gélule de L-tyrosine dans un volume de 2,00L d'eau. La solution obtenue est notée S.
- Préparer une solution aqueuse de L-tyrosine de concentration  $c_0 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  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 5 solutions filles dont les concentrations sont fournies dans le tableau suivant :

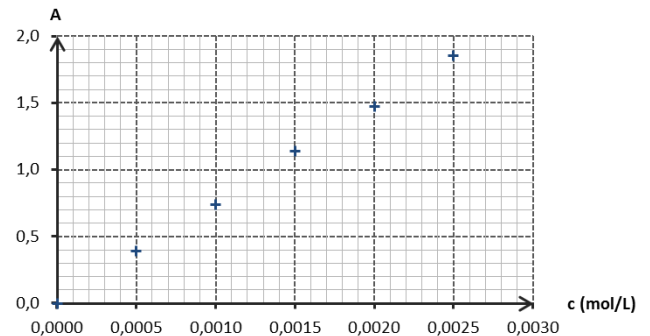
| Solution fille                  | $S_1$               | $S_2$               | $S_3$               | $S_4$               |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| $c \text{ (mol.L}^{-1}\text{)}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$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

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

Résultats expérimentaux :



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



↑ courbe d'étalonnage de l'absorbance A en fonction de la concentration en L-tyrosine

- La mesure de l'absorbance de la solution S est  $A = 1,0$ .
  - Aucune absorbance n'est observée dans un autre domaine de longueur d'onde.
- a. Quels réglages faut-il effectuer sur le spectrophotomètre pour réaliser le contrôle qualité ?
  - b. Déterminer le volume de solution mère à prélever pour préparer 100,0mL de solution  $S_1$ . Rédiger le protocole de cette dilution.
  - c. La teneur en L-tyrosine de la gélule est-elle conforme à l'indication de l'étiquette du médicament ?

**Donnée :** masse molaire de la tyrosine :  $M = 181,0 \text{ g.mol}^{-1}$

*Tout élément de la démarche sera valorisé même si celle-ci n'aboutit pas. Des constructions pourront être effectuées sur les courbes. Rendre le sujet avec la copie.*

## B. OBSERVER L'ESPACE AVEC LE TÉLÉSCOPE HUBBLE ( /12)

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.

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 milliard 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*

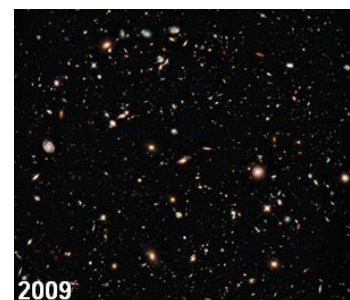


Image publiée en 2009

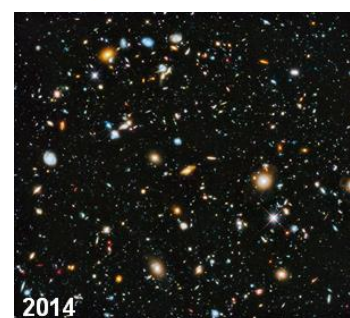


Image publiée en 2014

### Données :

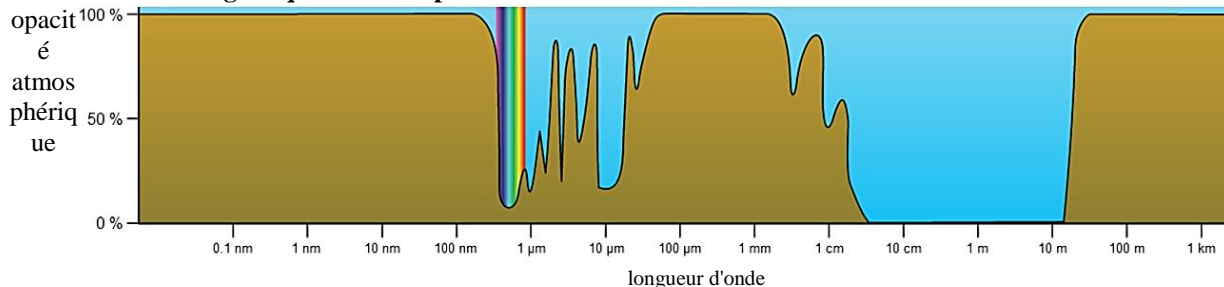
- la valeur de la célérité de la lumière dans le vide est supposée connue.
- **constante de Planck** :  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
- **énergie (J) d'un photon de fréquence  $\nu$  (Hz)** :  $E = h \cdot \nu$
- **loi de Wien** :

La température absolue  $T$  d'une source de rayonnement électromagnétique est inversement proportionnelle à la longueur d'onde  $\lambda_{\text{max}}$  pour laquelle son rayonnement émis est le plus intense :

$$\lambda_{\text{max}} \times T = 2,90 \cdot 10^{-3}$$

avec  $\lambda_{\text{max}}$  et  $T$  exprimés en unités du système international

### • Rayonnements électromagnétiques et atmosphère terrestre :



### • 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 :

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

$\lambda$  : longueur d'onde du rayonnement capté par le récepteur

$\lambda_0$  : 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  $5,92 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  et  $1,32 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ . 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 ?  
Citer le nom du phénomène physique associé à cette modification. Donner un exemple de ce type de phénomène observable sur Terre.
5. 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.
  - a. 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 valeur de la longueur d'onde du rayonnement capté par le récepteur est attendue.
  - b. 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.

## C. LES LIDAR « LIGHT DETECTION AND RANGING » ( /13)

Les LiDAR, acronyme de "Light Detection And Ranging" sont des systèmes de mesure à distance utilisant généralement les propriétés laser. On les utilise pour la télémétrie (distance Terre-Lune par exemple), la topographie (réalisation de cartes), les mesures de concentrations de gaz ou encore pour déterminer la vitesse des vents.

Données à 25°C :

| Célérité en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ | Dans l'air        | Dans l'eau        |
|--|-------------------|-------------------|
| onde sonore et ultrasonore :             | $3,40 \cdot 10^2$ | $1,48 \cdot 10^3$ |
| onde électromagnétique :                 | $3,00 \cdot 10^8$ | $2,26 \cdot 10^8$ |

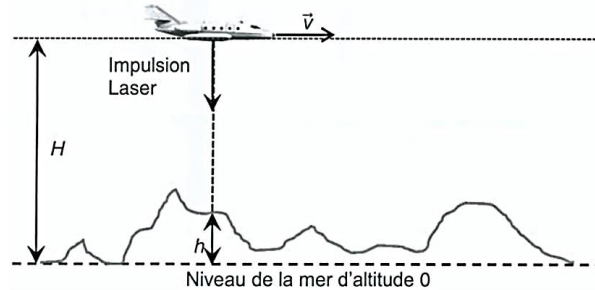
## I. Le LiDAR topographique ( /6,5)

Un **LiDAR topographique** envoie des impulsions laser de courte durée et de longueur d'onde  $\lambda = 1064\text{nm}$ .

Tout obstacle sur le trajet du faisceau va renvoyer une partie du rayonnement dans la direction du faisceau incident. La mesure de la durée de l'aller-retour de chaque impulsion permet alors de reconstituer numériquement l'espace environnant. Embarqué à bord d'un avion ou d'un satellite, le LiDAR topographique est un moyen de cartographier la Terre à distance avec une grande précision.

*D'après "La physique en applications" R. Carpentier et B. Depret*

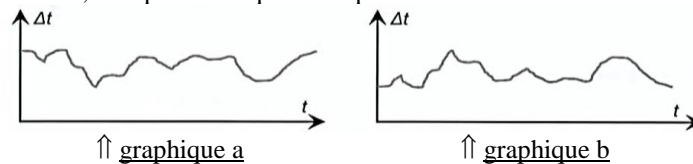
Sur la figure ci-dessous, l'avion embarquant le lidar topographique vole à une altitude  $H = 3,50\text{km}$  à la vitesse de  $450\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Sa position est déterminée par un GPS.



- En faisant l'hypothèse que la distance parcourue par l'avion pendant la durée  $\Delta t$  est négligeable par rapport à  $H$ , montrer que la durée  $\Delta t$  du trajet aller-retour de l'impulsion laser en fonction de  $H$ ,  $h$  et de la célérité de la lumière  $c$  est :

$$\Delta t = \frac{2(H-h)}{c}$$

- Parmi les deux graphiques ci-dessous, indiquer celui qui correspond à la situation étudiée. Justifier la réponse.



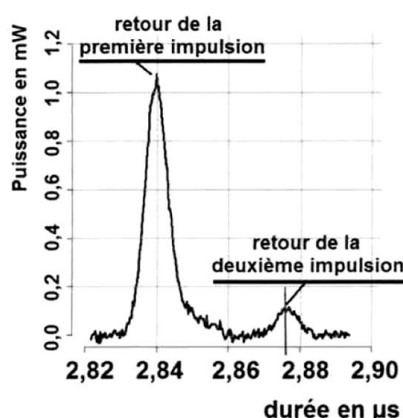
- Lors du survol du Puy de Dôme (volcan du centre de la France), on mesure  $\Delta t = 13,6\mu\text{s}$ . Estimer l'altitude du Puy de Dôme par rapport au niveau de la mer.
- Dans le cas de la mesure de l'altitude du Puy de Dôme, l'hypothèse faite à la question 1. est-elle vérifiée ?

## II. Le LiDAR bathymétrique ( /6,5)

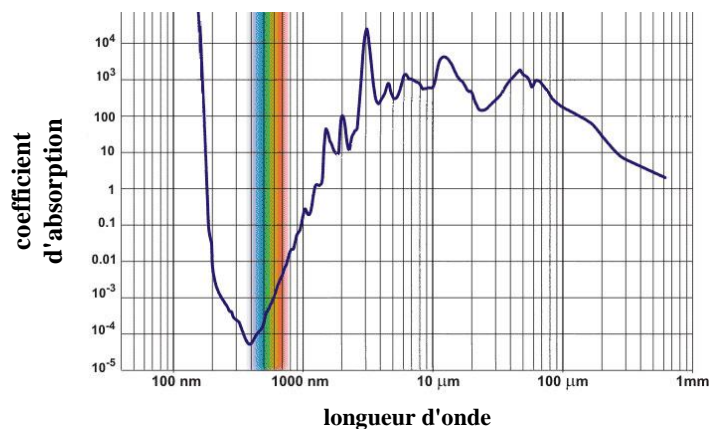
Les systèmes **LiDAR bathymétriques** aéroportés ressemblent au LiDAR topographique mais ils sont constitués de deux lasers différents : un laser infrarouge et un laser vert. Ils servent à déterminer la profondeur de l'eau. Pour cela, le LiDAR envoie deux impulsions simultanées (une impulsion verte et une impulsion infrarouge).

- Le rayonnement infrarouge sert à repérer la surface de l'eau.
- Le rayonnement vert, quant à lui, pénètre dans l'eau et est réfléchi par le fond.

En mesurant la différence entre les temps de parcours des deux impulsions laser, on peut déterminer la profondeur de l'eau.



**document 1** : puissance lumineuse reçue par le récepteur en fonction du temps.



**document 2** : spectre d'absorption de l'eau. La radiation est d'autant plus absorbée que le coefficient d'absorption est élevé.

- Les longueurs d'onde des deux lasers sont de  $532\text{nm}$  et de  $1064\text{nm}$ . Expliquer pourquoi il est plus judicieux d'utiliser le laser vert, plutôt que le laser infrarouge, pour détecter le fond de l'eau.
- En vous appuyant sur un schéma expliquant le principe de cette mesure, estimer la valeur de la profondeur de l'eau à l'endroit où la mesure du document 1 a été effectuée.