Corrigé complet — Bac S 2016 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme)

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Les acteurs de la mission Rosetta** Lois de Kepler · Force gravitationnelle et poids · Mouvement à vitesse constante · Ondes électromagnétiques · Image numérique et débit binaire	6 pts	1 h	16 questions	p. 2
Ex 2	**La tyrosine** Acides aminés et groupes caractéristiques · Stéréoisomérie et représentation de Cram · Spectroscopie infrarouge · Rendement d'une synthèse · Mécanisme réactionnel · Dosage par étalonnage	9 pts	1 h 30	14 questions	p. 8
Ex 3	**Observer l'espace avec le téléscope Hubble** Énergie d'un photon · Domaines ultraviolet, visible et infrarouge · Absorption par l'atmosphère · Effet Doppler · Décalage spectral · Loi de Wien	5 pts	50 min	7 questions	p. 14

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Les acteurs de la mission rosetta

Bac S 2016 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **6 points** **Durée conseillée 1 h**

1.1 Partie A. En utilisant une des lois de Kepler, préciser la position du Soleil représentée sur le schéma.

Première loi de Kepler (loi des orbites) : dans le référentiel héliocentrique, la trajectoire de la comète est une ellipse dont le Soleil occupe l'un des foyers.

Sur le schéma, le Soleil est placé à l'un des **foyers** de l'ellipse : il est sur le grand axe, décalé du centre, du côté du périhélie.

PIÈGE
Écrire que le Soleil est « au centre » de l'ellipse. Le centre est le milieu du grand axe ; le Soleil en est décalé.

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

Données utiles document : la comète passe à 187 millions de km du Soleil au plus près et à 851 millions de km au plus loin

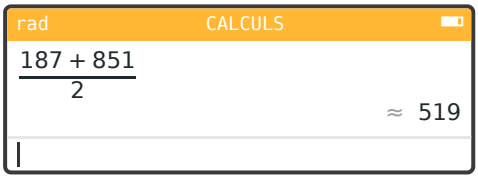
Le périhélie, le Soleil et l'aphélie sont alignés sur le grand axe : sa longueur est la somme des deux distances extrêmes au Soleil.

$2a = 187 + 851 = 1038$ millions de km, donc $a = \dfrac{187 + 851}{2}$

$a = 519$ millions de km $= 5{,}19 \times 10^{11}$ m

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les deux distances du document. La conversion en mètres ($1\ \text{km} = 10^3\ \text{m}$, un million $= 10^6$) prépare le calcul de la période.

À LA CALCULATRICE



1.3 Partie A. En s'appuyant sur le schéma proposé, énoncer la deuxième loi de Kepler.

Deuxième loi de Kepler (loi des aires) : dans le référentiel héliocentrique, le segment qui joint le centre du Soleil au centre de la comète balaie des aires égales pendant des durées égales.

Sur le schéma, les deux surfaces hachurées ont la **même aire** si elles sont balayées pendant la **même durée**.

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

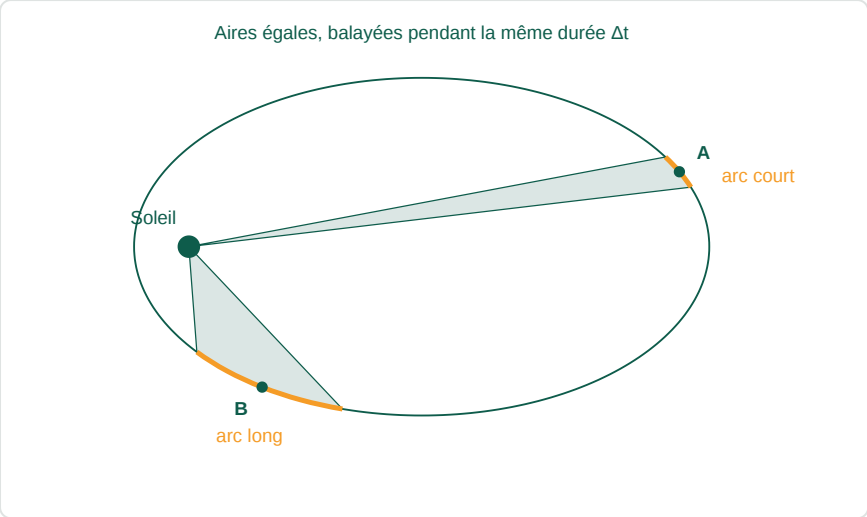
Les deux aires hachurées sont égales : elles sont donc balayées pendant la même durée Δt (loi des aires).

Près de B, la comète est proche du Soleil : pour balayer la même aire avec un rayon plus court, elle parcourt un arc L_B plus long que l'arc L_A parcouru près de A.

Comme $v = \dfrac{L}{\Delta t}$ avec la même durée, $L_B > L_A$ entraîne $v_B > v_A$.

La vitesse de la comète est plus grande en **B**, le point le plus proche du Soleil.

COMPRENDRE
La vitesse est maximale au périhélie et minimale à l'aphélie. Le mouvement n'est uniforme que si l'orbite est circulaire.



1.4 · Loi des aires : près du Soleil, l'arc parcouru pendant la même durée est plus long

2 Partie A. À partir de la troisième loi de Kepler, retrouver la valeur de la période de révolution T de la comète autour du Soleil.

Données utiles $a = 5{,}19 \times 10^{11}$ m (Q1.2) ; $M_S = 2{,}00 \times 10^{30}$ kg ; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N · m^2 · kg^{-2} ; document : 6,44 années

L'astre attracteur est le Soleil : $\dfrac{T^2}{a^3} = \dfrac{4\pi^2}{G\,M_S}$, donc $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{a^3}{G\,M_S}}$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(5{,}19 \times 10^{11})^3}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 2{,}00 \times 10^{30}}} = 2{,}03 \times 10^{8}\ \text{s}$$

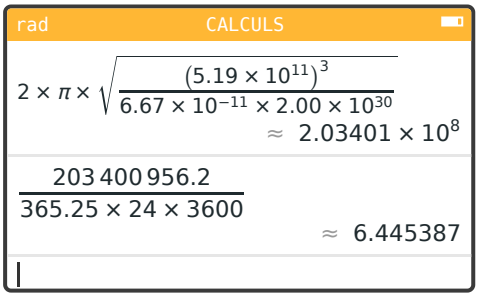
En années de 365,25 jours : $T = \dfrac{2{,}03 \times 10^{8}}{365{,}25 \times 24 \times 3600} = 6{,}44$ ans.

$T = 2{,}03 \times 10^{8}$ s $\approx 6{,}44$ ans : on retrouve la valeur du document.

PIÈGE
Laisser a en millions de kilomètres : avec G en unités SI, a doit être en mètres. Penser aussi au cube sous la racine.

COMPRENDRE
La durée de l'année n'est pas donnée par l'énoncé. Avec 365 jours on obtient 6,45 ans : l'écart ne porte que sur le dernier chiffre.

À LA CALCULATRICE



3.1 Partie A. Donner l'expression de la force gravitationnelle exercée par la comète sur Philae quand l'atterrisseur est à la surface de la comète.

On note m_C la masse de la comète, m_P celle de Philae et R_C le rayon de la comète. À la surface, Philae est à la distance R_C du centre de la comète.

$F_{C/P} = G\dfrac{m_C\,m_P}{R_C^2}$: force attractive, dirigée de Philae vers le centre de la comète.

PIÈGE
Oublier le carré au dénominateur, ou prendre une altitude nulle comme distance : la distance se compte entre les centres, donc ici R_C.

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

Données utiles $m_C = 10$ milliards de tonnes $= 10 \times 10^{12}$ kg ; $R_C = 2{,}5$ km $= 2{,}5 \times 10^3$ m ; $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N · m^2 · kg^{-2}

Poids de Philae sur la comète : $P = m_P\, g_C$.

$P = F_{C/P}$ s'écrit $m_P\, g_C = G\,\dfrac{m_C\, m_P}{R_C^2}$, donc $g_C = \dfrac{G\, m_C}{R_C^2}$

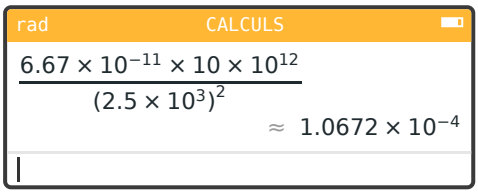
$$g_C = \frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 10 \times 10^{12}}{(2{,}5 \times 10^3)^2} = 1{,}1 \times 10^{-4}\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$g_C = 1{,}1 \times 10^{-4}$ N · kg^{-1} (ou m · s^{-2})

PIÈGE
Conversions : une tonne vaut 10^3 kg et un milliard 10^9, donc 10 milliards de tonnes font 10^{13} kg. Le rayon se met en mètres.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme le rayon et la masse de la comète. La masse de Philae se simplifie : g_C ne dépend que de l'astre.

À LA CALCULATRICE



3.3 Partie A. Expliquer et corriger scientifiquement la phrase du document : « Philae pèse 100 kg sur Terre et 1 g sur la comète ».

Données utiles $g_T = 10$ m · s^{-2} ; $g_C = 1{,}1 \times 10^{-4}$ N · kg^{-1} (Q3.2)

La phrase confond la masse (en kg) et le poids (en N). La masse de Philae ne dépend pas du lieu : elle vaut $m_P = 100$ kg sur Terre comme sur la comète. C'est son poids $P = m\,g$ qui change.

Sur Terre : $P_T = m_P\, g_T = 100 \times 10 = 1{,}0 \times 10^3$ N.

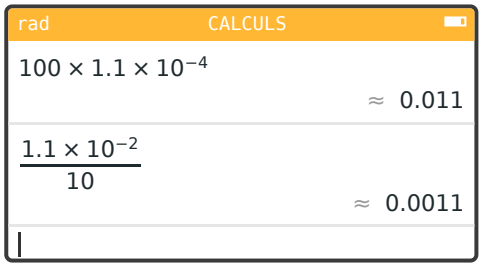
Sur la comète : $P_C = m_P\, g_C = 100 \times 1{,}1 \times 10^{-4} = 1{,}1 \times 10^{-2}$ N.

Sur Terre, ce poids serait celui d'un objet de masse $\dfrac{P_C}{g_T} = \dfrac{1{,}1 \times 10^{-2}}{10} = 1{,}1 \times 10^{-3}$ kg, soit environ 1 g.

Phrase corrigée : « Philae a une masse de 100 kg partout ; son poids vaut environ $1{,}0 \times 10^3$ N sur Terre et $1{,}1 \times 10^{-2}$ N sur la comète, autant qu'un objet de 1 g sur Terre. »

COMPRENDRE
Le rapport $\dfrac{g_C}{g_T} \approx 10^{-5}$ est aussi celui de 1 g à 100 kg : le document compare des poids en les exprimant comme des masses.

À LA CALCULATRICE



4 Partie A. En supposant que la vitesse de Philae reste constante pendant sa descente, estimer la durée de la phase d'atterrissage.

Données utiles document : séparation à l'altitude $d = 20$ km ; vitesse de descente $v = 3{,}5$ km · h^{-1}, soit 1 m · s^{-1}

À vitesse constante : $v = \dfrac{d}{\Delta t}$, donc $\Delta t = \dfrac{d}{v}$

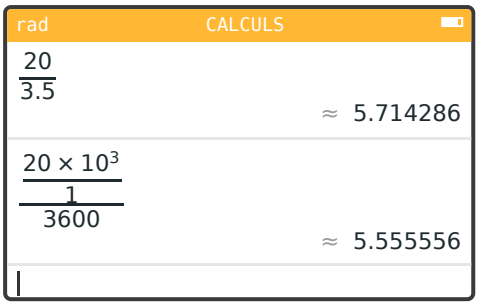
$$\Delta t = \frac{20}{3{,}5} = 5{,}7\ \text{h}$$

Avec $v = 1$ m · s^{-1} : $\Delta t = \dfrac{20 \times 10^3}{1} = 2 \times 10^4$ s, soit 5,6 h. Les deux valeurs concordent.

$\Delta t \approx 5{,}7$ h : la descente dure un peu moins de 6 heures.

MÉTHODE
« Estimer » : choisir un modèle simple (ici le mouvement uniforme), prendre les données dans le document en unités cohérentes, puis donner un ordre de grandeur avec peu de chiffres.

À LA CALCULATRICE



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

Entre la sonde et la Terre, le signal traverse le vide spatial : seule une onde électromagnétique peut s'y propager, une onde mécanique a besoin d'un milieu matériel.

Le signal est une **onde électromagnétique** ; sa fréquence de 8,4 GHz la place dans le domaine des ondes radio.

2 Partie B. 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 ?

Données utiles document : distance Terre-comète $d = 510$ millions de km, durée annoncée 28 minutes ; $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

L'onde électromagnétique se propage dans le vide à la célérité c :

$\Delta t = \dfrac{d}{c}$, avec $d = 510 \times 10^6 \times 10^3 = 5{,}10 \times 10^{11}$ m.

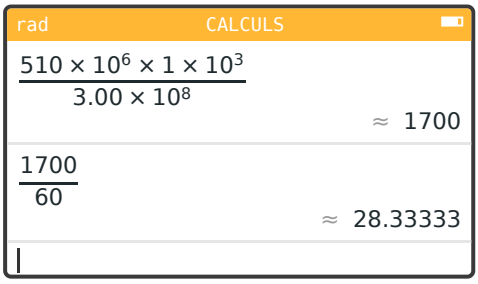
$$\Delta t = \frac{5{,}10 \times 10^{11}}{3{,}00 \times 10^8} = 1{,}70 \times 10^3\ \text{s}$$

Soit $\dfrac{1{,}70 \times 10^3}{60} = 28{,}3$ min.

$\Delta t = 1{,}70 \times 10^3$ s ≈ 28 min : la durée annoncée est en accord avec la distance de 510 millions de km.

PIÈGE
Garder la distance en kilomètres avec c en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: la durée trouvée serait mille fois trop petite.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles image carrée de 7,4 km de côté ; définition 1024×1024 pixels

Un côté de 7,4 km est réparti sur 1024 pixels. Chaque pixel représente donc sur la comète un carré de côté :

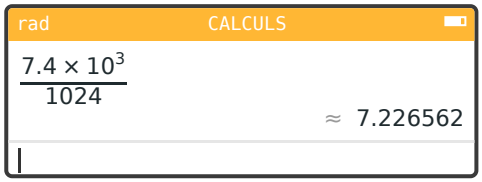
$$\ell = \frac{7{,}4 \times 10^3}{1024} = 7{,}2 \text{ m}$$

Un détail de 1 m est plus petit qu'un pixel : il est noyé dans une seule nuance de gris.

Non : un pixel couvre 7,2 m, on ne peut pas distinguer un détail de 1 m.

COMPRENDRE
Le pixel est le plus petit élément de l'image. Deux détails ne sont séparés que s'ils tombent sur des pixels différents : la taille d'un pixel fixe la limite.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles côté de l'image : 7,4 km ; document : le noyau mesure environ $4{,}1 \times 5{,}4$ km

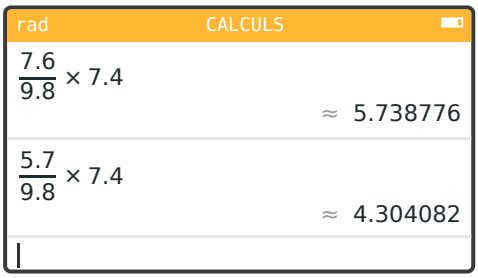
La photographie a une échelle connue. Sur le sujet, le côté de l'image mesure 9,8 cm pour 7,4 km ; la comète y occupe environ 7,6 cm en hauteur et 5,7 cm en largeur.

Hauteur : $\frac{7{,}6}{9{,}8} \times 7{,}4 = 5{,}7$ km Largeur : $\frac{5{,}7}{9{,}8} \times 7{,}4 = 4{,}3$ km

Oui : on trouve environ $4{,}3 \times 5{,}7$ km, valeurs proches des $4{,}1 \times 5{,}4$ km du document.

COMPRENDRE
Les longueurs mesurées dépendent de l'impression du sujet ; seuls leurs rapports comptent. L'écart de quelques pour cent vient du contour irrégulier de la comète et de la précision de la règle.

À LA CALCULATRICE



5 Partie B. Quelle est la taille numérique TN de cette photographie, exprimée en kilooctets ?

Données utiles 1024×1024 pixels ; 1 octet par pixel ; $1 \text{ Go} = 10^9$ octets

Taille numérique = nombre de pixels × nombre d'octets par pixel.

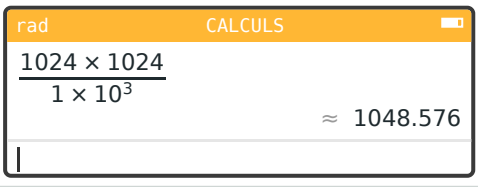
$TN = 1024 \times 1024 \times 1 = 1\,048\,576$ octets

Avec $1 \text{ ko} = 10^3$ octets :

$TN = 1{,}05 \times 10^3$ ko (précisément 1049 ko)

COMPRENDRE
Un octet par pixel donne $2^8 = 256$ nuances de gris. Les images numériques et le débit binaire (questions 5 à 7) ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles $TN = 1\,048\,576$ octets (Q5) ; 1 octet = 8 bits ; $D_t = 12 \times 10^3$ bit · s^{-1}

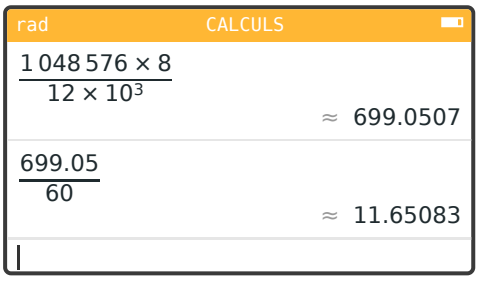
Le débit est le nombre de bits transmis par seconde : $D_t = \dfrac{TN}{\Delta t}$, avec TN en bits, donc $\Delta t = \dfrac{TN}{D_t}$

$$\Delta t = \frac{1\,048\,576 \times 8}{12 \times 10^3} = 7{,}0 \times 10^2 \text{ s}$$

$\Delta t = 7{,}0 \times 10^2$ s, soit environ 12 minutes pour une seule photographie.

PIÈGE
Diviser des octets par des bits par seconde. Le débit est en bits : la taille de l'image doit d'abord être multipliée par 8.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles mémoire de masse : 25 Go $= 25 \times 10^9$ octets ; $TN = 1\,048\,576$ octets (Q5)

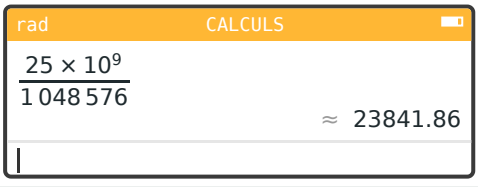
Nombre de photographies : $N = \dfrac{\text{capacité de la mémoire}}{TN}$, les deux tailles étant en octets.

$$N = \frac{25 \times 10^9}{1\,048\,576} = 2{,}4 \times 10^4$$

La mémoire peut stocker environ $2{,}4 \times 10^4$ photographies (23 841 exactement).

COMPRENDRE
Un nombre d'images complètes s'arrondit à l'entier inférieur : 23 841 et non 23 842. À 12 minutes par image, vider cette mémoire prendrait plusieurs mois.

À LA CALCULATRICE



La tyrosine

Bac S 2016 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **9 points** **Durée conseillée 1 h 30**

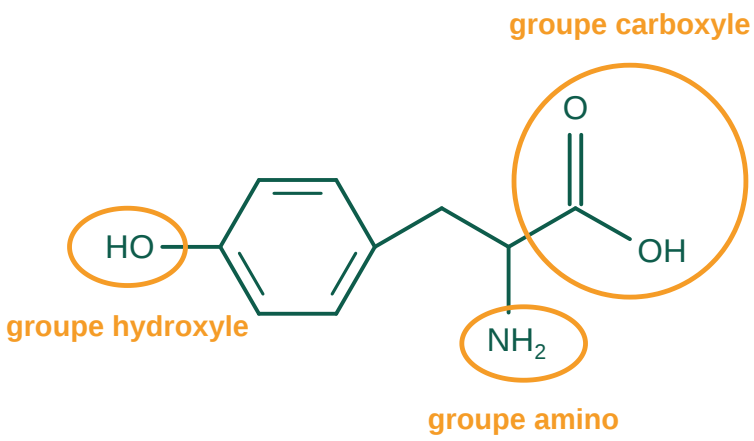
1.1 Recopier la formule de la tyrosine, entourer les groupes caractéristiques présents et justifier la famille de composés à laquelle elle appartient.

La molécule porte trois groupes caractéristiques, entourés sur la figure :

- un groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$, fixé sur le cycle ;
- un groupe amino $-\mathrm{NH_2}$ (famille des amines) ;
- un groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$ (famille des acides carboxyliques).

La tyrosine possède à la fois un groupe amino et un groupe carboxyle : elle appartient à la famille des **acides aminés**.

PIÈGE
Le groupe carboxyle est l'ensemble $-\mathrm{COOH}$: entourer seulement $\mathrm{C{=}O}$, ou y voir un groupe hydroxyle de plus, est compté faux. Le $-\mathrm{OH}$ du cycle est, lui, un groupe à part.



1.1 · Formule topologique de la tyrosine et ses trois groupes caractéristiques

1.2 Justifier que la molécule de tyrosine possède des stéréoisomères.

Le carbone qui porte le groupe $-\mathrm{NH_2}$ est lié à quatre atomes ou groupes d'atomes tous différents : $-\mathrm{H}$, $-\mathrm{NH_2}$, $-\mathrm{COOH}$ et $-\mathrm{CH_2}-\mathrm{C_6H_4}-\mathrm{OH}$. C'est un carbone asymétrique, le seul de la molécule.

Avec un seul carbone asymétrique, la molécule est chirale : elle existe sous deux formes stéréoisomères, images l'une de l'autre dans un miroir (deux énantiomères).

COMPRENDRE
Carbone asymétrique, chiralité, énantiomères et représentation de Cram relevaient du programme de Terminale S. Ces notions ne figurent plus au programme actuel de la spécialité.

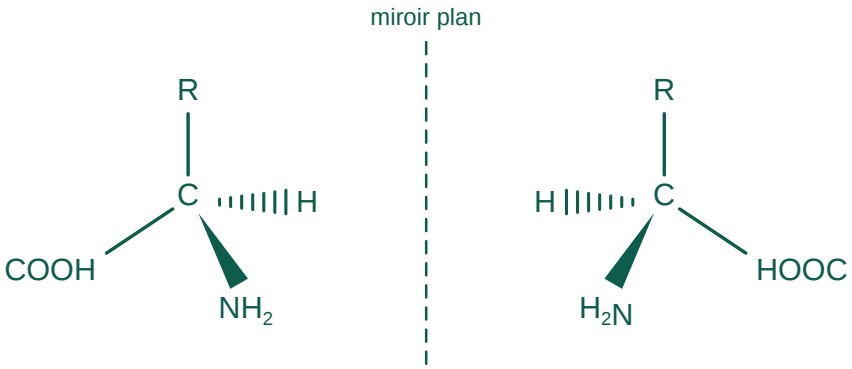
MÉTHODE
Pour repérer un carbone asymétrique : chercher un carbone à quatre liaisons simples, puis comparer les quatre substituants en entier, pas seulement leur premier atome.

1.3 À partir de la formule simplifiée de la tyrosine, donner en représentation de Cram ses stéréoisomères.

Autour du carbone asymétrique, on dessine deux liaisons dans le plan de la feuille (traits pleins), une liaison vers l'avant (triangle plein) et une liaison vers l'arrière (hachures). Le second stéréoisomère est l'image du premier dans un miroir plan.

Les deux molécules de la figure sont images l'une de l'autre et non superposables : ce sont les deux stéréoisomères (énantiomères) de la tyrosine.

PIÈGE
Les quatre liaisons ne sont pas à angle droit : les deux liaisons du plan forment un « V », les deux autres sont du même côté, l'une devant, l'autre derrière.



1.3 · Les deux stéréoisomères de la tyrosine en représentation de Cram

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

Un atome d'hydrogène du groupe $-NH_2$ de l'aniline est remplacé par le groupe $-CO-CH_3$; de même, l'atome de chlore du chlorure d'éthanoyle est remplacé par le groupe $-NH-C_6H_5$.

C'est une réaction de **substitution**.

MÉTHODE
Addition : deux réactifs, un seul produit.
Élimination : un réactif, deux produits et une liaison multiple formée. Substitution : un atome ou un groupe d'atomes en remplace un autre.

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

Données utiles températures de fusion et d'ébullition : aniline -6 °C et 184 °C ; chlorure d'éthanoyle -112 °C et 51 °C ; acétanilide 114 °C et 304 °C

À température ambiante (environ 20 °C) :

- l'aniline et le chlorure d'éthanoyle sont liquides (20 °C est compris entre leur température de fusion et leur température d'ébullition) ;
- l'acétanilide est solide (20 °C est inférieur à sa température de fusion, 114 °C).

L'acétanilide est la seule espèce solide : une fois le mélange revenu à température ambiante, on la récupère par **filtration** (sous pression réduite, sur Büchner), puis on la rince et on la sèche.

2.1.3 À l'aide des spectres IR de l'aniline et du produit obtenu, montrer que l'aniline a bien été transformée intégralement en acétanilide.

Spectre de l'aniline : deux bandes fines entre 3300 et 3500 cm^{-1} (liaisons N–H d'une amine primaire) et une bande forte vers 1620 cm^{-1} (N–H d'une amine primaire).

Spectre du produit : une seule bande fine vers 3300 cm^{-1} (liaison N–H d'un amide) et une bande forte et fine vers 1660 cm^{-1} (liaison C=O d'un amide), absente du spectre de l'aniline.

Le produit présente les bandes d'un amide et ne présente plus la double bande N–H de l'amine primaire : il ne reste pas d'aniline, elle a été intégralement transformée en acétanilide.

PIÈGE
Une bande citée sans son nombre d'onde ni sa liaison ne rapporte rien. Il faut les deux arguments : C=O apparaît (l'amide est formé), la double bande N–H disparaît (il ne reste plus d'aniline).

COMPRENDRE
Le groupe $-NH_2$ d'une amine primaire compte deux liaisons N–H, d'où deux bandes. L'amide $-NH-CO^-$ n'en a plus qu'une : la bande devient unique.

2.1.4 Montrer que le rendement r de cette première étape est de l'ordre de 75 %. Proposer une explication expérimentale à un rendement inférieur à 100 %.

Données utiles aniline : $V = 10{,}0$ mL, $\rho = 1{,}02\ g \cdot mL^{-1}$, $M_1 = 93{,}0\ g \cdot mol^{-1}$; acétanilide : $m = 11{,}2$ g, $M_2 = 135{,}0\ g \cdot mol^{-1}$

Le chlorure d'éthanoyle est en excès : l'aniline est le réactif limitant. D'après l'équation, une mole d'aniline donne une mole d'acétanilide, donc $n_{max} = n_{aniline}$.

$$n_{max} = \frac{\rho V}{M_1} = \frac{1{,}02 \times 10{,}0}{93{,}0} = 0{,}110\ mol$$

$$n_{exp} = \frac{m}{M_2} = \frac{11{,}2}{135{,}0} = 8{,}30 \times 10^{-2}\ mol$$

$$r = \frac{n_{exp}}{n_{max}} = \frac{m\,M_1}{M_2\,\rho\,V} = \frac{11{,}2 \times 93{,}0}{135{,}0 \times 1{,}02 \times 10{,}0} = 0{,}756$$

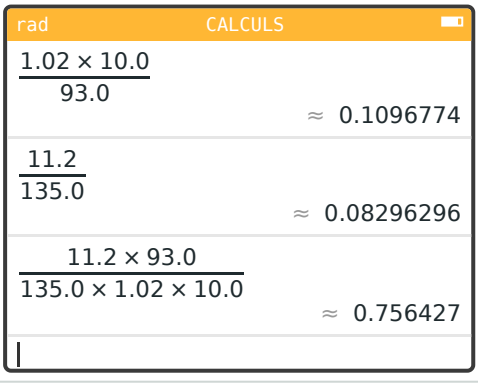
Explication : une partie du solide est perdue lors de la filtration, du rinçage et des transvasements, et un peu d'acétanilide reste dissous dans le filtrat.

$r = 0{,}756$, soit environ 76 % : le rendement est bien de l'ordre de 75 %.

PIÈGE
Diviser la masse obtenue par la masse d'aniline ($11{,}2/10{,}2$) donne plus de 100 %. Les deux espèces n'ont pas la même masse molaire : le rendement se calcule avec des quantités de matière.

COMPRENDRE
Les données ont au moins trois chiffres significatifs : on en garde trois. Pour r, on utilise la formule littérale ou les valeurs non arrondies, sinon l'erreur d'arrondi se retrouve dans le résultat.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 Sur le document réponse 1, entourer le site donneur et le site accepteur de doublets d'électrons qui interviennent dans la première étape du mécanisme.

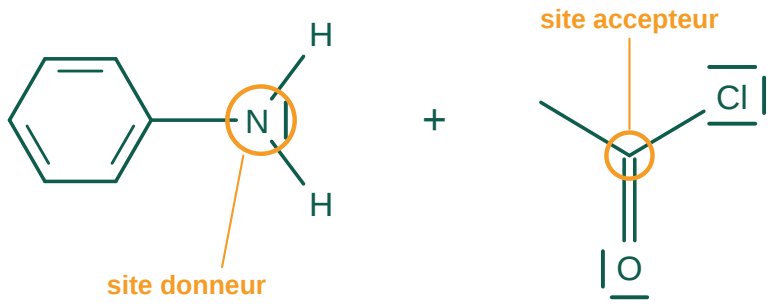
Données utiles électronégativités : C 2,6 ; O 3,4 ; Cl 3,2

Site donneur : l'atome d'azote de l'aniline, qui porte un doublet non liant.

Site accepteur : l'atome de carbone lié à O et à Cl dans le chlorure d'éthanoyle. O (3,4) et Cl (3,2) sont plus électronégatifs que C (2,6) : les liaisons $C{=}O$ et $C{-}Cl$ sont polarisées et ce carbone porte une charge partielle positive δ^+.

Site donneur : N de l'aniline ; site accepteur : C du groupe $C{=}O$ du chlorure d'éthanoyle.

MÉTHODE
Donneur : atome riche en électrons (doublet non liant, charge $-$ ou δ^-, liaison multiple).
Accepteur : atome pauvre en électrons (charge $+$ ou δ^+), repéré grâce aux différences d'électronégativité.



2.2.1 · Document réponse 1 : site donneur et site accepteur

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

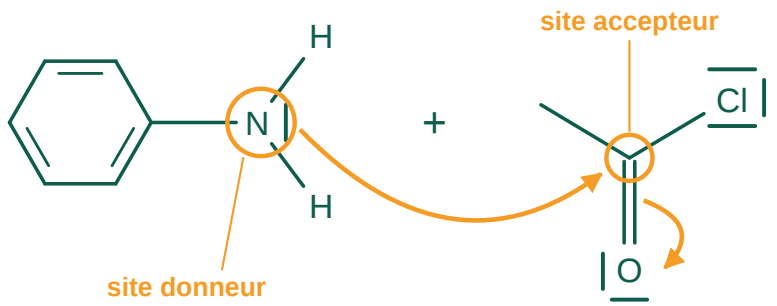
Première flèche : du doublet non liant de l'azote vers le carbone accepteur. Elle traduit la formation de la liaison $N{-}C$; l'azote porte alors une charge $+$.

Deuxième flèche : de la double liaison $C{=}O$ vers l'atome d'oxygène. Un des deux doublets de la liaison devient un doublet non liant de l'oxygène, qui porte alors une charge $-$.

Une flèche courbe représente le déplacement d'un doublet d'électrons, du site donneur vers le site accepteur, lors de la formation ou de la rupture d'une liaison.

PIÈGE
Une flèche part toujours d'un doublet (non liant ou liaison), jamais d'un atome ni d'une charge, et sa pointe désigne l'atome accepteur. Tracée dans l'autre sens, elle est fausse.

COMPRENDRE
Sans la deuxième flèche, le carbone aurait cinq liaisons. Le produit de l'étape le confirme : C garde quatre liaisons, O porte trois doublets non liants et une charge négative.



2.2.2 · Document réponse 1 complété : flèches courbes de l'étape

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

Le spectre d'absorption de la L-tyrosine présente un maximum pour $\lambda_{max} \approx 280$ nm. On règle le spectrophotomètre sur cette longueur d'onde : l'absorbance y est la plus grande, ce qui rend les mesures plus précises.

Avant les mesures, on fait le « blanc » : on règle l'absorbance à zéro avec une cuve remplie du solvant (l'eau).

Réglages : longueur d'onde $\lambda = 280$ nm, puis zéro d'absorbance avec une cuve d'eau.

COMPRENDRE
280 nm se situe dans l'ultraviolet : la solution n'absorbe pas dans le visible, elle est incolore. Le dosage par étalonnage reste possible avec un spectrophotomètre UV-visible.

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

Données utiles $c_0 = 2{,}5 \times 10^{-3}$ mol · L^{-1} ; $c_1 = 5{,}0 \times 10^{-4}$ mol · L^{-1} ; $V_1 = 100{,}0$ mL

Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve : $c_0\,V_0 = c_1\,V_1$.

$$V_0 = \frac{c_1\,V_1}{c_0} = \frac{5{,}0 \times 10^{-4} \times 100{,}0}{2{,}5 \times 10^{-3}} = 20 \text{ mL}$$

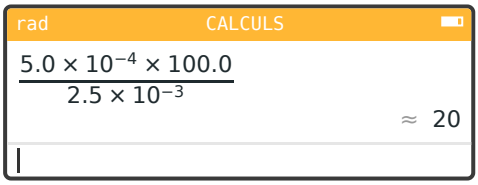
Verrerie : un bécher pour y verser un peu de solution S_0, une pipette jaugée de 20,0 mL munie d'une propipette pour le prélèvement, une fiole jaugée de 100,0 mL complétée à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, puis bouchée et agitée.

$V_0 = 20$ mL, prélevés à la pipette jaugée et introduits dans une fiole jaugée de 100,0 mL.

PIÈGE
Éprouvette graduée et bécher ne sont pas des verreries de précision. Pour une dilution, seules la pipette jaugée et la fiole jaugée sont acceptées.

MÉTHODE
Contrôle rapide par le facteur de dilution : $F = c_0/c_1 = 5$, donc on prélève un volume cinq fois plus petit que celui de la fiole.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles $A_S = 1{,}0$; volume de la solution S : $V = 2{,}00$ L ; $M = 181{,}0$ g · mol^{-1} ; étiquette : 500 mg

Les points d'étalonnage sont alignés avec l'origine : on trace la droite passant par l'origine et au plus près des points (loi de Beer-Lambert, $A = k\,c$).

Pour $A_S = 1{,}0$, on lit sur la droite : $c_S \approx 1{,}3$ mmol · L^{-1} $= 1{,}3 \times 10^{-3}$ mol · L^{-1}.

Masse de L-tyrosine dissoute dans le volume V, donc contenue dans la gélule :

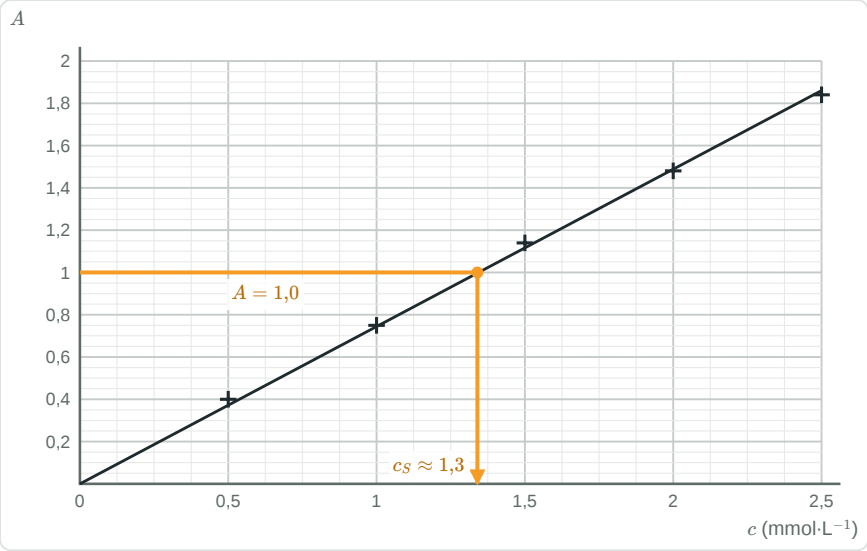
$$m = c_S\,V\,M = 1{,}3 \times 10^{-3} \times 2{,}00 \times 181{,}0 = 0{,}47 \text{ g}$$

Écart relatif avec l'étiquette : $\dfrac{|470 - 500|}{500} = 6\ \%$.

$m \approx 4{,}7 \times 10^2$ mg, à 6 % de la valeur annoncée : compte tenu de la précision de la lecture graphique, la gélule est conforme à l'étiquette.

PIÈGE
L'axe est gradué en mmol · L^{-1} : oublier le facteur 10^{-3} donne 470 g. Ne pas oublier non plus que la gélule est dissoute dans 2,00 L et non dans 1 L.

COMPRENDRE
A_S n'a que deux chiffres significatifs et la lecture graphique est peu précise : une lecture à $1{,}4$ mmol · L^{-1} donnerait 507 mg. Un écart de 6 % n'est donc pas significatif.



3.3 · Document réponse 2 complété : droite d'étalonnage et lecture pour la solution S

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.3 \times 10^{-3} \times 2.00 \times 181.0 \approx 0.4706$

$\frac{500 - 470}{500} \approx 0.06$

4.1 Sans précaution particulière, combien de dipeptides différents peut-on obtenir à partir de la tyrosine et de la glycine ?

Chaque acide aminé possède un groupe amino et un groupe carboxyle. Le groupe carboxyle d'une molécule peut réagir avec le groupe amino de l'autre acide aminé, ou d'une autre molécule du même acide aminé. En écrivant à gauche l'acide aminé qui engage son groupe carboxyle :

- TYR-GLY (carboxyle de TYR, amino de GLY) ;
- GLY-TYR (carboxyle de GLY, amino de TYR) ;
- TYR-TYR ;
- GLY-GLY.

Sans précaution, on peut obtenir **quatre** dipeptides différents.

PIÈGE
TYR-GLY et GLY-TYR sont deux molécules différentes : le groupe $-NH_2$ resté libre n'est pas porté par le même acide aminé. Oublier TYR-TYR et GLY-GLY est l'autre erreur fréquente.

4.2 Proposer, en quelques phrases, une stratégie de protection et de déprotection de fonctions qui permette de synthétiser uniquement le dipeptide TYR-GLY.

Dans TYR-GLY, la liaison peptidique relie le groupe carboxyle de TYR au groupe amino de GLY. Les deux autres groupes ne doivent pas réagir.

- Étape 1 : protéger le groupe amino de TYR et le groupe carboxyle de GLY.
- Étape 2 : faire réagir les deux espèces protégées. Seuls le carboxyle de TYR et l'amino de GLY sont disponibles : une seule liaison peptidique peut se former.
- Étape 3 : déprotéger les deux groupes.

Protection du groupe $-NH_2$ de TYR et du groupe $-COOH$ de GLY, réaction entre les deux espèces, puis déprotection : on obtient uniquement TYR-GLY.

COMPRENDRE
Un groupe protecteur doit se fixer sur la seule fonction visée, résister à l'étape de couplage, puis s'enlever sans rompre la liaison peptidique. Chaque étape ajoutée fait cependant baisser le rendement global.

Observer l'espace avec le téléscope Hubble

Bac S 2016 Antilles-Guyane rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Quelles informations supplémentaires l'interprétation des images obtenues en 2014 apporte-t-elle ?

Les images de 2009 enregistraient la lumière visible et l'infrarouge. Celles de 2014 y ajoutent le rayonnement ultraviolet, capté grâce à la caméra installée en 2009.

Or, d'après l'article, l'ultraviolet est surtout émis par les étoiles les plus grosses, chaudes et jeunes.

L'image de 2014 révèle en plus les étoiles jeunes et chaudes des galaxies, dont la lumière a voyagé de 5 à 10 milliards d'années.

MÉTHODE
Question documentaire : nommer ce qui change entre les deux images (le rayonnement capté), puis dire ce que ce rayonnement apprend, en s'appuyant sur une phrase précise de l'article reformulée.

2 Vérifier que les derniers filtres ajoutés au télescope captent des photons du domaine ultraviolet (longueurs d'onde entre 10 nm et 400 nm).

Données utiles $E_1 = 5{,}92 \times 10^{-19}$ J ; $E_2 = 1{,}32 \times 10^{-18}$ J ; $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1}

Énergie d'un photon : $E = h\nu = \dfrac{hc}{\lambda}$, donc $\lambda = \dfrac{hc}{E}$.

$$\lambda_1 = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{5{,}92 \times 10^{-19}} = 3{,}36 \times 10^{-7}\ \text{m} = 336\ \text{nm}$$

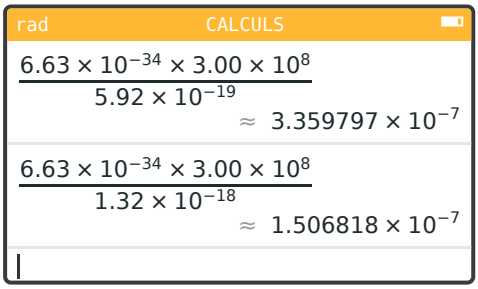
$$\lambda_2 = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{1{,}32 \times 10^{-18}} = 1{,}51 \times 10^{-7}\ \text{m} = 151\ \text{nm}$$

Les photons captés ont une longueur d'onde entre 151 nm et 336 nm, intervalle inclus dans $[10\ \text{nm}; 400\ \text{nm}]$: ils appartiennent bien à l'ultraviolet.

PIÈGE
La célérité n'est pas donnée : il faut la connaître, $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1}. Convertir ensuite en nanomètres pour comparer au domaine fourni ($1\ \text{nm} = 10^{-9}$ m).

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme h, c et les énergies. L'énergie et la longueur d'onde varient en sens inverse : le photon le plus énergétique a la plus petite longueur d'onde.

À LA CALCULATRICE



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

Données utiles λ captées entre 151 nm et 336 nm (Q2) ; graphique de l'opacité atmosphérique

Sur le graphique, l'opacité de l'atmosphère vaut 100 % pour les longueurs d'onde inférieures à quelques centaines de nanomètres ; elle ne chute qu'à l'approche du visible.

Entre 151 nm et 336 nm, l'atmosphère absorbe donc presque tout le rayonnement : il n'atteint pas le sol.

Non : un télescope terrestre ne recevrait pas ces ultraviolets ; il faut observer depuis l'espace, au-dessus de l'atmosphère.

COMPRENDRE
Une opacité de 100 % signifie que tout le rayonnement est absorbé avant le sol. L'atmosphère laisse passer deux « fenêtres » : le visible et une partie des ondes radio.

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

Si l'étoile s'éloigne de la Terre, la longueur d'onde perçue λ est plus grande que la longueur d'onde émise λ_0 : la fréquence perçue est plus faible et le spectre est décalé vers le rouge ($z > 0$).

Si l'étoile se rapprochait, ce serait l'inverse : $\lambda < \lambda_0$, décalage vers le bleu.

> Les galaxies s'éloignent : le spectre reçu est décalé vers les grandes longueurs d'onde, d'autant plus que la vitesse d'éloignement est grande.

PIÈGE
La célérité de la lumière ne change pas : seules la fréquence et la longueur d'onde perçues sont modifiées. « Décalé vers le rouge » ne veut pas dire que la lumière devient rouge.

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

C'est l'effet Doppler (ou Doppler-Fizeau pour la lumière) : la fréquence d'une onde perçue par un récepteur diffère de la fréquence émise lorsque l'émetteur et le récepteur sont en mouvement l'un par rapport à l'autre.

> Effet Doppler. Exemple : la sirène d'une ambulance paraît plus aiguë quand le véhicule approche, plus grave quand il s'éloigne.

COMPRENDRE
Autres exemples recevables : le radar routier, qui mesure la vitesse d'un véhicule, ou l'échographie Doppler, qui mesure la vitesse d'écoulement du sang.

6.1 L'intensité maximale du spectre de cette étoile sera-t-elle observée par Hubble dans l'ultraviolet, le visible ou l'infrarouge ? Déterminer la longueur d'onde du rayonnement capté.

Données utiles $T = 42\,400$ K ; $z = 7{,}6$; loi de Wien : $\lambda_{max}\,T = 2{,}90 \times 10^{-3}$ (SI) ; $z = \dfrac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$

Longueur d'onde du maximum d'émission de l'étoile (loi de Wien) :

$$\lambda_0 = \lambda_{max} = \frac{2{,}90 \times 10^{-3}}{T} = \frac{2{,}90 \times 10^{-3}}{42\,400} = 6{,}84 \times 10^{-8}\ \text{m} = 68{,}4\ \text{nm}$$

L'étoile émet donc son maximum dans l'ultraviolet.

Longueur d'onde captée : $z\,\lambda_0 = \lambda - \lambda_0$, d'où $\lambda = \lambda_0\,(1 + z)$.

$$\lambda = \frac{2{,}90 \times 10^{-3}}{42\,400} \times (1 + 7{,}6) = 5{,}9 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

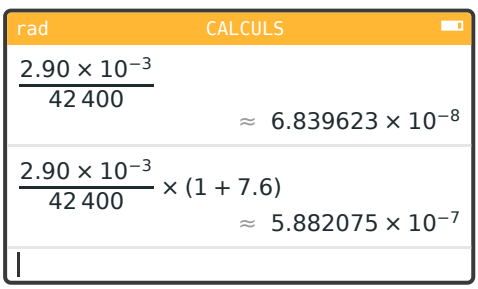
> $\lambda \approx 5{,}9 \times 10^{2}$ nm : entre 400 nm et 800 nm, le maximum d'intensité est observé dans le **visible**.

PIÈGE
Conclure « ultraviolet » dès les 68,4 nm : c'est la longueur d'onde émise, pas celle que reçoit Hubble. Le décalage la multiplie par $1 + z = 8{,}6$.

COMPRENDRE
z n'a que deux chiffres significatifs : le résultat aussi, soit environ 590 nm. La loi de Wien ne figure plus au programme de spécialité de terminale (elle relève de l'enseignement scientifique de première) ; elle est ici fournie.

MÉTHODE
Deux étapes : la loi de Wien donne la longueur d'onde émise λ_0, le décalage spectral donne la longueur d'onde reçue $\lambda = \lambda_0\,(1 + z)$. On conclut en situant λ parmi les domaines.

À LA CALCULATRICE



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.

Données utiles $\lambda \approx 590$ nm pour $z = 7{,}6$ (Q6.1)

Une galaxie plus ancienne est plus lointaine. D'après l'énoncé, sa vitesse d'éloignement est alors plus grande, et z, qui lui est proportionnel, dépasse 7,6.

Le rayonnement ultraviolet d'une étoile jeune de cette galaxie est donc reçu avec une longueur d'onde $\lambda = \lambda_0 \, (1 + z)$ supérieure à 590 nm : dans le visible, voire dans l'infrarouge.

Non : la lumière ultraviolette de ces étoiles n'arrive plus dans l'ultraviolet ; il faut les observer dans le visible ou l'infrarouge.

COMPRENDRE

C'est pourquoi les objets formés environ 600 millions d'années après le Big Bang avaient été repérés grâce à l'infrarouge, comme l'indique l'article.