Corrigé complet — Bac S 2010 Amérique du Sud (ancien programme)

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

Ex 1	**La transmutation pour éliminer les déchets nucléaires** Isotopes et noyaux radioactifs · Lois de conservation (lois de Soddy) · Capture neutronique et fission · Désintégrations α et β^- · Demi-vie · Loi de décroissance radioactive	5 pts	1 h 05	15 questions	p. 2
Ex 2	**Lumière et matière** Diffraction par une fente · Longueur d'onde et période · Dilution · Loi de Beer-Lambert et droite d'étalonnage · Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène · Énergie d'un photon	7 pts	1 h 31	21 questions	p. 6
Ex 3	**Un di antalgique, le salipran** Groupes caractéristiques · Estérification et hydrolyse · Chauffage à reflux · Facteurs cinétiques et catalyse · Quantité de matière · Rendement d'une synthèse	4 pts	52 min	10 questions	p. 13
Ex 4	**Spécialité : Synthèse d'un amide** Groupes caractéristiques · Chauffage à reflux · Tableau d'avancement · Rendement d'une synthèse · Recristallisation · Contrôle de pureté	4 pts	52 min	10 questions	p. 17

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.

La transmutation pour éliminer les déchets nucléaires

Bac S 2010 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 1 **5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1.1 Que signifie l'expression « noyaux isotopes » ?

Deux noyaux isotopes appartiennent au même élément chimique : ils ont le même numéro atomique Z (même nombre de protons), mais pas le même nombre de neutrons.

Isotopes : même Z, nombres de nucléons A différents.

COMPRENDRE
Exemple tiré de l'exercice : l'américium 241 et l'américium 242 ont tous deux 95 protons, mais 146 et 147 neutrons.

1.1.2 Donner la définition de « noyau radioactif ».

Un noyau radioactif est un noyau instable : il se désintègre spontanément, à un instant imprévisible, pour donner un autre noyau en émettant une particule (et souvent un rayonnement γ).

Noyau radioactif : noyau instable qui se désintègre spontanément.

PIÈGE
Oublier « spontanément ». Une transformation provoquée par un choc, comme la capture d'un neutron ou la fission, n'est pas une désintégration radioactive.

1.2 Remplacer le mot « vie », dans « vie longue » et « vie nettement plus courte », par une expression plus appropriée.

Le mot « vie » désigne ici la demi-vie radioactive $t_{1/2}$: la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux d'un échantillon s'est désintégrée.

« vie » doit être remplacé par « demi-vie » (isotopes à demi-vie longue, à demi-vie plus courte).

COMPRENDRE
Un noyau isolé n'a pas de durée de vie prévisible. Seule une grandeur statistique, définie sur un grand nombre de noyaux, a un sens : c'est la demi-vie.

1.3 Donner la définition de « réaction de fission ».

La fission est une réaction nucléaire provoquée : sous l'impact d'un neutron, un noyau lourd se casse en deux noyaux plus légers. Elle libère aussi quelques neutrons et beaucoup d'énergie.

Fission : un noyau lourd, frappé par un neutron, se scinde en deux noyaux plus légers en libérant des neutrons et de l'énergie.

PIÈGE
Confondre avec la fusion, où deux noyaux légers s'assemblent en un noyau plus lourd.

2.1.1 Donner la composition du noyau d'américium 241.

Données utiles $^{241}_{95}\mathrm{Am}$

Dans l'écriture $^{A}_{Z}\mathrm{X}$, Z est le nombre de protons et A le nombre de nucléons.

Nombre de protons : $Z = 95$. Nombre de neutrons : $A - Z = 241 - 95 = 146$.

Le noyau $^{241}_{95}\mathrm{Am}$ contient 95 protons et 146 neutrons.

PIÈGE
Répondre « 241 neutrons » : 241 est le nombre total de nucléons. Ne pas citer d'électrons non plus, la question porte sur le noyau.

2.1.2 Énoncer les lois de conservation qui permettent d'écrire l'équation d'une réaction nucléaire.

Au cours d'une réaction nucléaire, il y a :

- conservation du nombre de nucléons : la somme des A est la même avant et après ;
- conservation de la charge électrique : la somme des Z est la même avant et après.

Conservation du nombre de nucléons (A) et de la charge électrique (Z) : lois de Soddy.

PIÈGE
Parler de conservation « des éléments » ou « de la masse », comme en chimie. Dans une réaction nucléaire, l'élément change et la masse ne se conserve pas.

2.1.3 Écrire l'équation de la réaction de capture d'un neutron par un noyau d'américium 241. Identifier le noyau X1 obtenu.

Données utiles neutron ${}^{1}_{0}\mathrm{n}$; américium : $Z = 95$

On note le noyau formé ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}_1$: ${}^{241}_{95}\mathrm{Am} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X}_1$

Conservation du nombre de nucléons : $A = 241 + 1 = 242$.

Conservation de la charge : $Z = 95 + 0 = 95$, c'est encore l'élément américium.

${}^{241}_{95}\mathrm{Am} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{242}_{95}\mathrm{Am}$: X1 est l'américium 242.

COMPRENDRE
Le neutron ne porte pas de charge : la capture ne change pas Z, donc pas l'élément. On obtient un isotope du noyau de départ.

2.2.1 Quelle est la particule émise lors d'une désintégration β⁻ ?

La particule émise lors d'une désintégration β^- est un électron, noté ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$.

PIÈGE
Confondre avec la radioactivité β^+, qui émet un positon ${}^{0}_{1}\mathrm{e}$.

2.2.2 Écrire l'équation de la désintégration β⁻ du noyau X1. Identifier le noyau X2.

Données utiles X1 : ${}^{242}_{95}\mathrm{Am}$ (2.1.3) ; curium : $Z = 96$

${}^{242}_{95}\mathrm{Am} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X}_2 + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$

Nombre de nucléons : $242 = A + 0$, donc $A = 242$.

Charge : $95 = Z - 1$, donc $Z = 96$: d'après le tableau, c'est le curium.

${}^{242}_{95}\mathrm{Am} \longrightarrow {}^{242}_{96}\mathrm{Cm} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$: X2 est le curium 242.

PIÈGE
Écrire $Z = 95 - 1 = 94$. La charge de l'électron est négative : pour que la somme reste égale à 95, le noyau fils doit avoir $Z = 96$.

COMPRENDRE
Dans une désintégration β^-, un neutron du noyau devient un proton : A ne change pas et Z augmente d'une unité.

2.3.1 Quelle est la particule émise lors d'une désintégration α ?

La particule α est un noyau d'hélium 4, noté ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$.

2.3.2 Identifier le noyau X3 produit par la désintégration α du noyau X2. Justifier la réponse.

Données utiles X2 : ${}^{242}_{96}\mathrm{Cm}$ (2.2.2) ; plutonium : $Z = 94$

${}^{242}_{96}\mathrm{Cm} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X}_3 + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$

Nombre de nucléons : $242 = A + 4$, donc $A = 238$.

Charge : $96 = Z + 2$, donc $Z = 94$: d'après le tableau, c'est le plutonium.

${}^{242}_{96}\mathrm{Cm} \longrightarrow {}^{238}_{94}\mathrm{Pu} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$: X3 est le plutonium 238.

MÉTHODE
Pour identifier un noyau inconnu : écrire l'équation avec A et Z inconnus, appliquer les deux lois de conservation, puis chercher l'élément de numéro atomique Z dans le tableau.

3.1 Dans la loi de décroissance radioactive, donner la signification de N_0 et de N.

N_0 est le nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon à l'instant $t = 0$, choisi comme origine des temps.

N est le nombre de noyaux radioactifs encore présents à l'instant t, c'est-à-dire non désintégrés.

N_0 : nombre de noyaux radioactifs à $t = 0$; N : nombre de noyaux restants à la date t.

PIÈGE
Dire que N est le nombre de noyaux désintégrés. Celui-ci vaut $N_0 - N$.

3.2 Deux échantillons, l'un d'américium 241, l'autre de noyaux X2, contiennent chacun $1{,}0 \times 10^{10}$ noyaux à l'origine des temps. Calculer le nombre de noyaux présents 10 ans plus tard dans chaque échantillon.

Données utiles $N_0 = 1{,}0 \times 10^{10}$; $t_{1/2}(^{241}\mathrm{Am}) = 432$ ans ; $t_{1/2}(\mathrm{X2}) = 163$ jours ; 1 an = 365 jours

On applique $N = N_0\, e^{-\frac{(\ln 2)\, t}{t_{1/2}}}$ avec t et $t_{1/2}$ dans la même unité.

Américium 241, durées en années :

$$N = 1{,}0 \times 10^{10} \times e^{-\frac{\ln 2 \times 10}{432}} = 9{,}8 \times 10^{9}$$

Noyau X2 (curium 242), durées en jours, avec $t = 10 \times 365 = 3650$ jours :

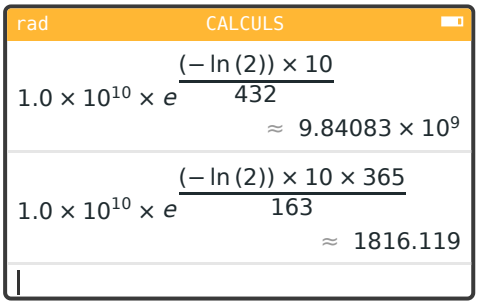
$$N = 1{,}0 \times 10^{10} \times e^{-\frac{\ln 2 \times 3650}{163}} = 1{,}8 \times 10^{3}$$

Après 10 ans, il reste $9{,}8 \times 10^{9}$ noyaux d'américium 241 et $1{,}8 \times 10^{3}$ noyaux X2.

PIÈGE
Garder $t = 10$ ans avec $t_{1/2} = 163$ jours. Le rapport $t/t_{1/2}$ n'a de sens que si les deux durées sont exprimées dans la même unité.

COMPRENDRE
N_0 est donné avec deux chiffres significatifs : les résultats en gardent deux. Dix ans représentent 22 demi-vies de X2, mais seulement 2 % d'une demi-vie de l'américium 241.

À LA CALCULATRICE



3.3 Conclure sur l'intérêt de cette méthode d'élimination des déchets nucléaires.

Données utiles nombres de noyaux restants après 10 ans (3.2)

En 10 ans, l'échantillon d'américium 241 a perdu moins de 2 % de ses noyaux, alors qu'il ne reste presque plus rien de l'échantillon de X2 (environ 2 noyaux sur 10 millions).

La transmutation remplace donc un noyau à demi-vie très longue (432 ans) par un noyau à demi-vie beaucoup plus courte (163 jours), qui disparaît en quelques années.

Les déchets transmutés restent radioactifs bien moins longtemps : la durée pendant laquelle il faut les stocker et les surveiller est fortement réduite.

COMPRENDRE
Le mécanisme étudié est simplifié : le plutonium 238 obtenu à la fin est lui-même radioactif. L'exercice ne compare que l'américium 241 et X2.

3.4 Justifier, à l'aide des demi-vies, la phrase : « Dans un échantillon issu d'américium 241, le nombre de noyaux X1 est toujours négligeable ».

Données utiles $t_{1/2}(\mathrm{X1}) = 16$ h ; $t_{1/2}(\mathrm{X2}) = 163$ jours ; $t_{1/2}(^{241}\mathrm{Am}) = 432$ ans

La demi-vie de X1 (16 heures) est très courte devant celle de X2 (163 jours) et celle de l'américium 241 (432 ans).

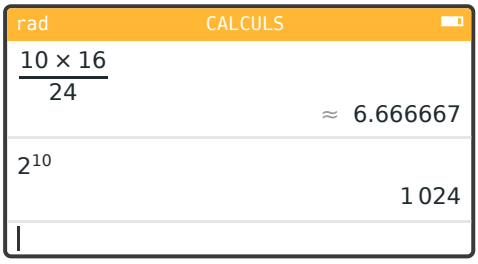
Un noyau X1 se désintègre donc en X2 très peu de temps après sa formation : au bout de 10 demi-vies, soit moins de 7 jours, il reste moins d'un millième des noyaux X1 formés.

Les noyaux X1 disparaissent presque aussitôt formés et ne s'accumulent pas : leur nombre reste négligeable devant ceux d'américium 241 et de X2.

MÉTHODE

Après n demi-vies, le nombre de noyaux est divisé par 2^n. Avec $n = 10$, il est divisé par 1024 : on retient qu'après 10 demi-vies, il reste environ un millième de l'échantillon.

À LA CALCULATRICE



Lumière et matière

Bac S 2010 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 2 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1 (Partie A) Donner le domaine des longueurs d'onde dans le vide associé aux radiations visibles.

Les radiations visibles ont une longueur d'onde dans le vide comprise entre le violet et le rouge :

$400\ \text{nm} \leqslant \lambda \leqslant 800\ \text{nm}$

COMPRENDRE
En dessous de 400 nm se trouve l'ultraviolet, au-dessus de 800 nm l'infrarouge. Le laser de l'exercice (411 nm) émet donc dans le violet, tout près de la limite du visible.

2 (Partie A) Une onde lumineuse est-elle une onde mécanique ? Justifier.

Une onde mécanique a besoin d'un milieu matériel pour se propager. La lumière se propage dans le vide (elle nous parvient du Soleil).

Non : la lumière n'est pas une onde mécanique, c'est une onde électromagnétique.

3 (Partie A) Donner la relation entre la longueur d'onde dans le vide λ, la célérité c de la lumière dans le vide et la période T. Préciser les unités.

La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période :

$\lambda = cT$, avec λ en m, c en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et T en s.

4 (Partie A) En déduire la période T d'une onde électromagnétique de longueur d'onde 411 nm.

Données utiles $\lambda = 411\ \text{nm}$; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

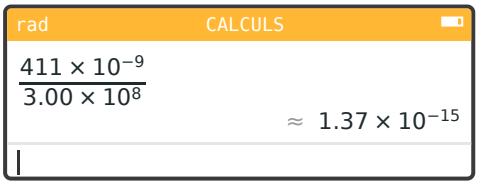
$$T = \frac{\lambda}{c} = \frac{411 \times 10^{-9}}{3{,}00 \times 10^{8}}$$

$T = 1{,}37 \times 10^{-15}\ \text{s}$

PIÈGE
Laisser λ en nanomètres : il faut l'écrire 411×10^{-9} m avant de diviser par c.

COMPRENDRE
λ et c sont donnés avec trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois.

À LA CALCULATRICE



5 (Partie A) Donner la relation entre l'écart angulaire θ du faisceau diffracté, la longueur d'onde λ et la largeur a de la fente.

$\theta = \dfrac{\lambda}{a}$, avec θ en radian, λ et a dans la même unité (en m).

COMPRENDRE
θ est le demi-angle d'ouverture du faisceau : il est repéré sur le schéma entre l'axe du montage et le bord de la tache centrale.

6 (Partie A) Avec l'approximation $\tan\theta \approx \theta$, donner la relation entre θ, la distance D fente-écran et la largeur d de la tache centrale.

Dans le triangle rectangle formé par l'axe du montage, l'écran et le bord du faisceau, le côté opposé à θ mesure $\frac{d}{2}$ et le côté adjacent mesure D :

$\tan\theta = \frac{d/2}{D} = \frac{d}{2D}$

Comme l'angle est petit, $\tan\theta \approx \theta$:

$$\theta = \frac{d}{2D}$$

PIÈGE

Écrire $\theta = \frac{d}{D}$: l'angle θ ne voit que la moitié de la tache centrale, d'où le facteur 2.

7 (Partie A) Établir la relation $\frac{\lambda}{a} = \frac{d}{2D}$.

Les questions 5 et 6 donnent deux expressions du même angle : $\theta = \frac{\lambda}{a}$ et $\theta = \frac{d}{2D}$. En les égalant :

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{d}{2D}$$

8 (Partie A) Calculer les valeurs de a pour les deux conditions expérimentales proposées.

Données utiles $\lambda = 411$ nm ; $D = 20$ cm ; $d = 1{,}0$ mm puis $d = 0{,}10$ mm

D'après la question 7 : $a = \frac{2\lambda D}{d}$, avec $D = 0{,}20$ m.

Pour $d = 1{,}0$ mm : $a = \frac{2 \times 411 \times 10^{-9} \times 0{,}20}{1{,}0 \times 10^{-3}} = 1{,}6 \times 10^{-4}$ m

Pour $d = 0{,}10$ mm : $a = \frac{2 \times 411 \times 10^{-9} \times 0{,}20}{0{,}10 \times 10^{-3}} = 1{,}6 \times 10^{-3}$ m

$a = 0{,}16$ mm pour $d = 1{,}0$ mm ; $a = 1{,}6$ mm pour $d = 0{,}10$ mm

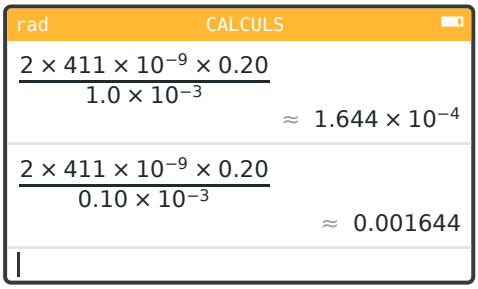
PIÈGE

Mélanger les unités : λ en nm, D en cm et d en mm doivent tous être convertis en mètres.

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme D et d. La tache est dix fois plus large quand la fente est dix fois plus fine : d et a sont inversement proportionnels.

À LA CALCULATRICE



9 (Partie A) En utilisant les résultats de la question 8, expliquer pourquoi il n'est pas possible d'utiliser une fente trop fine dans un spectrophotomètre.

La question 8 montre que plus la fente est fine, plus la tache centrale est large : la fente de $0{,}16$ mm donne une tache dix fois plus large que celle de $1{,}6$ mm.

Avec une fente trop fine, la diffraction étale donc le faisceau au lieu de le garder étroit : la lumière sélectionnée n'est plus concentrée sur la cuve et le détecteur en reçoit trop peu.

Une fente trop fine diffracte la lumière : le faisceau s'élargit et la lumière qui traverse la cuve devient trop faible.

1 (Partie B) Calculer le volume V_0 de solution mère nécessaire pour préparer la solution fille.

Données utiles $C_0 = 5{,}0 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $C_1 = 3{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_1 = 50{,}0\ \text{mL}$

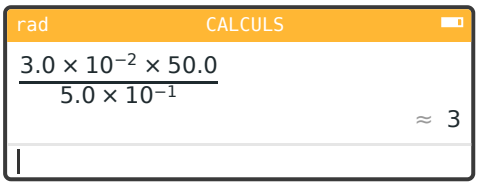
Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté prélevée se retrouve intégralement dans la solution fille : $C_0\,V_0 = C_1\,V_1$.

$$V_0 = \frac{C_1\,V_1}{C_0} = \frac{3{,}0 \times 10^{-2} \times 50{,}0}{5{,}0 \times 10^{-1}}$$

$V_0 = 3{,}0$ mL

COMPRENDRE
Inutile de convertir V_1 en litres : les concentrations se simplifient et V_0 sort dans l'unité de V_1.

À LA CALCULATRICE



2 (Partie B) Choisir, dans la liste proposée, le matériel nécessaire à la préparation de la solution fille.

Données utiles $V_0 = 3{,}0$ mL (Q1) ; $V_1 = 50{,}0$ mL

- Bécher de 50 mL : pour y verser un peu de solution mère, dans laquelle on prélève.
- Pipette graduée de 5,0 mL : pour prélever $V_0 = 3{,}0$ mL (aucune pipette jaugée de la liste ne convient).
- Fiole jaugée de 50,0 mL : pour ajuster le volume de la solution fille à $V_1 = 50{,}0$ mL.

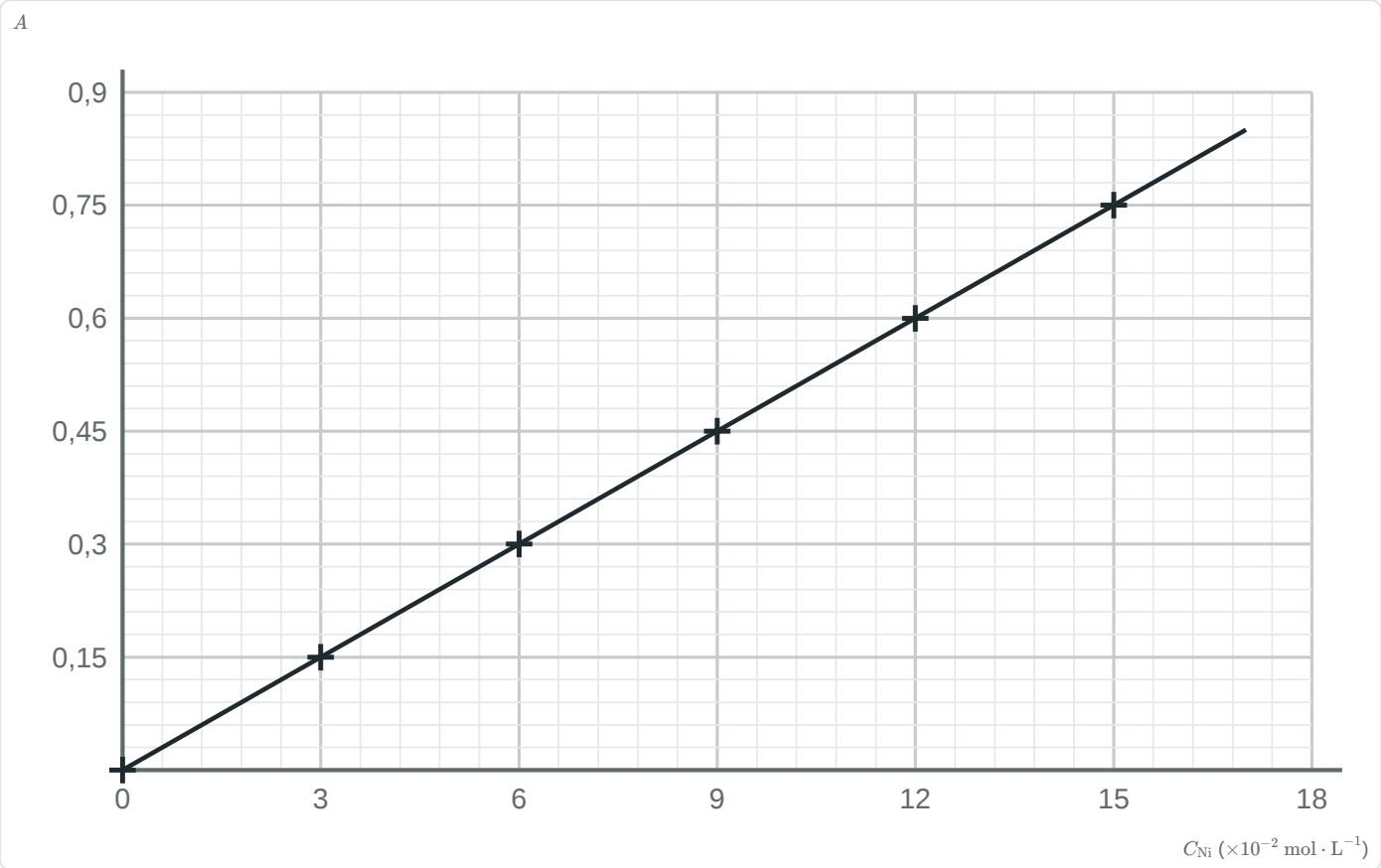
Bécher de 50 mL, pipette graduée de 5,0 mL et fiole jaugée de 50,0 mL.

PIÈGE
Choisir l'éprouvette graduée ou l'erlenmeyer : ils sont trop peu précis pour une solution étalon. La pipette jaugée de 10,0 mL ne délivre que 10,0 mL.

3 (Partie B) Tracer la courbe représentant l'absorbance A en fonction de la concentration, avec l'échelle imposée.

On place les six points du tableau, avec 2 cm pour $3{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en abscisse et 2 cm pour $0{,}15$ en ordonnée. Les points sont alignés : on trace à la règle la droite qui passe par l'origine et par tous les points.

Le graphique est une droite passant par l'origine.



3 · Absorbance en fonction de la concentration en chlorure de nickel (II)

4 (Partie B) À l'aide de la forme du graphique, déterminer la relation entre A et C_{Ni}.

Le graphique est une droite passant par l'origine : A est proportionnelle à C_{Ni}, soit $A = k\,C_{Ni}$.

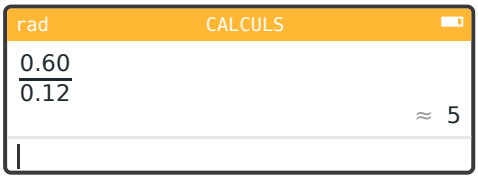
Le coefficient directeur se calcule avec l'origine et le point $(1{,}2 \times 10^{-1}\ ;\ 0{,}60)$:

$$k = \frac{0{,}60 - 0}{1{,}2 \times 10^{-1} - 0} = 5{,}0\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$\boxed{A = 5{,}0 \times C_{Ni}, \text{ avec } C_{Ni} \text{ en mol} \cdot \text{L}^{-1}}$

COMPRENDRE
Cette proportionnalité entre absorbance et concentration est la loi de Beer-Lambert. L'absorbance n'a pas d'unité, donc k s'exprime en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE



5 (Partie B) L'absorbance de la solution inconnue est de 0,50. Calculer sa concentration C en ions nickel (II).

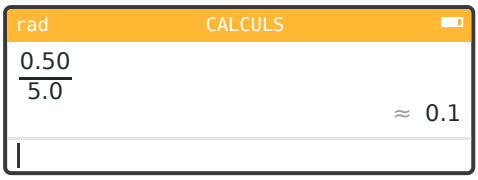
Données utiles $A = 0{,}50$; $k = 5{,}0\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ (Q4)

$$C = \frac{A}{k} = \frac{0{,}50}{5{,}0}$$

$\boxed{C = 0{,}10\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}$

COMPRENDRE
La valeur $0{,}50$ est comprise entre les absorbances des solutions étalons (0 à $0{,}75$) : la relation de la question 4 s'applique bien.

À LA CALCULATRICE

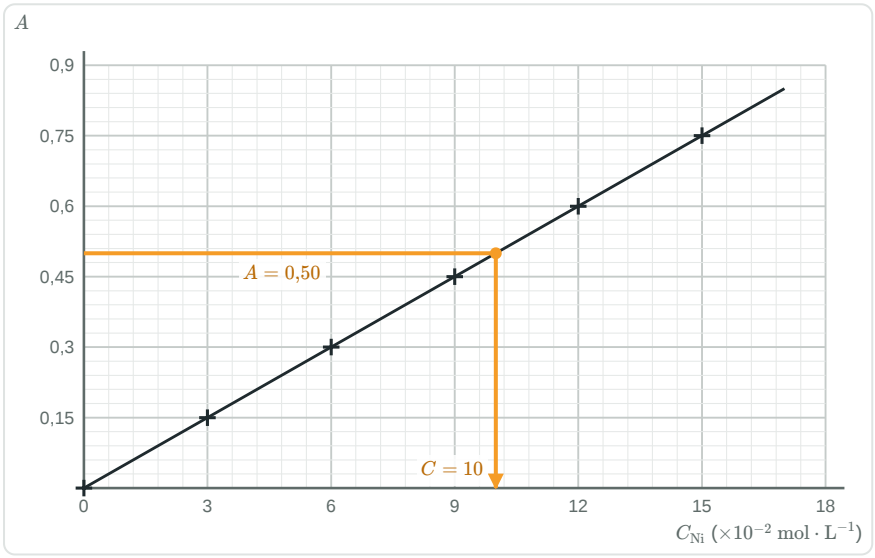


6 (Partie B) Vérifier graphiquement la valeur de la concentration C. Justifier à l'aide du graphique.

Sur le graphique, on trace l'horizontale d'ordonnée $A = 0{,}50$ jusqu'à la droite d'étalonnage, puis on descend verticalement jusqu'à l'axe des abscisses : on lit 10×10^{-2} mol · L^{-1}.

Lecture graphique : $C = 0{,}10$ mol · L^{-1}, en accord avec le calcul de la question 5.

MÉTHODE
Laisser les traits de construction apparents sur le graphique : ce sont eux qui justifient la lecture.



6 · Lecture graphique de la concentration de la solution inconnue

1 (Partie C) Quelle est l'énergie du niveau fondamental ?

Le niveau fondamental est le niveau de plus basse énergie, celui pour lequel $n = 1$.

$E_1 = -13{,}6$ eV

2 (Partie C) Quelle est l'énergie nécessaire pour ioniser l'atome d'hydrogène ?

Ioniser l'atome, c'est faire passer son électron du niveau fondamental ($n = 1$) au niveau $n = \infty$, d'énergie nulle :

$E_{\text{ionisation}} = E_\infty - E_1 = 0 - (-13{,}6)$

$E_{\text{ionisation}} = 13{,}6$ eV

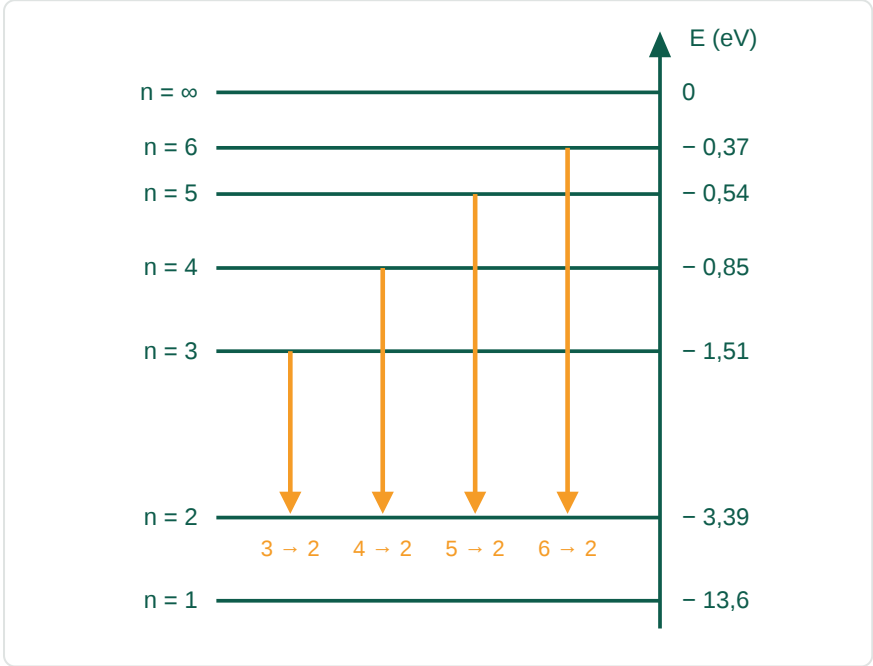
PIÈGE
Répondre $-13{,}6$ eV : l'énergie à fournir est positive, c'est l'écart entre les deux niveaux.

3.1 (Partie C) Représenter sur le diagramme du document 1 les quatre premières transitions de la série de Balmer.

La série de Balmer regroupe les transitions d'un niveau supérieur vers le niveau $n = 2$. Les quatre premières partent des niveaux $n = 3$, 4, 5 et 6. L'atome perd de l'énergie : les flèches sont dirigées vers le bas et s'arrêtent sur le niveau $n = 2$.

Quatre flèches descendantes : $3 \to 2$, $4 \to 2$, $5 \to 2$ et $6 \to 2$.

PIÈGE
Faire arriver les flèches sur le niveau fondamental $n = 1$, ou les orienter vers le haut (ce serait une absorption).



3.1 · Document 1 complété : les quatre premières transitions de la série de Balmer

3.2 (Partie C) Calculer en nm la longueur d'onde associée à la transition de l'atome d'hydrogène de $n = 6$ à $n = 2$.

Données utiles $E_6 = -0{,}37$ eV ; $E_2 = -3{,}39$ eV ; $1\text{ eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J ; $h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1}

En passant du niveau 6 au niveau 2, l'atome émet un photon dont l'énergie est égale à l'écart entre les deux niveaux :

$\Delta E = E_6 - E_2 = -0{,}37 - (-3{,}39) = 3{,}02$ eV, soit $\Delta E = 3{,}02 \times 1{,}60 \times 10^{-19} = 4{,}83 \times 10^{-19}$ J.

Or $\Delta E = \dfrac{h\,c}{\lambda}$, donc $\lambda = \dfrac{h\,c}{\Delta E}$:

$$\lambda = \frac{6{,}62 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{4{,}83 \times 10^{-19}} = 4{,}11 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

$\lambda = 411$ nm

PIÈGE
Laisser ΔE en électronvolts dans $\lambda = \dfrac{h\,c}{\Delta E}$: avec h en J · s, l'énergie doit être en joules.

MÉTHODE
Calculer l'écart d'énergie en valeur positive (niveau haut moins niveau bas), le convertir en joules, puis appliquer $\lambda = \dfrac{h\,c}{\Delta E}$ et convertir en nm.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$(3.39 - 0.37) \times 1.60 \times 10^{-19}$
$\approx 4.832 \times 10^{-19}$

$\dfrac{6.62 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{4.832 \times 10^{-19}}$
$\approx 4.110099 \times 10^{-7}$

3.3 (Partie C) Une lampe à vapeur d'hydrogène est-elle utilisable comme source de lumière pour analyser l'absorbance de solutions de chlorure de nickel (II) à 411 nm ?

Données utiles $\lambda = 411$ nm pour la transition $6 \rightarrow 2$ (Q3.2)

La mesure d'absorbance se fait à 411 nm. D'après la question 3.2, la lampe à vapeur d'hydrogène émet justement une radiation de longueur d'onde 411 nm (transition $6 \rightarrow 2$).

Oui : la lampe à vapeur d'hydrogène émet la radiation de 411 nm nécessaire à cette mesure.

3.4 (Partie C) Peut-on tracer le spectre d'absorption du document 2 avec un spectrophotomètre équipé uniquement d'une lampe à vapeur d'hydrogène ? Cette source est-elle adaptée à un spectrophotomètre ?

Le spectre d'absorption du document 2 donne l'absorbance pour toutes les longueurs d'onde entre 380 nm et 800 nm : il faut une source qui émet toutes ces radiations, donc un spectre continu.

La lampe à vapeur d'hydrogène n'émet que quelques radiations visibles : son spectre est un spectre de raies. On n'obtiendrait que quelques points du document 2, pas la courbe.

Non : cette source à spectre de raies ne permet pas de tracer le spectre d'absorption ; un spectrophotomètre doit être équipé d'une source de lumière blanche, à spectre continu.

COMPRENDRE

Chaque raie correspond à une transition entre deux niveaux d'énergie de l'atome. Les niveaux étant quantifiés, seules quelques longueurs d'onde bien précises sont émises.

Un di antalgique, le salipran

Bac S 2010 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Sur l'annexe 1, entourer le groupe hydroxyle du paracétamol, le groupe caractéristique de la fonction acide carboxylique de l'aspirine et les groupes caractéristiques des deux fonctions ester du bénorilate.

Paracétamol : le groupe hydroxyle est $-\mathrm{OH}$, fixé sur le cycle.

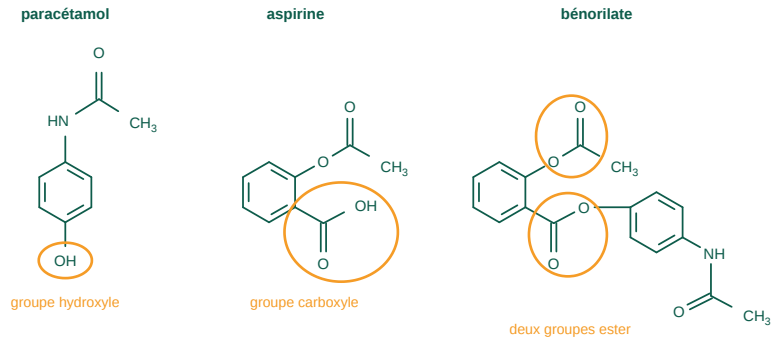
Aspirine : le groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$ (un carbone doublement lié à un O et lié à un OH).

Bénorilate : deux groupes ester $-\mathrm{COO}-$, c'est-à-dire un carbone doublement lié à un O et lié à un second O lui-même relié à un carbone.

Voir l'annexe 1 complétée : un groupe $-\mathrm{OH}$, un groupe $-\mathrm{COOH}$ et deux groupes $-\mathrm{COO}-$ entourés.

PIÈGE
Dans le bénorilate, ne pas entourer le groupe $-\mathrm{NH}-\mathrm{CO}^-$: c'est un amide, pas un ester. Et dans l'aspirine, le groupe du haut est un ester, pas le groupe carboxyle demandé.

MÉTHODE
Pour un ester, entourer le carbone, l'oxygène doublement lié et l'oxygène simplement lié : $\mathrm{C}(=\mathrm{O})-\mathrm{O}$. Entourer seulement $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ ne suffit pas.



1 · Annexe 1 complétée : groupes caractéristiques entourés

2.1.1 Quel est le nom de la transformation chimique qui donne le bénorilate à partir du paracétamol et de l'aspirine ?

Le groupe carboxyle de l'aspirine réagit avec le groupe hydroxyle du paracétamol : il se forme un ester (le bénorilate) et de l'eau.

C'est une **estérification**.

COMPRENDRE
Le texte d'introduction donne l'indice : le bénorilate y est présenté comme un ester obtenu à partir des deux molécules.

2.1.2 Écrire l'équation de la réaction en utilisant les formules brutes.

Acide carboxylique + composé hydroxylé $\rightleftharpoons$ ester + eau :

$$\mathrm{C_9H_8O_4} + \mathrm{C_8H_9O_2N} \rightleftharpoons \mathrm{C_{17}H_{15}O_5N} + \mathrm{H_2O}$$

MÉTHODE
Vérifier la conservation des éléments : C : $9+8=17$; H : $8+9=15+2$; O : $4+2=5+1$; N : $1=1$. Oublier $\mathrm{H_2O}$ se repère ainsi tout de suite.

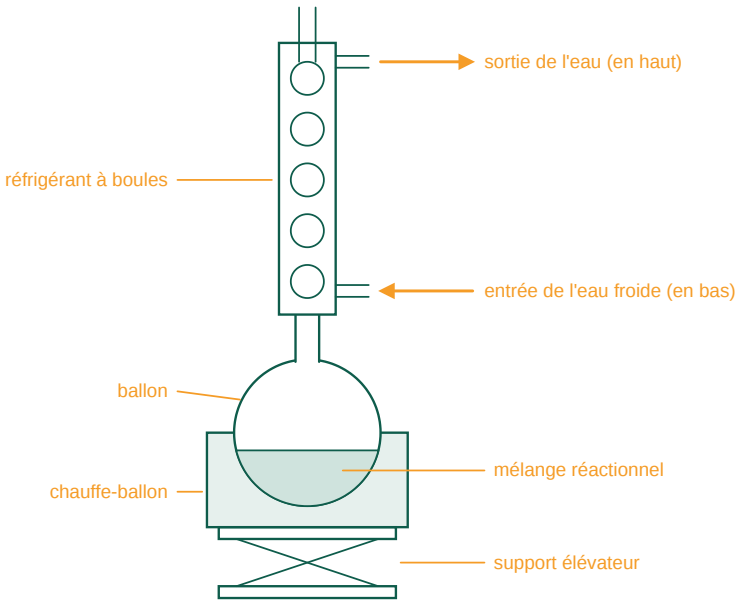
2.2.1 Sur l'annexe 2, annoter le montage correspondant à un chauffage à reflux et indiquer le sens de circulation de l'eau dans l'élément de verrerie repéré par la flèche.

Le chauffage à reflux est le schéma de gauche : un réfrigérant vertical surmonte directement le ballon. Le schéma de droite est un montage de distillation.

L'élément repéré par la flèche est le réfrigérant à boules. L'eau froide entre par le bas et ressort par le haut.

Montage de gauche annoté : réfrigérant à boules, ballon, mélange réactionnel, chauffe-ballon, support élévateur ; eau de bas en haut.

COMPRENDRE
L'eau entre par le bas pour que le manchon reste entièrement rempli : toute la paroi est alors refroidie. Le haut du réfrigérant reste ouvert, sinon la pression augmente dans le montage.



2.2.1 · Annexe 2 : montage de chauffage à reflux annoté (schéma de gauche du sujet)

2.2.2 Pourquoi faut-il chauffer ? Pourquoi à reflux ?

On chauffe car la température est un facteur cinétique : à température plus élevée, la transformation est plus rapide.

Le reflux évite les pertes de matière : les vapeurs qui s'élèvent se condensent dans le réfrigérant et retombent dans le ballon.

Chauffer **accélère** la transformation ; le reflux permet de chauffer **sans perdre** de réactifs ni de produits.

PIÈGE
Écrire que chauffer « augmente le rendement » : ici, la réponse attendue porte sur la durée de la transformation, pas sur son état final.

2.2.3 Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

L'acide sulfurique n'apparaît pas dans l'équation de la réaction : il n'est pas un réactif.

C'est un **catalyseur** : il accélère la transformation sans modifier l'état final.

COMPRENDRE
Un catalyseur est régénéré en fin de transformation : quelques gouttes suffisent.

2.2.4 Calculer les quantités de matière initiales des réactifs et montrer que le mélange initial de paracétamol et d'aspirine est stœchiométrique.

Données utiles $m_1 = 18{,}0$ g d'aspirine, $M_1 = 180\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $m_2 = 15{,}1$ g de paracétamol, $M_2 = 151\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Aspirine : $n_1 = \dfrac{m_1}{M_1} = \dfrac{18{,}0}{180} = 0{,}100\ \text{mol}$

Paracétamol : $n_2 = \dfrac{m_2}{M_2} = \dfrac{15{,}1}{151} = 0{,}100\ \text{mol}$

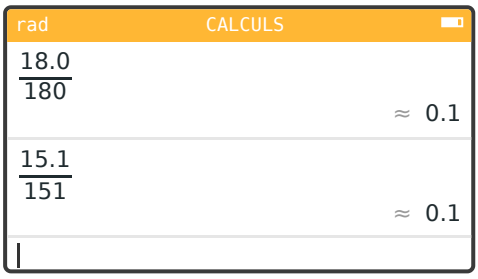
D'après l'équation (2.1.2), une mole d'aspirine réagit avec une mole de paracétamol. Le mélange est stœchiométrique si $\dfrac{n_1}{1} = \dfrac{n_2}{1}$, ce qui est le cas.

$n_1 = n_2 = 0{,}100\ \text{mol}$: le mélange initial est stœchiométrique.

PIÈGE
Se contenter de constater $n_1 = n_2$ sans citer les nombres stœchiométriques de l'équation : l'égalité ne prouve rien si les coefficients ne sont pas tous deux égaux à 1.

COMPRENDRE
Les masses et les masses molaires ont trois chiffres significatifs : on écrit $0{,}100$ mol et non $0{,}1$ mol.

À LA CALCULATRICE



2.2.5 Calculer le rendement de la synthèse.

Données utiles $m = 18{,}8$ g de bénorilate obtenu ; $M = 313\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $n_1 = n_2 = 0{,}100$ mol (2.2.4)

Si la transformation était totale, il se formerait $n_{\max} = n_1 = 0{,}100\ \text{mol}$ de bénorilate, soit une masse :

$m_{\max} = n_{\max} \times M = 0{,}100 \times 313 = 31{,}3\ \text{g}$

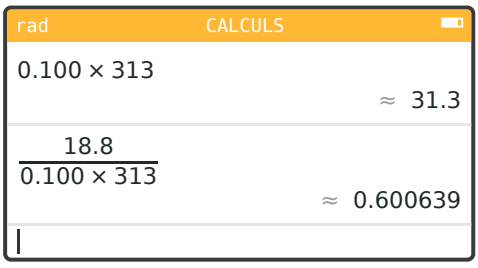
Rendement : $\eta = \dfrac{m}{m_{\max}} = \dfrac{18{,}8}{31{,}3} = 0{,}601$

$\eta = 60{,}1\ \%$

PIÈGE
Diviser la masse obtenue par la somme des masses de réactifs ($18{,}0 + 15{,}1$ g). Le rendement compare la masse obtenue à la masse maximale de **produit**.

COMPRENDRE
Le rendement est inférieur à 100 % : la transformation est limitée, et une partie du produit est perdue lors de la séparation et de la purification.

À LA CALCULATRICE



3.1 Quelles sont les deux molécules aux propriétés antalgiques obtenues après hydrolyse acide du bénorilate ?

L'hydrolyse est la réaction inverse de l'estérification : un ester et l'eau donnent un acide carboxylique et un composé hydroxylé.

L'hydrolyse de la fonction ester centrale redonne le paracétamol et l'aspirine. L'énoncé précise que les fonctions ester (au pluriel) sont hydrolysées : celle que porte encore l'aspirine l'est aussi, ce qui donne l'acide salicylique et de l'acide éthanoïque.

$$C_{17}H_{15}O_5N + 2\,H_2O \longrightarrow C_8H_9O_2N + C_7H_6O_3 + C_2H_4O_2$$

Les deux antalgiques libérés sont le **paracétamol** et l'**acide salicylique**.

COMPRENDRE
Le tableau fournit l'acide salicylique et sa propriété antalgique : c'est le signe qu'il est attendu ici. Si seule la fonction ester centrale est hydrolysée, on obtient le paracétamol et l'aspirine, elle aussi antalgique.

3.2 Justifier le qualificatif « di antalgique » donné au bénorilate.

Une seule molécule de bénorilate libère dans l'organisme, par hydrolyse, deux principes actifs différents qui combattent tous deux la douleur.

« Di antalgique » : une molécule, **deux** antalgiques libérés (paracétamol et acide salicylique).

Spécialité : Synthèse d'un amide

Bac S 2010 Amérique du Sud (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

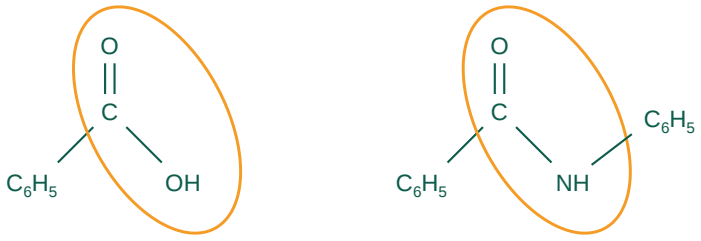
1 Recopier les molécules A et B, puis entourer et reconnaître les groupes caractéristiques acide carboxylique et amide.

Molécule A : le carbone porte à la fois une liaison double $C{=}O$ et un groupe $-OH$: c'est le groupe carboxyle, celui de la famille des acides carboxyliques.

Molécule B : le carbone du $C{=}O$ est directement lié à un atome d'azote : c'est le groupe amide.

A : groupe carboxyle $-COOH$ (acide carboxylique) ; B : groupe amide $-CO-NH^-$.

PIÈGE
Entourer seulement OH (ce serait un alcool) ou seulement NH (ce serait une amine). Le groupe comprend toujours le $C{=}O$ voisin.



A — groupe carboxyle : acide carboxylique

B — groupe amide

1 · Molécules A et B : groupes caractéristiques entourés

2 Quels sont les avantages d'un chauffage à reflux ?

Chauffer élève la température du mélange : la température est un facteur cinétique, la transformation est donc plus rapide.

Le réfrigérant à eau condense les vapeurs, qui retombent dans le ballon : il n'y a aucune perte de réactifs, de produit ni de solvant.

Le reflux accélère la transformation sans perte de matière.

COMPRENDRE
Le mélange bout à température constante, celle de l'ébullition du solvant : on peut chauffer trois heures sans que le ballon se vide.

3 Donner le rôle du toluène en utilisant le tableau fourni à la fin de l'exercice.

D'après le tableau, toutes les espèces citées sont solubles dans le toluène, en particulier le réactif solide (chlorure de N-phénylammonium) et le produit. Les réactifs dissous se rencontrent facilement dans un mélange homogène.

Le toluène est le solvant de la synthèse.

4 Calculer la quantité de matière n_1 de chlorure de benzoyle C_6H_5COCl.

Données utiles $V = 11{,}7\ \text{mL}$; $\rho = 1{,}21\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$; $M(C_6H_5COCl) = 140{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Le chlorure de benzoyle est un liquide : sa masse est $m_1 = \rho V$, avec $V = 11{,}7\ \text{mL} = 11{,}7\ \text{cm}^3$.

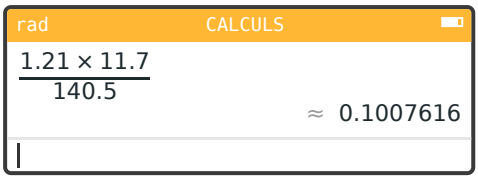
$$n_1 = \frac{\rho V}{M(C_6H_5COCl)} = \frac{1{,}21 \times 11{,}7}{140{,}5}$$

$n_1 = 0{,}101\ \text{mol}$

PIÈGE
Convertir le volume en litres alors que ρ est en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$: le résultat serait mille fois trop petit. Ici $1\ \text{mL} = 1\ \text{cm}^3$, aucune conversion.

COMPRENDRE
Les données ρ et V ont trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois.

À LA CALCULATRICE



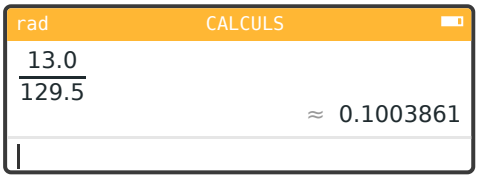
5 Calculer la quantité de matière n_2 de chlorure de N-phénylammonium $C_6H_5NH_3Cl$.

Données utiles $m_2 = 13{,}0$ g ; $M(C_6H_5NH_3Cl) = 129{,}5$ g · mol^{-1}

$$n_2 = \frac{m_2}{M(C_6H_5NH_3Cl)} = \frac{13{,}0}{129{,}5}$$

$n_2 = 0{,}100$ mol

À LA CALCULATRICE



6 Compléter le tableau d'avancement fourni en annexe et déterminer la valeur de l'avancement maximal x_{max}.

Données utiles $n_1 = 0{,}101$ mol (Q4) ; $n_2 = 0{,}100$ mol (Q5)

Les nombres stœchiométriques des deux réactifs valent 1 : dans l'état final il reste $n_1 - x_{max}$ et $n_2 - x_{max}$ (voir l'annexe).

Si C_6H_5COCl est limitant : $n_1 - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = 0{,}101$ mol.

Si $C_6H_5NH_3Cl$ est limitant : $n_2 - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = 0{,}100$ mol.

On retient la plus petite valeur : le réactif limitant est le chlorure de N-phénylammonium.

$x_{max} = n_2 = 0{,}100$ mol

COMPRENDRE
Les deux réactifs sont introduits presque dans les proportions stœchiométriques : le chlorure de benzoyle n'est en excès que de moins de 1 %.

	C_6H_5COCl +	$C_6H_5NH_3Cl$ =	$C_6H_5CONHC_6H_5$ +	2 HCl(g)
État initial	n_1	n_2	0	0
État final si la transformation est totale	$n_1 - x_{max}$	$n_2 - x_{max} = 0$	x_{max}	$2\,x_{max}$

6 · Annexe complétée : tableau d'avancement (quantités en mol)

7 Trouver la masse maximale de N-phénylbenzamide $C_6H_5NHCOC_6H_5$ qu'il est possible d'obtenir et en déduire le rendement de la transformation chimique.

Données utiles $x_{max} = n_2$ (Q6) ; masse isolée $m_{exp} = 11{,}2$ g ; masses molaires atomiques de C, H, N, O

Formule brute du produit : $C_{13}H_{11}NO$.

$M = 13 \times 12{,}0 + 11 \times 1{,}0 + 14{,}0 + 16{,}0 = 197{,}0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

D'après le tableau, $n(\text{amide})_{max} = x_{max}$, donc :

$$m_{max} = x_{max} \times M = \frac{13{,}0}{129{,}5} \times 197{,}0 = 19{,}8 \text{ g}$$

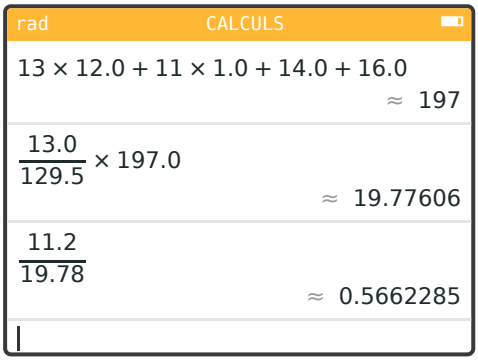
Rendement : $\eta = \dfrac{m_{exp}}{m_{max}} = \dfrac{11{,}2}{19{,}78} = 0{,}566$

$m_{max} = 19{,}8$ g et $\eta = 0{,}566$, soit environ $57\ \%$

PIÈGE
Oublier l'atome d'oxygène en comptant les atomes du produit : on trouverait $181{,}0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et un rendement faux.

MÉTHODE
Garder la valeur non arrondie de x_{max} dans la calculatrice. Avec $0{,}100$ mol arrondi, on obtient $19{,}7$ g : l'écart est accepté, le rendement reste voisin de 57 %.

À LA CALCULATRICE



8 Le solide brut contient le N-phénylbenzamide, du chlorure de N-phénylammonium et de l'acide benzoïque. À l'aide du tableau, expliquer le principe de la recristallisation.

À chaud, les trois espèces sont solubles dans le mélange éthanol-eau : on dissout tout le solide brut dans un minimum de solvant chaud.

À froid, seul le N-phénylbenzamide est insoluble : en refroidissant, il cristallise, tandis que les deux impuretés restent dissoutes.

Une filtration sépare alors les cristaux du liquide.

La recristallisation exploite la différence de solubilité à froid entre le produit (insoluble) et les impuretés (solubles).

COMPRENDRE
Une partie du produit reste malgré tout dissoute dans le solvant froid ou est perdue au filtrage : la purification explique en partie le rendement de 57 %.

9 La température de fusion mesurée pour le produit recristallisé est de 162 °C. Conclure sur sa pureté à l'aide du texte encadré.

Le texte indique que le N-phénylbenzamide pur fond à 162 °C. La valeur mesurée est identique.

Le produit recristallisé est pur.

COMPRENDRE
Une impureté abaisse la température de fusion et étale la fusion sur plusieurs degrés. On la mesure au banc Kofler.

10 Citer une autre méthode permettant d'estimer la pureté d'un produit de synthèse.

On dépose sur une même plaque le produit obtenu et le N-phénylbenzamide de référence. Après élution et révélation, un produit pur ne donne qu'une seule tache, à la même hauteur que la référence.

La chromatographie sur couche mince (CCM).