# Corrigé complet — Bac S 2012 Centres étrangers (ancien programme)

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


| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ex 1 | **Les prouesses du poisson archer**<br>Réfraction et lois de Descartes · Deuxième loi de Newton · Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme · Conservation de l'énergie mécanique · Niveaux d'énergie et photon | 9 pts | 1 h 57 | 21 questions | p. 2 |
| Ex 2 | **Réactions acido-basiques**<br>Couples acide/base de Brønsted · Taux d'avancement final · Constante d'acidité et pKa · Produit ionique de l'eau · Titrage pH-métrique · Indicateur coloré | 3 pts | 39 min | 9 questions | p. 9 |
| Ex 3 | **L'acide salicylique**<br>Groupes caractéristiques · Estérification · Chauffage à reflux · Rendement d'une synthèse · Quotient de réaction et constante d'équilibre · Taux d'avancement final | 4 pts | 52 min | 14 questions | p. 13 |
| Ex 4 | **Spécialité : Dosage du cuivre dans un laiton**<br>Oxydoréduction · Titrage indirect · Équivalence d'un titrage · Filtration sous vide · Dosage par étalonnage · Pourcentage massique | 4 pts | 52 min | 14 questions | p. 18 |


**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 prouesses du poisson archer

Bac S 2012 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 57**

**1.1.1** Nommer, en s'appuyant sur le texte, le phénomène physique mis en jeu lors de la visée de l'insecte par le poisson, et dire dans quelles conditions on l'observe.

Le texte évoque « la différence d'indice de réfraction entre l'eau et l'air » : le phénomène est la **réfraction** de la lumière.

Elle se produit quand la lumière passe d'un milieu transparent à un autre d'indice de réfraction différent (ici de l'air, $n_{air} = 1{,}0$, à l'eau, $n_{eau} = 1{,}33$), avec une incidence non nulle pour qu'il y ait déviation.

Réfraction : changement de milieu d'indices différents, le rayon est dévié s'il n'arrive pas perpendiculairement à la surface.

**COMPRENDRE**
La lumière va de l'insecte (dans l'air) vers l'œil du poisson (dans l'eau). Le poisson voit l'insecte dans le prolongement du rayon réfracté, donc à un endroit où il n'est pas.

**1.1.2** Justifier la phrase du texte : « Il voit donc théoriquement l'insecte où il est vraiment ».

**Données utiles** $n_{air} = 1{,}0$ ; $n_{eau} = 1{,}33$ ; $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

Dans cette hypothèse, le poisson est à la verticale de sa proie : le rayon issu de l'insecte arrive perpendiculairement à la surface de l'eau, donc $i_1 = 0^\circ$ (angle mesuré par rapport à la normale).

Loi de Descartes : $n_{air} \sin i_1 = n_{eau} \sin i_2$, soit $1{,}0 \times \sin 0^\circ = 1{,}33 \times \sin i_2$, donc $\sin i_2 = 0$.

$i_2 = 0^\circ$ : le rayon n'est pas dévié, le poisson voit l'insecte dans sa direction réelle.

**PIÈGE**
Les angles se mesurent par rapport à la normale à la surface, pas par rapport à la surface : un rayon vertical a une incidence de $0^\circ$, pas de $90^\circ$.

**1.2** Calculer la fréquence $f$ d'émission des jets d'eau.

**Données utiles** environ 8 tirs par minute

8 tirs en $\Delta t = 60$ s, donc la période vaut $T = \dfrac{60}{8} = 7{,}5$ s.

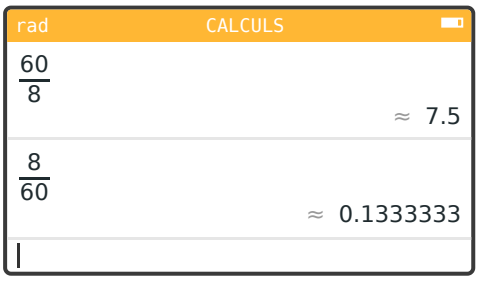
$$f = \frac{1}{T} = \frac{8}{60} = 0{,}13 \text{ Hz}$$

$f \approx 0{,}13$ Hz (soit environ $0{,}1$ Hz)

**PIÈGE**
Diviser par 10 minutes : la durée de 10 minutes indique seulement combien de temps le poisson peut tenir ce rythme.

**COMPRENDRE**
Le texte dit « environ 8 fois par minute » : la donnée est approximative, deux chiffres significatifs suffisent largement. On garde en général autant de chiffres significatifs que la donnée la moins précise.

**À LA CALCULATRICE**




**2.1.1** Qu'implique la phrase « l'action de l'air est négligeable » pour le bilan des forces ?

On ne tient compte ni des frottements de l'air ni de la poussée d'Archimède exercée par l'air sur la goutte.

La goutte n'est soumise qu'à son poids $\vec{P} = m\vec{g}$ : elle est en chute libre.

**2.1.2** En appliquant la deuxième loi de Newton dans le repère $(O;\vec{i};\vec{j})$, établir l'expression vectorielle puis les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}_G$.

Système : {goutte d'eau}, de masse $m$ constante ; référentiel terrestre supposé galiléen ; seule force : le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = m\,\vec{a}_G$, soit $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}_G$.

$$\vec{a}_G = \vec{g}$$

$\vec{g}$ est vertical, vers le bas, donc opposé à $\vec{j}$ :

$\vec{a}_G = \vec{g}$ ; coordonnées $a_x = 0$ et $a_y = -g$

**PIÈGE**
Oublier le signe « $-$ » : l'axe $(Oy)$ est orienté vers le haut alors que $\vec{g}$ est dirigé vers le bas.

**2.2.1** Exprimer les coordonnées du vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ en fonction de $\alpha$ et $v_0$.

$\vec{v}_0$ fait l'angle $\alpha$ avec l'horizontale $(Ox)$ :

$v_{0x} = v_0 \cos\alpha$ et $v_{0y} = v_0 \sin\alpha$

**MÉTHODE**
L'angle est repéré par rapport à l'axe $(Ox)$ : le cosinus va sur $x$, le sinus sur $y$. Si l'angle était donné par rapport à la verticale, ce serait l'inverse.

**2.2.2** Expliquer qualitativement pourquoi $v_x$ garde une valeur constante au cours du mouvement.

La coordonnée horizontale de l'accélération est nulle ($a_x = 0$, question 2.1.2), car le poids est vertical : aucune force n'agit horizontalement.

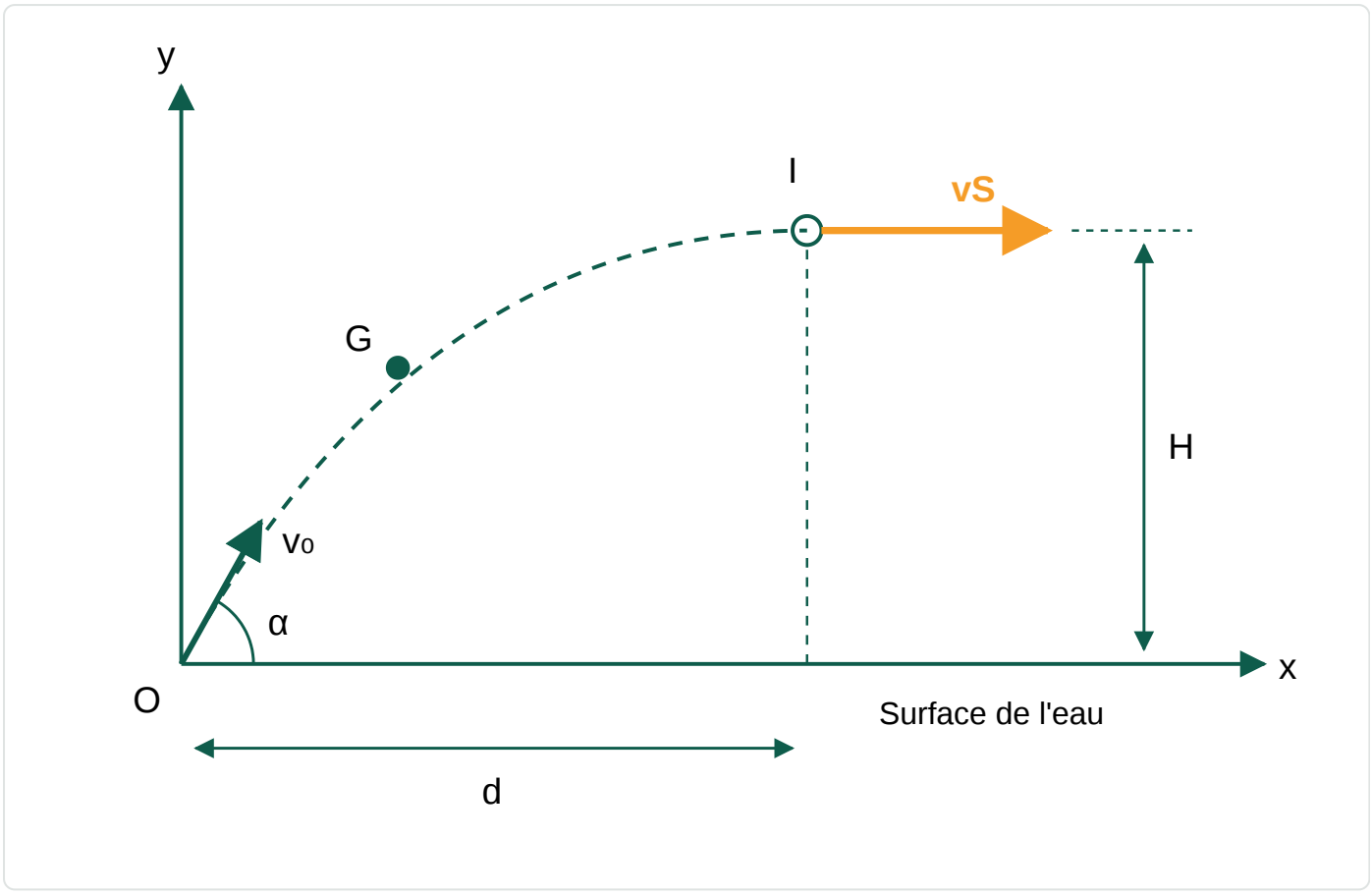
Comme $a_x = \dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = 0$, la vitesse horizontale ne varie pas.

$v_x$ est constante, égale à sa valeur initiale $v_0 \cos\alpha$.

**2.3.1** Dessiner sur la figure 1 de l'annexe, sans souci d'échelle, le vecteur vitesse $\vec{v}_S$ de G au moment de l'impact avec l'insecte.

L'impact a lieu au sommet de la trajectoire. Le vecteur vitesse est tangent à la trajectoire ; au sommet, la tangente est horizontale.

$\vec{v}_S$ part de I, horizontal, dirigé vers les $x$ croissants (sens du mouvement).




**2.3.1** · Figure 1 de l'annexe complétée : vecteur vitesse au sommet

**2.3.2** Exprimer les coordonnées de $\vec{v}_S$ en fonction de $v_0$ et $\alpha$.

Horizontalement, $v_x$ est constante (question 2.2.2) : $v_{Sx} = v_0 \cos\alpha$.

Au sommet, $\vec{v}_S$ est horizontal : $v_{Sy} = 0$.

$$v_{Sx} = v_0 \cos\alpha \text{ et } v_{Sy} = 0$$

**PIÈGE**
Croire que la vitesse est nulle au sommet : seule sa coordonnée verticale s'annule, la goutte continue d'avancer horizontalement.

**2.3.3.1** Exprimer l'énergie mécanique du jet d'eau au point O en fonction de $m$, $v_0$, $\alpha$, $g$ et $H$.

**Données utiles** $E_p = 0$ pour $y = 0$ (surface de l'eau)

$E_m(O) = E_c(O) + E_p(O) = \frac{1}{2} m v_0^2 + m g y_O$ avec $y_O = 0$.

$$E_m(O) = \frac{1}{2} m v_0^2$$

**2.3.3.2** Exprimer l'énergie mécanique du jet d'eau au moment de l'impact avec la mouche.

Au point I : $y_I = H$ et $v_S^2 = v_{Sx}^2 + v_{Sy}^2 = v_0^2 \cos^2\alpha$ (question 2.3.2).

$E_m(I) = \frac{1}{2} m v_S^2 + m g H$

$$E_m(I) = \frac{1}{2} m v_0^2 \cos^2\alpha + m g H$$

**PIÈGE**
Prendre une énergie cinétique nulle en I, ce qui revient à supposer la vitesse nulle au sommet.

**2.3.4** En déduire que l'angle $\alpha$ permettant d'atteindre la mouche vérifie $\sin\alpha = \dfrac{\sqrt{2\times g\times H}}{v_0}$, puis vérifier que $\alpha$ vaut 74°.

**Données utiles** $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; $v_0 = 4{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; $H = 75\ \text{cm} = 0{,}75\ \text{m}$

L'action de l'air est négligée : l'énergie mécanique se conserve, $E_m(O) = E_m(I)$.

$\dfrac{1}{2}\,m\,v_0^2 = \dfrac{1}{2}\,m\,v_0^2\cos^2\alpha + m\,g\,H$, d'où, en divisant par $m$ et en multipliant par 2 :

$v_0^2\,(1-\cos^2\alpha) = 2\,g\,H$, or $1-\cos^2\alpha = \sin^2\alpha$, donc $v_0^2\sin^2\alpha = 2\,g\,H$.

Comme $0 < \alpha < 90^\circ$, $\sin\alpha > 0$ :

$$\sin\alpha = \frac{\sqrt{2\,g\,H}}{v_0} = \frac{\sqrt{2\times 9{,}81\times 0{,}75}}{4{,}0} = 0{,}959$$

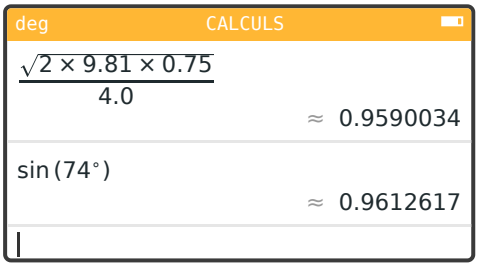
$\alpha = \arcsin(0{,}959) = 73{,}5^\circ$

$\alpha \approx 74^\circ$, valeur attendue

**PIÈGE**
Laisser $H$ en centimètres. Calculatrice en mode degrés pour arcsin (touche $\sin^{-1}$).

**COMPRENDRE**
Cet angle est cohérent avec le texte, qui signale des tirs entre 70° et 80°.

**À LA CALCULATRICE**




**2.4.1** À partir de la question 2.1.2, montrer que les équations horaires sont $x(t) = v_0\cos\alpha\times t$ et $y(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + v_0\sin\alpha\times t$.

$\vec{a}_G = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$ avec $a_x = 0$ et $a_y = -g$. Par primitivation :

$v_x(t) = C_1$ et $v_y(t) = -g\,t + C_2$. À $t = 0$, $\vec{v} = \vec{v}_0$ : $C_1 = v_0\cos\alpha$ et $C_2 = v_0\sin\alpha$.

$v_x(t) = v_0\cos\alpha$ ; $\quad v_y(t) = -g\,t + v_0\sin\alpha$

$\vec{v} = \dfrac{\mathrm{d}\overrightarrow{OG}}{\mathrm{d}t}$, d'où par primitivation :

$x(t) = v_0\cos\alpha\times t + C_3$ et $y(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + v_0\sin\alpha\times t + C_4$. À $t = 0$, G est en O : $C_3 = C_4 = 0$.

$x(t) = v_0\cos\alpha\times t$ et $y(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + v_0\sin\alpha\times t$

**MÉTHODE**
Accélération, puis vitesse, puis position : à chaque primitivation, une constante par coordonnée, fixée par les conditions initiales ($\vec{v}_0$, puis la position de départ).

**2.4.2** Montrer que, pour échapper au jet d'eau, la mouche doit avoir un temps de réaction $t_R$ inférieur ou égal à 0,39 s.

**Données utiles** $v_0 \sin\alpha = \sqrt{2\,g\,H}$ (Q2.3.4) ; $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ; $H = 0{,}75\ \text{m}$

L'impact a lieu au sommet, à la date $t_I$ où $v_y(t_I) = 0$ :

$$-g\,t_I + v_0 \sin\alpha = 0, \text{ donc } t_I = \frac{v_0 \sin\alpha}{g} = \frac{\sqrt{2\,g\,H}}{g}$$

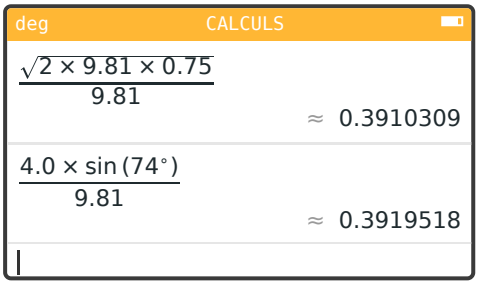
$$t_I = \frac{\sqrt{2 \times 9{,}81 \times 0{,}75}}{9{,}81} = 0{,}39\ \text{s}$$

La mouche s'échappe si elle réagit avant l'arrivée de l'eau, donc si $t_R$ ne dépasse pas $t_I$.

$t_I = 0{,}39$ s, d'où la condition $t_R \leq 0{,}39$ s

**COMPRENDRE**
Avec $\alpha = 74^\circ$ on trouve aussi 0,39 s. Passer par $\sqrt{2gH}$ évite l'arrondi de l'angle. En toute rigueur, il faut que la mouche parte strictement avant l'impact ($t_R < t_I$).

**À LA CALCULATRICE**




**2.4.3** En déduire que la distance $d$ indiquée sur la figure 1 vaut environ 43 cm.

**Données utiles** $v_0 = 4{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; $\alpha = 74^\circ$ (Q2.3.4) ; $t_I = 0{,}391$ s (Q2.4.2)

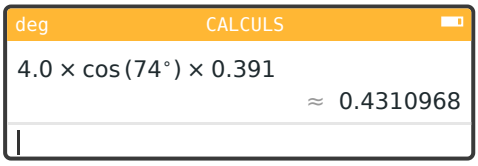
$d$ est l'abscisse de G à la date de l'impact : $d = x(t_I) = v_0 \cos\alpha \times t_I$.

$$d = 4{,}0 \times \cos 74^\circ \times 0{,}391 = 0{,}43\ \text{m}$$

$d = 0{,}43\ \text{m} = 43\ \text{cm}$, valeur attendue

**COMPRENDRE**
Le résultat est sensible à l'arrondi de l'angle : avec $\alpha = 73{,}5^\circ$ non arrondi, on obtient $0{,}44$ m. Les deux valeurs s'accordent avec « environ 43 cm » à la précision des données.

**À LA CALCULATRICE**




**3.1** Situer le domaine des longueurs d'onde des ultraviolets par rapport à celui des radiations visibles.

Le visible s'étend d'environ 400 nm (violet) à 750 nm (rouge).

Les ultraviolets ont des longueurs d'onde plus courtes que le visible : $\lambda < 400$ nm.

**PIÈGE**
Confondre avec l'infrarouge, situé au-delà du rouge ($\lambda > 750$ nm).

**3.2.1** Justifier l'appellation « plein spectre » de ce type de tube.

Le spectre de la figure 2 est continu de 400 nm à 750 nm environ : il contient des radiations de toutes les couleurs, du violet au rouge, comme la lumière du jour.

« Plein spectre » : le tube émet sur tout le domaine visible.

**COMPRENDRE**
Les pics intenses (vers 405, 436, 546 et 615 nm environ) se superposent à ce fond continu ; plusieurs coïncident avec des raies du mercure.

**3.2.2** À partir du texte, indiquer le rôle du mercure dans le tube fluorescent.

Sous l'effet de la décharge électrique, la vapeur de mercure émet un rayonnement ultraviolet.

Le mercure produit le rayonnement ultraviolet que la poudre fluorescente transforme ensuite en lumière visible.

**3.3.1** Nommer le niveau d'énergie $E_0$ et les niveaux $E_1$ à $E_4$.

$E_0$ est le **niveau fondamental** (énergie la plus basse) ; $E_1$ à $E_4$ sont des **niveaux excités**.

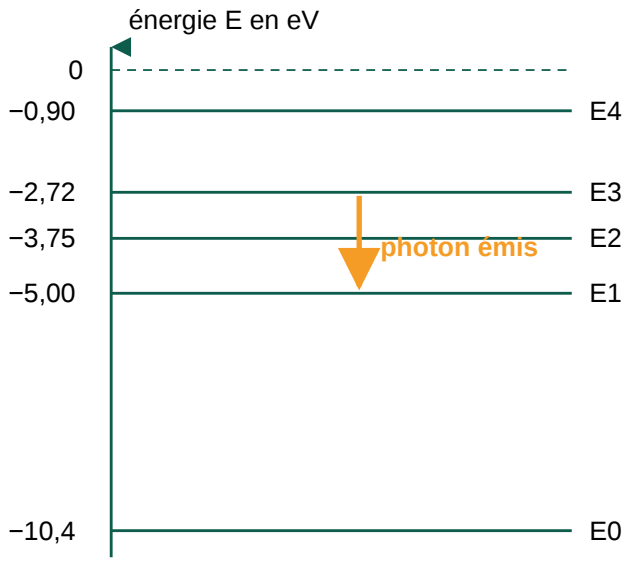
**COMPRENDRE**
Le niveau $E = 0$ correspond à l'atome ionisé : l'électron n'est plus lié au noyau.

**3.3.2** Représenter sur la figure 3 la transition entre $E_1$ et $E_3$ qui correspond à une radiation émise, et préciser son sens.

Il s'agit d'une émission : l'atome perd de l'énergie en émettant un photon. Il passe donc du niveau le plus haut au plus bas.

Transition de $E_3$ vers $E_1$ (flèche dirigée vers le bas sur la figure 3).

**PIÈGE**
Flèche de $E_1$ vers $E_3$ : ce serait une absorption, pas une émission.




**3.3.2** · Figure 3 complétée : transition d'émission de E3 vers E1

**3.3.3** Calculer la longueur d'onde du photon émis lors de cette transition. Est-elle cohérente avec les données ?

**Données utiles** $E_3 = -2{,}72$ eV ; $E_1 = -5{,}00$ eV ; $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s$^{-1}$ ; 1 eV $= 1{,}60 \times 10^{-19}$ J

Énergie du photon : $\Delta E = E_3 - E_1 = -2{,}72 - (-5{,}00) = 2{,}28$ eV $= 2{,}28 \times 1{,}60 \times 10^{-19}$ J.

$\Delta E = \dfrac{h\,c}{\lambda}$, donc $\lambda = \dfrac{h\,c}{E_3 - E_1}$

$$\lambda = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{2{,}28 \times 1{,}60 \times 10^{-19}} = 5{,}45 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

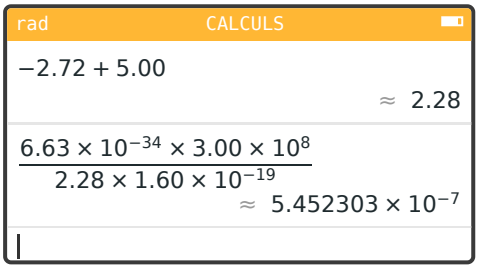
$\lambda = 545$ nm : cette valeur est dans le visible (vert, 491 à 575 nm) et correspond, à 1 nm près, à la raie du mercure à 546 nm.

$\lambda = 5{,}45 \times 10^{-7}$ m $= 545$ nm, cohérent avec la raie à 546 nm

**PIÈGE**
Oublier de convertir l'énergie en joules : $h$ est en J · s.

**COMPRENDRE**
Le petit écart avec 546 nm vient de l'arrondi des niveaux d'énergie à trois chiffres significatifs.

**À LA CALCULATRICE**



# Réactions acido-basiques

Bac S 2012 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 2 **3 points** **Durée conseillée 39 min**

**1.1** Vrai ou faux : l'équation de la réaction entre l'acide éthanoïque et l'eau s'écrit $CH_3COOH\,(aq) + H_2O\,(l) = CH_3COO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$.

Demi-équations des deux couples mis en jeu :

$CH_3COOH\,(aq) = CH_3COO^-\,(aq) + H^+$ (couple $CH_3COOH/CH_3COO^-$, l'acide cède un proton)

$H_2O\,(l) + H^+ = H_3O^+\,(aq)$ (couple $H_3O^+/H_2O$, l'eau joue le rôle de base)

La somme donne $CH_3COOH\,(aq) + H_2O\,(l) = CH_3COO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$.

**VRAI**

**MÉTHODE**
Une réaction acido-basique est un échange de proton entre l'acide d'un couple et la base d'un autre : on écrit les deux demi-équations, puis on les additionne pour que $H^+$ disparaisse.

**1.2** Vrai ou faux : cette transformation est limitée.

**Données utiles** $C = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; $\text{pH} = 3{,}4$

Taux d'avancement final : $\tau = \dfrac{x_f}{x_{max}}$.

L'eau est le solvant, donc en excès : l'acide est le réactif limitant, $x_{max} = C\,V$.

D'après l'équation, $x_f = [H_3O^+]_f\,V = 10^{-\text{pH}}\,V$.

$$\tau = \frac{10^{-\text{pH}}}{C} = \frac{10^{-3{,}4}}{1{,}0 \times 10^{-2}} = 4{,}0 \times 10^{-2}$$

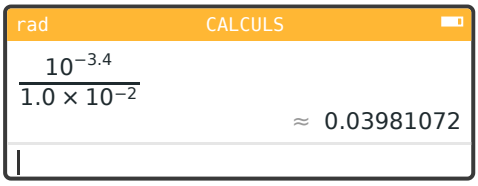
$\tau < 1$ : l'avancement final est inférieur à l'avancement maximal.

$\tau = 4{,}0 \times 10^{-2} < 1$ : **VRAI**, la transformation est limitée.

**PIÈGE**
Prendre $x_{max}$ en fonction de l'eau : elle est en excès, c'est l'acide qui limite.

**COMPRENDRE**
Deux chiffres significatifs, comme $C$ ; un pH donné avec une décimale fournit une concentration à deux chiffres au mieux. Seules 4 molécules d'acide sur 100 ont réagi avec l'eau.

**À LA CALCULATRICE**




**1.3** Vrai ou faux : le rapport $\dfrac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}$ des concentrations à l'état final vaut environ 25.

**Données utiles** $K_{a1} = 1{,}6 \times 10^{-5}$ ; $\text{pH} = 3{,}4$

À l'équilibre : $K_{a1} = Q_{r,éq} = \dfrac{[CH_3COO^-]_f\,[H_3O^+]_f}{[CH_3COOH]_f}$, donc

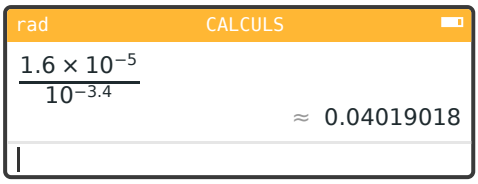
$$\frac{[CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f} = \frac{K_{a1}}{[H_3O^+]_f} = \frac{1{,}6 \times 10^{-5}}{10^{-3{,}4}} = 4{,}0 \times 10^{-2}$$

Le rapport vaut $4{,}0 \times 10^{-2}$, et non 25 : **FAUX**.

**PIÈGE**
25 est l'inverse de $4 \times 10^{-2}$ : c'est le rapport $\dfrac{[CH_3COOH]_f}{[CH_3COO^-]_f}$. Bien placer la base conjuguée au numérateur de $K_a$.

**COMPRENDRE**
Résultat cohérent avec 1.2 : la réaction est peu avancée, la forme acide prédomine. D'ailleurs $\text{pH} = 3{,}4 < \text{p}K_{a1} = 4{,}8$.

À LA CALCULATRICE




**2.1** Vrai ou faux : la concentration molaire en ammoniac apporté est de $4{,}2 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

**Données utiles** $V_{gaz} = 50$ mL ; $V_{sol} = 200$ mL ; $V_m = 24{,}0\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$

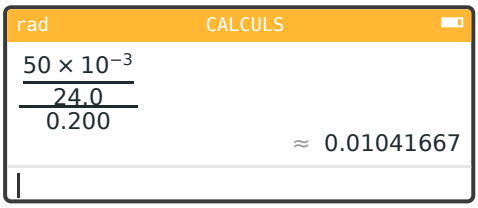
Quantité d'ammoniac dissous : $n = \dfrac{V_{gaz}}{V_m}$, d'où $C = \dfrac{n}{V_{sol}} = \dfrac{V_{gaz}}{V_m\, V_{sol}}$.

$$C = \frac{50 \times 10^{-3}}{24{,}0 \times 0{,}200} = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \neq 4{,}2 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ : **FAUX**.

**PIÈGE**
Mélanger les unités : avec $V_m$ en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$, les deux volumes doivent être en litres. Oublier de diviser par $V_{sol}$ donne une quantité de matière, pas une concentration.

À LA CALCULATRICE




**2.2** Vrai ou faux : l'ammoniac est un acide au sens de Brønsted.

Dans la réaction avec l'eau, l'ammoniac capte un proton : $\text{NH}_3 + \text{H}^+ = \text{NH}_4^+$.

Un acide de Brønsted cède un proton ; une base de Brønsted en capte un.

L'ammoniac est une **base** de Brønsted (couple $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$) : **FAUX**.

**COMPRENDRE**
Dans cette réaction, l'eau cède un proton : elle joue le rôle d'acide (couple $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$). L'eau est amphotère, base dans la question 1.1 et acide ici.

**2.3** Vrai ou faux : la constante d'équilibre $K$ associée à la transformation vaut $1{,}6 \times 10^{-5}$.

**Données utiles** $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$ ; $K_{a2} = 6{,}3 \times 10^{-10}$

$\text{NH}_3\,(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l}) = \text{NH}_4^+\,(\text{aq}) + \text{HO}^-\,(\text{aq})$ $\qquad K = \dfrac{[\text{NH}_4^+]_{éq}\,[\text{HO}^-]_{éq}}{[\text{NH}_3]_{éq}}$

On multiplie numérateur et dénominateur par $[\text{H}_3\text{O}^+]_{éq}$ :

$$K = \frac{[\text{NH}_4^+]_{éq}}{[\text{NH}_3]_{éq}\,[\text{H}_3\text{O}^+]_{éq}} \times [\text{HO}^-]_{éq}\,[\text{H}_3\text{O}^+]_{éq} = \frac{K_e}{K_{a2}}$$

$$K = \frac{1{,}0 \times 10^{-14}}{6{,}3 \times 10^{-10}} = 1{,}6 \times 10^{-5}$$

$K = 1{,}6 \times 10^{-5}$ : **VRAI**.

**COMPRENDRE**
Le sujet écrit $\text{NH}_3\,(\text{g})$ dans l'équation : une fois dissous, l'ammoniac est en solution, $\text{NH}_3\,(\text{aq})$, et c'est sa concentration qui figure dans $K$.

**MÉTHODE**
Pour exprimer une constante à l'aide de $K_a$ et $K_e$, faire apparaître $[\text{H}_3\text{O}^+]$ en haut et en bas, puis regrouper les termes.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1.0 \times 10^{-14}}{6.3 \times 10^{-10}} \approx 1.587302 \times 10^{-5}$$

**3.1** Vrai ou faux : la courbe 2 est la courbe d'évolution du pourcentage d'acide méthanoïque.

**Données utiles** $C_a = 1{,}5 \times 10^{-2}$ mol · L$^{-1}$ ; $V_a = 10{,}0$ mL ; $C_b = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol · L$^{-1}$ ; figure 4

L'acide méthanoïque est consommé par les ions hydroxyde versés : son pourcentage diminue quand $V_b$ augmente, et s'annule à l'équivalence.

Volume équivalent : $C_a\,V_a = C_b\,V_E$, soit $V_E = \dfrac{C_a\,V_a}{C_b} = \dfrac{1{,}5 \times 10^{-2} \times 10{,}0}{1{,}0 \times 10^{-2}} = 15$ mL.

La courbe 2 décroît et atteint 0 % vers $V_b = 15$ mL ; la courbe 1 (ion méthanoate) croît jusqu'à 100 %.

**VRAI**

**COMPRENDRE**

La courbe 2 part de 90 % et non de 100 % : avant tout ajout de soude, l'acide a déjà un peu réagi avec l'eau (transformation limitée, comme en 1.2).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1.5 \times 10^{-2} \times 10.0}{1.0 \times 10^{-2}} \approx 15$$

**3.2** Vrai ou faux : le $\mathrm{p}K_a$ du couple $\mathrm{HCOOH/HCOO^-}$ est égal à 5,0.

**Données utiles** figure 4 ; $V_E = 15$ mL (Q3.1)

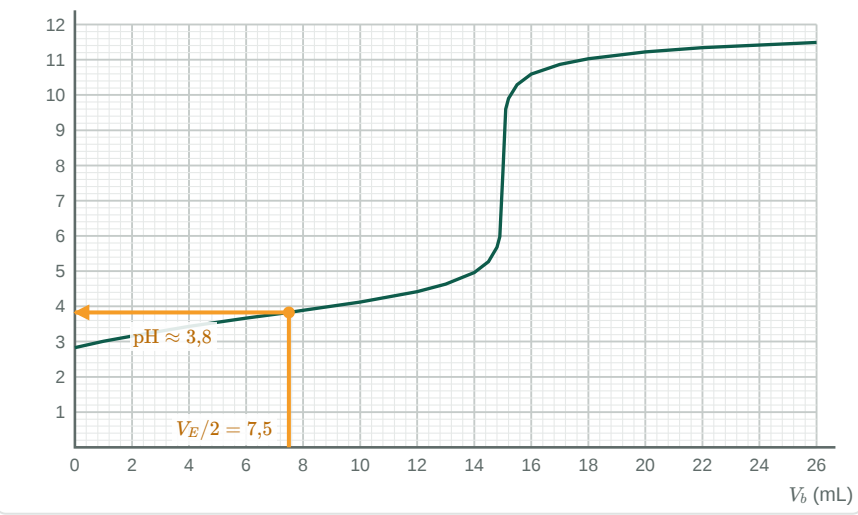
$\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_a + \log\dfrac{[\mathrm{HCOO^-}]}{[\mathrm{HCOOH}]}$ ; lorsque $[\mathrm{HCOO^-}] = [\mathrm{HCOOH}]$, $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_a$.

Les courbes 1 et 2 se croisent à 50 %, à la demi-équivalence $V_b = \dfrac{V_E}{2} \approx 7{,}5$ mL. Sur la courbe de pH, à ce volume : $\mathrm{pH} \approx 3{,}8$.

$\mathrm{p}K_a \approx 3{,}8 \neq 5{,}0$ : **FAUX**.

**PIÈGE**

5,0 est l'ordonnée du croisement des courbes 1 et 2 sur l'échelle de gauche : c'est le niveau 50 %, pas un pH. Il faut reporter l'abscisse du croisement sur la courbe de pH.




**3.2** · Courbe de pH de la figure 4, avec la lecture à la demi-équivalence

**3.3** Vrai ou faux : le rouge de crésol peut être utilisé comme indicateur coloré de fin de réaction.

**Données utiles** figure 4 ; zone de virage du rouge de crésol : $7{,}2 - 8{,}8$

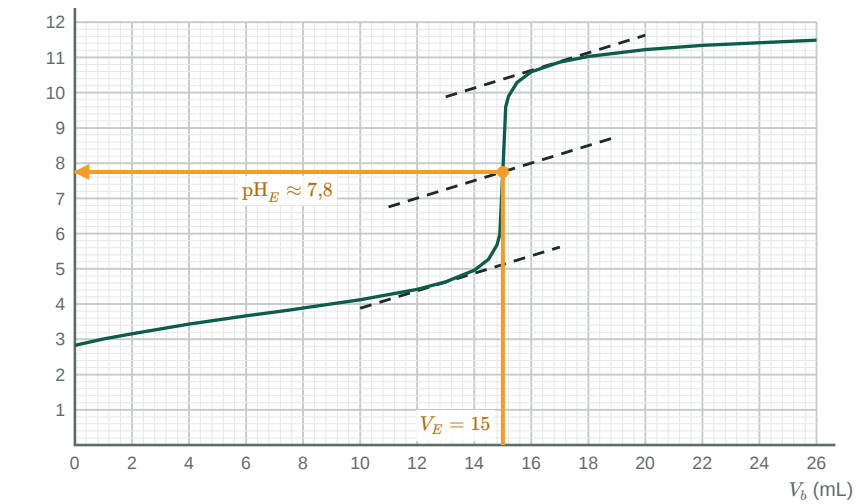
Un indicateur coloré convient si sa zone de virage contient le pH à l'équivalence.

Méthode des tangentes sur la figure 4 : deux tangentes parallèles de part et d'autre du saut, puis la parallèle équidistante ; elle coupe la courbe au point d'équivalence $V_E \approx 15$ mL, $\text{pH}_E \approx 7{,}8$.

$7{,}2 < \text{pH}_E < 8{,}8$ : le pH à l'équivalence est dans la zone de virage.

$\text{pH}_E \approx 7{,}8$ : **VRAI**, le rouge de crésol convient.

**COMPRENDRE**
Le saut de pH s'étend d'environ 5,5 à 10 : toute la zone 7,2 - 8,8 est franchie pour une goutte de soude. L'hélianthine (3,2 - 4,4) virerait bien avant l'équivalence.




**3.3** · Méthode des tangentes sur la courbe de pH de la figure 4

# L'acide salicylique

Bac S 2012 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

**1.1** Nommer le groupe caractéristique entouré dans les molécules F et G.

Le groupe entouré $-CO-O-$ (un atome de carbone lié par une double liaison à un O et par une simple liaison à un autre O, lui-même lié à un carbone) est le même dans F et G. Le texte précise d'ailleurs que F et G sont obtenus par estérification.

Groupe caractéristique **ester**.

**PIÈGE**
Le cercle du sujet laisse de côté le carbone porté par l'oxygène simple liaison ($CH_3$ dans F, le cycle dans G). Ne pas confondre avec le groupe carboxyle $-COOH$ : ici l'oxygène simple liaison ne porte pas d'hydrogène.

**1.2** Identifier les groupes caractéristiques présents dans la molécule A. Justifier.

Une estérification fait réagir un acide carboxylique et un alcool (ou un phénol).

Équation 1 : A réagit avec le méthanol B, qui est un alcool. A joue donc le rôle de l'acide : il possède un groupe **carboxyle** $-COOH$. On le retrouve dans F, où la partie $C=O$ fixée au cycle provient de A et le groupe $-O-CH_3$ du méthanol.

Équation 2 : A réagit avec l'acide éthanoïque C, qui est un acide carboxylique. A joue donc le rôle de l'alcool : il possède un groupe **hydroxyle** $-OH$ fixé sur le cycle. Dans G, l'atome O lié au cycle provient de A et le groupe $C=O$ provient de C.

A possède un groupe carboxyle $-COOH$ et un groupe hydroxyle $-OH$.

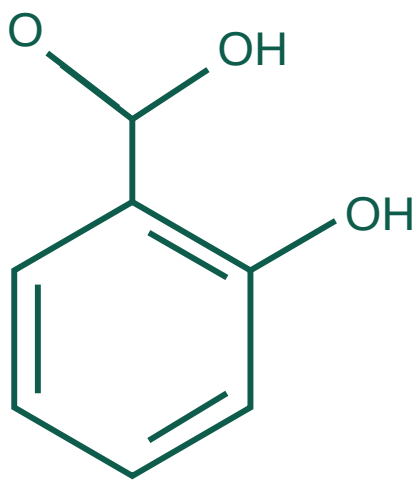
**COMPRENDRE**
C'est le sens de « deux groupes caractéristiques susceptibles de réagir selon la nature du réactif » : face à un alcool, A réagit par son groupe carboxyle ; face à un acide, par son groupe hydroxyle.

**1.3** Écrire la formule semi-développée de l'acide salicylique A.

On remplace dans F le groupe $-O-CH_3$ par $-OH$ (ou, dans G, le groupe $-O-CO-CH_3$ par $-OH$) : le cycle porte, sur deux carbones voisins, un groupe $-COOH$ et un groupe $-OH$.

Formule de A : cycle benzénique portant $-COOH$ et $-OH$ sur deux carbones voisins (schéma ci-dessous), formule brute $C_7H_6O_3$.

**COMPRENDRE**
Comme dans le sujet, le cycle est écrit en topologique et les groupes en semi-développé. La formule brute est cohérente avec $M(A) = 7\times 12 + 6\times 1 + 3\times 16 = 138\ g\cdot mol^{-1}$.




**1.3** · Acide salicylique A

**2.1** Nommer le montage de la figure 5 et préciser son intérêt.

C'est un montage de **chauffage à reflux**.

Le chauffage accélère la réaction, lente à température ambiante : la température est un facteur cinétique.

Les vapeurs se condensent dans le réfrigérant à eau et retombent dans le ballon : on chauffe longtemps à ébullition sans perte de réactifs ni de produits.

Chauffage à reflux : réaction plus rapide, sans perte de matière.

**PIÈGE**
Donner un seul des deux intérêts. Le reflux n'améliore pas le rendement final : il permet d'atteindre plus vite l'état final sans perdre de matière.

**2.2.1** Montrer que le méthanol est utilisé en large excès.

**Données utiles** $m(\text{A}) = 1{,}50$ g ; $M(\text{A}) = 138$ g · mol$^{-1}$ ; $V(\text{B}) \approx 14$ mL ; $\rho(\text{B}) = 0{,}79$ g · mL$^{-1}$ ; $M(\text{B}) = 32$ g · mol$^{-1}$

$$n_0(\text{A}) = \frac{m(\text{A})}{M(\text{A})} = \frac{1{,}50}{138} = 1{,}09 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_0(\text{B}) = \frac{\rho(\text{B})\,V(\text{B})}{M(\text{B})} = \frac{0{,}79 \times 14}{32} = 0{,}35 \text{ mol}$$

A et B réagissent mole à mole (équation 1). $\dfrac{n_0(\text{B})}{n_0(\text{A})} = \dfrac{0{,}35}{1{,}09 \times 10^{-2}} \approx 32$

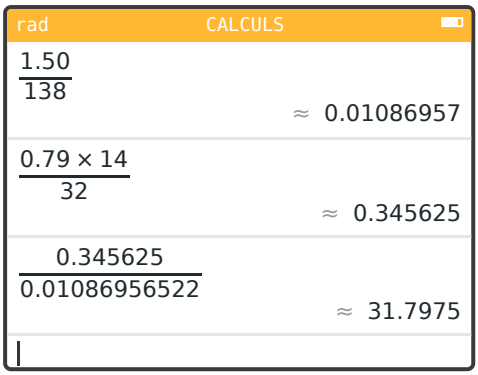
.

Il y a environ 32 fois plus de méthanol que d'acide salicylique : le méthanol est en large excès, A est le réactif limitant.

**PIÈGE**
Comparer les masses ou les volumes au lieu des quantités de matière, ou oublier de vérifier que les coefficients stœchiométriques sont égaux.

**COMPRENDRE**
Deux chiffres significatifs pour $n_0(\text{B})$ : le volume « environ 14 mL » et la masse volumique n'en ont que deux.

À LA CALCULATRICE




**2.2.2** Préciser l'intérêt de ce large excès.

L'estérification est limitée par la réaction inverse d'hydrolyse : on aboutit à un état d'équilibre.

Introduire un réactif en excès déplace cet équilibre dans le sens direct, celui de la formation de l'ester.

L'excès de méthanol augmente le rendement de la synthèse de F.

**MÉTHODE**
Pour améliorer le rendement d'une estérification : mettre un réactif en excès (le moins coûteux) ou éliminer un produit (l'eau ou l'ester) au fur et à mesure de sa formation.

**2.2.3** Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

L'acide sulfurique accélère la réaction sans figurer dans son bilan.

L'acide sulfurique est un **catalyseur**.

**PIÈGE**
Un catalyseur ne modifie pas l'état d'équilibre : il ne change ni la constante d'équilibre ni le rendement, il permet seulement de l'atteindre plus vite.

**2.3.1** Calculer la masse maximale de salicylate de méthyle que l'on peut espérer obtenir dans l'hypothèse d'une transformation totale.

**Données utiles** $n_0(\text{A}) = 1{,}09 \times 10^{-2}$ mol (2.2.1) ; $M(\text{F}) = 152\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

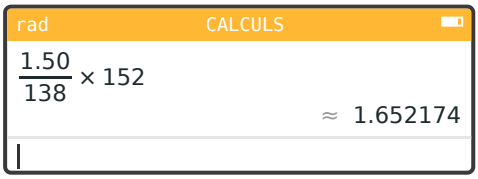
A est le réactif limitant et l'équation 1 donne une mole de F pour une mole de A : $n_{\max}(\text{F}) = x_{\max} = n_0(\text{A})$.

$$m_{\max}(\text{F}) = n_0(\text{A}) \times M(\text{F}) = \frac{1{,}50}{138} \times 152$$

$m_{\max}(\text{F}) = 1{,}65$ g

**MÉTHODE**
Garder la valeur non arrondie de $n_0(\text{A})$ en mémoire : on évite d'accumuler les erreurs d'arrondi.

À LA CALCULATRICE




**2.3.2** En déduire le rendement expérimental $r$ de la synthèse.

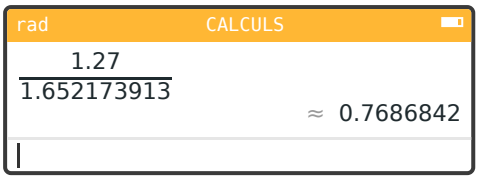
**Données utiles** $m_{\text{exp}}(\text{F}) = 1{,}27$ g ; $m_{\max}(\text{F}) = 1{,}65$ g (2.3.1)

$$r = \frac{n_{\text{exp}}(\text{F})}{n_{\max}(\text{F})} = \frac{m_{\text{exp}}(\text{F})}{m_{\max}(\text{F})} = \frac{1{,}27}{1{,}65}$$

$r = 0{,}769$, soit environ 77 %

**COMPRENDRE**
Avec la valeur arrondie 1,65 g, on trouve 0,770 : les deux sont acceptés. Un rendement inférieur à 100 % vient de l'équilibre et des pertes lors du traitement (extraction, lavage, séchage).

À LA CALCULATRICE




**3.1** Exprimer puis calculer le quotient de réaction $Q_{r,i}$ dans l'état initial.

Le mélange est homogène et l'eau n'y est pas le solvant : elle figure dans le quotient de réaction.

$$Q_{r,i} = \frac{[\mathrm{G}]_i \times [\mathrm{H_2O}]_i}{[\mathrm{A}]_i \times [\mathrm{C}]_i}$$

Dans l'état initial, il n'y a ni G ni eau : $[\mathrm{G}]_i = [\mathrm{H_2O}]_i = 0$.

$Q_{r,i} = 0$

**PIÈGE**
Omettre l'eau par réflexe : on ne l'écrit pas seulement quand elle est le solvant, ce qui n'est pas le cas ici.

**3.2** Justifier que le système chimique évolue spontanément dans le sens direct.

**Données utiles** $K = 7{,}7 \times 10^{-3}$ ; $Q_{r,i} = 0$ (3.1)

Critère d'évolution spontanée : le système évolue de sorte que $Q_r$ tende vers $K$.

Ici $Q_{r,i} = 0 < K = 7{,}7 \times 10^{-3}$ : $Q_r$ doit augmenter, donc la quantité de produits doit augmenter.

$Q_{r,i} < K$ : évolution spontanée dans le sens direct.

**3.3.1** Compléter le tableau descriptif de l'évolution du système (annexe à rendre avec la copie).

Initialement, ni G ni eau ; à l'avancement $x$, il s'est consommé $x$ mol de A et de C et formé $x$ mol de G et d'eau (coefficients tous égaux à 1).

État intermédiaire : $0{,}10 - x$ ; $0{,}10 - x$ ; $x$ ; $x$. État final : $0{,}10 - x_f$ ; $0{,}10 - x_f$ ; $x_f$ ; $x_f$.

**PIÈGE**
Ne pas oublier les deux cases « 0 » de l'état initial pour G et l'eau.

| Équation | | A | + | C | = | G | + | $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| État du système | Avancement (mol) | Quantités de matière (mol) | | | | | | |
| État initial | x = 0 | 0,10 | | 0,10 | | 0 | | 0 |
| État intermédiaire | x | 0,10 − x | | 0,10 − x | | x | | x |
| État final | xf | 0,10 − xf | | 0,10 − xf | | xf | | xf |

**3.3.1** · Annexe complétée : tableau descriptif de l'évolution du système

**3.3.2** Calculer $x_f$ puis en déduire le taux d'avancement final $\tau$ de la réaction de synthèse.

**Données utiles** $x_f = \dfrac{0{,}10 \times \sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$ ; $K = 7{,}7 \times 10^{-3}$

$$x_f = \frac{0{,}10 \times \sqrt{7{,}7 \times 10^{-3}}}{1+\sqrt{7{,}7 \times 10^{-3}}} = 8{,}1 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Mélange stœchiométrique : si la transformation était totale, $x_{\max} = 0{,}10$ mol.

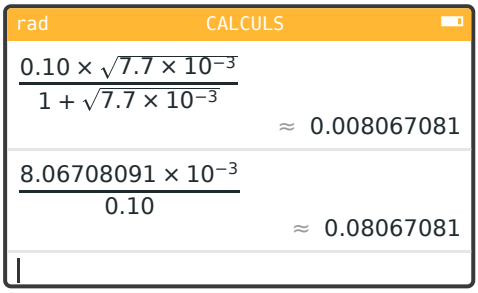
$$\tau = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{8{,}1 \times 10^{-3}}{0{,}10}$$

$x_f = 8{,}1 \times 10^{-3}$ mol et $\tau = 8{,}1 \times 10^{-2}$, soit environ 8 %

**PIÈGE**
Utiliser $K$ au lieu de $\sqrt{K}$ donne $7{,}6 \times 10^{-4}$ mol, dix fois trop peu.

**COMPRENDRE**
La relation vient de $K = \dfrac{x_f^2}{(0{,}10-x_f)^2}$, donc $\dfrac{x_f}{0{,}10-x_f} = \sqrt{K}$. La transformation est très limitée : 8 % seulement de l'acide salicylique réagit.

**À LA CALCULATRICE**




**3.4** Quel autre réactif pourrait-on utiliser à la place de l'acide éthanoïque pour améliorer le rendement de cette synthèse ?

Avec l'anhydride éthanoïque, la réaction ne produit pas d'eau (elle forme G et de l'acide éthanoïque) : il n'y a pas d'hydrolyse et la transformation est totale.

On utilise l'**anhydride éthanoïque** $(CH_3CO)_2O$.

**COMPRENDRE**
C'est le procédé industriel de fabrication de l'aspirine : la réaction avec l'anhydride est rapide et totale.

# Spécialité : Dosage du cuivre dans un laiton

Bac S 2012 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

**1.1** Quelles précautions faut-il prendre pour effectuer l'attaque acide du laiton ?

L'acide nitrique concentré est corrosif : blouse, gants et lunettes de protection.

La réaction dégage des vapeurs rousses toxiques (dioxyde d'azote) : on travaille sous une hotte aspirante.

Blouse, gants, lunettes, et manipulation sous la hotte.

**PIÈGE**
Ne citer que les protections individuelles. Le dégagement de gaz toxique impose la hotte : c'est le point qu'on attend.

**1.2** Montrer que l'équation d'oxydoréduction de l'attaque du cuivre est celle de la réaction 1.

**Données utiles** couples $NO_3^-(aq)/NO(g)$ et $Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$

Oxydation du cuivre ($\times 3$) et réduction des ions nitrate ($\times 2$) :

$$Cu(s) = Cu^{2+}(aq) + 2\,e^-$$

$$NO_3^-(aq) + 4\,H^+(aq) + 3\,e^- = NO(g) + 2\,H_2O(l)$$

On multiplie pour que 6 électrons soient échangés, puis on additionne membre à membre :

$$3\,Cu(s) + 2\,NO_3^-(aq) + 8\,H^+(aq) = 3\,Cu^{2+}(aq) + 2\,NO(g) + 4\,H_2O(l)$$

On retrouve l'équation de la réaction 1.

**MÉTHODE**
Demi-équation en milieu acide : équilibrer l'élément central, puis O avec $H_2O$, puis H avec $H^+$, enfin les charges avec $e^-$. Les électrons doivent disparaître du bilan.

**2.1.1** Préciser la verrerie utilisée pour le prélèvement de la solution (S) et pour l'ajout de la solution d'iodure de potassium.

Prélèvement de $V = 10{,}0$ mL de (S) : pipette jaugée de 10,0 mL (avec une propipette), car la quantité d'ions cuivre(II) prélevée doit être connue avec précision.

Ajout de 10 mL d'iodure de potassium en excès : une éprouvette graduée de 10 mL suffit, la quantité exacte ajoutée n'intervient pas dans le calcul.

Pipette jaugée de 10,0 mL pour (S) ; éprouvette graduée de 10 mL pour l'iodure de potassium.

**COMPRENDRE**
L'écriture « 10,0 mL » (trois chiffres significatifs) réclame une verrerie de précision ; « 10 mL » d'un réactif en excès, non.

**2.1.2** Justifier l'intérêt d'ajouter l'iodure de potassium en excès.

Les ions $I^-$ en excès rendent les ions $Cu^{2+}$ limitants : la réaction 2 les consomme tous.

La quantité de diiode formé ne dépend alors que de la quantité d'ions cuivre(II) prélevés, ce qui permet de la remonter par le titrage.

Avec $I^-$ en excès, tous les ions $Cu^{2+}$ réagissent : $n_{I_2}$ est fixée par $n_{Cu^{2+}}$ seule.

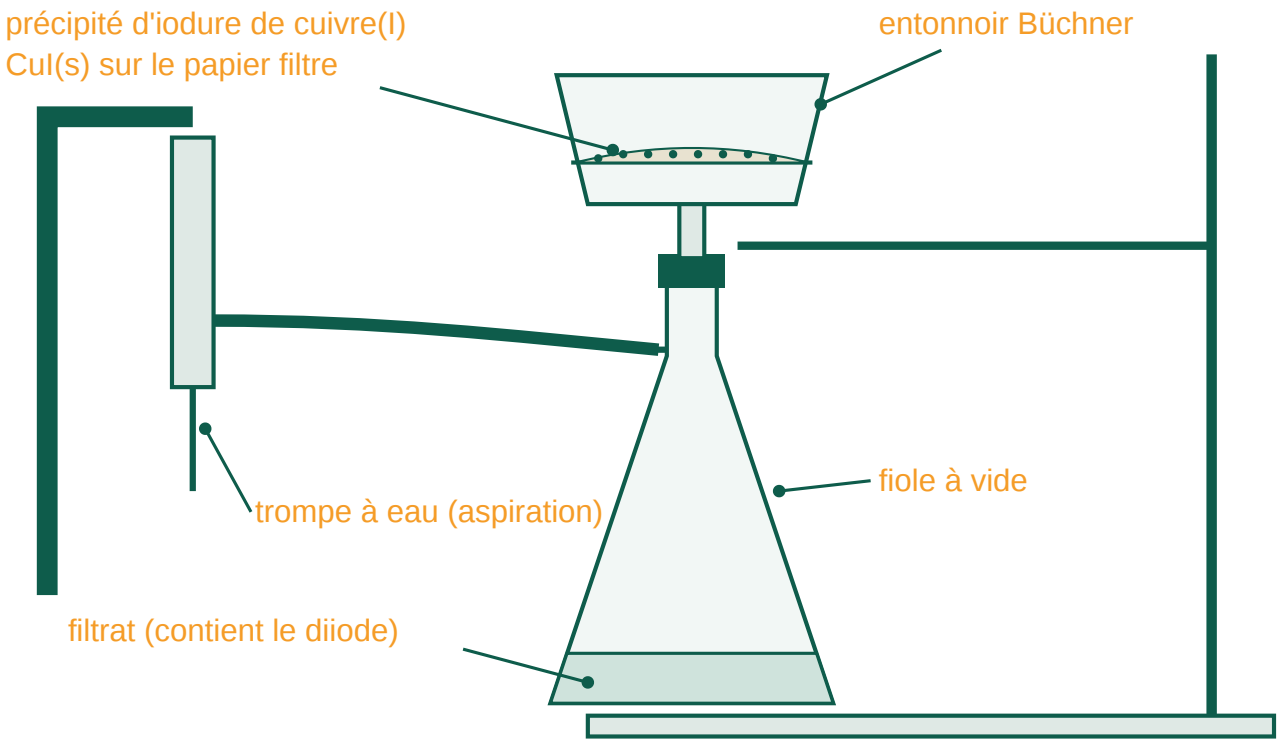
**COMPRENDRE**
Vérification : $n_{I^-} = 0{,}50 \times 10 \times 10^{-3} = 5{,}0 \times 10^{-3}$ mol, alors que la réaction 2 n'en consomme que $2\,n_{Cu^{2+}} = 2{,}2 \times 10^{-3}$ mol (valeur de Q2.4.4).

**2.1.3** Nommer et légender le dispositif représenté sur la figure 5 de l'annexe.

Légendes de la figure 5 (de haut en bas) :

- précipité d'iodure de cuivre(I) $\mathrm{CuI(s)}$ retenu par le papier filtre ;
- entonnoir Büchner ;
- fiole à vide, reliée par le tuyau à une trompe à eau qui crée l'aspiration ;
- filtrat, solution qui contient le diiode.

Nom du montage : filtration sous vide (sur Büchner).




**Nom du montage : filtration sous vide (sur Büchner)**

**2.1.3** · Figure 5 de l'annexe, complétée

**2.2** Le dosage des ions cuivre(II) est-il un titrage direct ou indirect ? Justifier.

Les ions $\mathrm{Cu^{2+}}$ ne réagissent pas avec le réactif titrant. Ils sont d'abord transformés en diiode par la réaction 2, puis c'est ce diiode qui est titré par les ions thiosulfate (réaction 3).

Titrage indirect : on titre le diiode formé, pas les ions cuivre(II) eux-mêmes.

**2.3** Les ions cuivre(II) sont bleus : quelle autre technique de dosage peut-on envisager ?

Les ions $Cu^{2+}$ sont la seule espèce colorée de (S), les ions $Zn^{2+}$ étant incolores. On mesure au spectrophotomètre l'absorbance de solutions étalons d'ions cuivre(II) de concentrations connues, à une longueur d'onde qu'ils absorbent (couleur complémentaire du bleu).

D'après la loi de Beer-Lambert, $A = k\,c$ : la droite d'étalonnage $A = f(c)$ donne la concentration de (S) à partir de son absorbance.

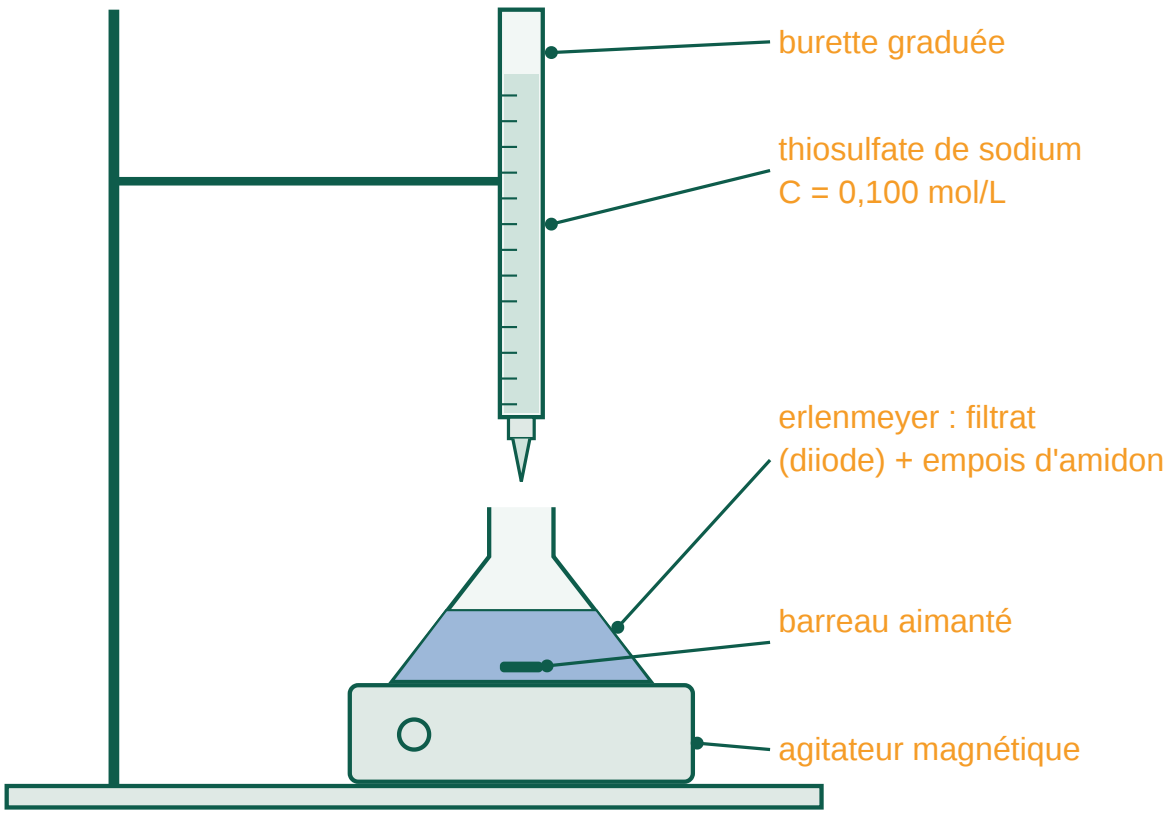
Dosage par étalonnage, par spectrophotométrie (loi de Beer-Lambert).

**PIÈGE**
Répondre « titrage colorimétrique » : la couleur bleue sert ici à mesurer une absorbance, sans réaction de titrage.

**2.4.1** Faire un schéma légendé du dispositif de titrage.

Burette graduée contenant la solution titrante de thiosulfate de sodium ($C = 0{,}100\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) ; erlenmeyer contenant le filtrat (diiode) et quelques gouttes d'empois d'amidon ; agitateur magnétique et barreau aimanté.

Schéma légendé ci-contre.




**2.4.1** · Dispositif de titrage du diiode

**2.4.2** Définir l'équivalence du titrage et préciser, en le justifiant, le changement de couleur observé à l'équivalence.

**Données utiles** l'empois d'amidon forme un complexe bleu foncé en présence de diiode

À l'équivalence, le diiode et les ions thiosulfate ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction 3 : tous deux sont entièrement consommés, il y a changement de réactif limitant.

Avant l'équivalence, il reste du diiode : avec l'empois d'amidon, la solution est bleu foncé. À l'équivalence, le dernier diiode est consommé et le complexe disparaît ; les autres espèces présentes sont incolores.

La solution passe du bleu foncé à l'incolore.

**PIÈGE**
Inverser le virage : le bleu est dû au diiode, il disparaît à l'équivalence, il n'apparaît pas.

**COMPRENDRE**
Sans empois, on devrait guetter la disparition de la teinte jaune pâle du diiode, peu visible. Le complexe bleu rend l'équivalence repérable à la goutte près.

**2.4.3** Exprimer $n_{I_2}$, quantité de matière de diiode dosé par la réaction 3, en fonction de $C$ et $V_E$.

D'après les nombres stœchiométriques de la réaction 3, à l'équivalence : $n_{I_2} = \dfrac{n_{S_2O_3^{2-}}}{2}$, avec $n_{S_2O_3^{2-}} = C\,V_E$ versé.

$$n_{I_2} = \frac{C\,V_E}{2}$$

**PIÈGE**
Écrire $n_{I_2} = 2\,C\,V_E$. Il faut deux ions thiosulfate pour un diiode : la quantité de diiode est la moitié de celle des ions thiosulfate.

**2.4.4** Exprimer puis calculer $n_{Cu^{2+}}$, quantité de matière d'ions cuivre(II) dosés, en fonction de $C$ et $V_E$.

**Données utiles** $C = 0{,}100\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; $V_E = 11{,}1\ \text{mL}$ ; $n_{I_2}$ (Q2.4.3)

D'après la réaction 2, deux ions $Cu^{2+}$ donnent une molécule $I_2$ :

$n_{Cu^{2+}} = 2\,n_{I_2} = 2 \times \dfrac{C\,V_E}{2}$, soit $n_{Cu^{2+}} = C\,V_E$.

$$n_{Cu^{2+}} = 0{,}100 \times 11{,}1 \times 10^{-3} = 1{,}11 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

$n_{Cu^{2+}} = C\,V_E = 1{,}11 \times 10^{-3}$ mol dans les 10,0 mL prélevés

**COMPRENDRE**
Trois chiffres significatifs, comme $C$ et $V_E$. Le volume est converti en litres puisque $C$ est en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

**À LA CALCULATRICE**

rad CALCULS

$0.100 \times 11.1 \times 10^{-3}$

$\approx$ 0.00111

**2.5** En déduire la quantité de matière d'ions cuivre(II) $n_S$ dans la solution (S).

**Données utiles** $V = 10{,}0$ mL (prélèvement) ; $V_S = 100{,}0$ mL (fiole jaugée) ; $n_{Cu^{2+}}$ (Q2.4.4)

Le prélèvement a la même concentration que (S) ; il contient donc $\dfrac{V}{V_S} = \dfrac{1}{10}$ des ions de la fiole :

$$n_S = n_{Cu^{2+}} \times \frac{V_S}{V} = 1{,}11 \times 10^{-3} \times \frac{100{,}0}{10{,}0} = 1{,}11 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

$n_S = 1{,}11 \times 10^{-2}$ mol

**PIÈGE**
Confondre la quantité dosée dans les 10,0 mL et celle de toute la fiole : l'oubli du facteur 10 fausse tout le pourcentage final.

**À LA CALCULATRICE**

rad CALCULS

$\dfrac{1.11 \times 10^{-3} \times 100.0}{10.0}$

$\approx$ 0.0111

**3.1** En déduire la quantité de matière de cuivre métallique $n_{Cu}$ contenue dans le fil, puis la masse de cuivre $m_{Cu}$ correspondante.

**Données utiles** $n_S$ (Q2.5) ; $M(\text{Cu}) = 63{,}5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

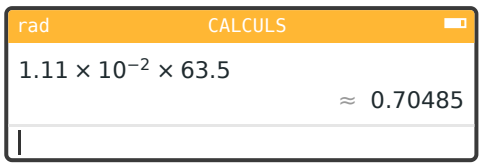
D'après la réaction 1, 3 mol de $\text{Cu}$ donnent 3 mol de $\text{Cu}^{2+}$. Tout le cuivre du fil a été oxydé et la fiole contient tous les ions formés (eau de rinçage comprise) :

$$n_{Cu} = n_S = 1{,}11 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

$$m_{Cu} = n_{Cu} \times M(\text{Cu}) = 1{,}11 \times 10^{-2} \times 63{,}5 = 0{,}705\ \text{g}$$

$n_{Cu} = 1{,}11 \times 10^{-2}$ mol ; $m_{Cu} = 0{,}705$ g

**À LA CALCULATRICE**




**3.2** Calculer le pourcentage massique en cuivre dans le laiton testé. Conclure.

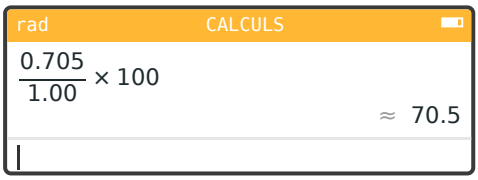
**Données utiles** $m_{Cu}$ (Q3.1) ; masse du fil : $m = 1{,}00$ g ; laitons courants CuZn30 et CuZn40

$$P_{Cu} = \frac{m_{Cu}}{m} \times 100 = \frac{0{,}705}{1{,}00} \times 100 = 70{,}5\ \%$$

Le fil contient environ 70 % de cuivre et donc environ 30 % de zinc, en dehors des traces.

$P_{Cu} = 70{,}5$ % : il s'agit du laiton CuZn30.

**À LA CALCULATRICE**




**PIÈGE**

Choisir CuZn40 en lisant le nombre comme la teneur en cuivre. Le nombre indique la teneur en zinc : CuZn40 ne contiendrait que 60 % de cuivre.

**COMPRENDRE**

L'écart de 0,5 point avec 70 % est faible : il reste compatible avec les incertitudes de mesure (lecture de $V_E$, pesée) et la présence d'autres métaux à l'état de traces.