

TERMINALE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · CONSTITUTION ET TRANSFORMATIONS DE LA MATIÈRE · CHAPITRE 11



R. RINGUET · 2026 – 2027

Sujet type bac

Stratégies en synthèse organique

Deux exercices indépendants : la synthèse de l'aspirine au laboratoire, le PET de la bouteille au pull polaire

Durée : 1 h 30 · calculatrice autorisée · 2 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : / 20

★ CONSIGNES

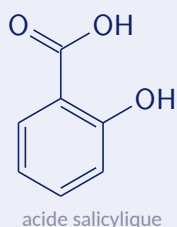
Les deux exercices sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre choisi par le candidat. La qualité de la rédaction, la rigueur scientifique, les unités et les chiffres significatifs entrent pour une part importante dans l'appréciation des copies ; toute expression littérale est établie avant l'application numérique et toute démarche, même partielle, est valorisée. *Formulaire* : économie d'atomes $EA = M_{\text{produit}} / \sum \nu_i M_i$
 • rendement $\eta = m_{\text{exp}} / m_{\text{théo}}$ • rapport frontal $R_f = h/H$ • écart normalisé $z = |x_{\text{mes}} - x_{\text{réf}}| / u(x)$, compatibilité admise si $z < 2$.

Exercice 1 La synthèse de l'aspirine au laboratoire

12 pts ●●●

L'acide acétylsalicylique, plus connu sous le nom d'aspirine, est l'un des médicaments les plus consommés au monde. On se propose de le synthétiser à partir de l'acide salicylique, d'en mesurer le rendement et de contrôler la pureté du produit obtenu.

■ DOCUMENT 1 — Les deux molécules et la réaction



L'aspirine s'obtient en faisant réagir l'acide salicylique avec l'anhydride éthanóïque, selon $C_7H_6O_3 + C_4H_6O_3 \longrightarrow C_9H_8O_4 + C_2H_4O_2$, l'acide sulfurique jouant le rôle de catalyseur. Un groupe $-OH$ lié directement à un cycle benzénique caractérise la famille des *phénols*.

■ DOCUMENT 2 — Le protocole suivi

Dans un erlenmeyer, on introduit $m_1 = 5,00$ g d'acide salicylique, $V_2 = 7,0$ mL d'anhydride éthanóïque et trois gouttes d'acide sulfurique concentré. On chauffe au bain-marie à 60°C pendant 15 min en agitant. On ajoute ensuite 50 mL d'eau glacée : l'aspirine, très peu soluble dans l'eau froide, précipite. On filtre sur Büchner, on lave à l'eau glacée, puis on *recristallise* le solide dans l'éthanol chaud. Après séchage, on pèse $m_3 = 4,70$ g.

espèce	M (g·mol ⁻¹)	densité	T_{fus} (°C)	solubilité dans l'eau
acide salicylique	138,0	solide	159	faible
anhydride éthanóïque	102,0	1,08	—	réagit avec l'eau
aspirine	180,0	solide	135	très faible à froid
acide éthanóïque	60,0	1,05	—	très grande

Partie A — La molécule et la réaction

- 1.1 Repérer et nommer les deux groupes caractéristiques de l'acide salicylique, puis ceux de l'aspirine ; donner les familles correspondantes. Quel groupe a été créé au cours de la synthèse ?
- 1.2 Donner la catégorie de la réaction de synthèse et préciser si c'est le groupe caractéristique ou la chaîne carbonée qui est modifié. Vérifier que l'équation respecte la conservation des éléments.
- 1.3 Calculer l'économie d'atomes de cette synthèse et commenter. Quel produit constitue le « déchet » de cette réaction ?

Partie B — Le protocole et son rendement

- 1.4 Calculer les quantités de matière initiales des deux réactifs et identifier le réactif limitant. Quel est l'intérêt de l'excès du second réactif ?
- 1.5 Montrer que la masse maximale d'aspirine attendue vaut $m_{\text{théo}} = 6,52 \text{ g}$, puis calculer le rendement de la synthèse.
- 1.6 Justifier le choix d'un chauffage au bain-marie à 60°C plutôt qu'à température ambiante, et l'intérêt de l'agitation. Sur quelle grandeur l'acide sulfurique agit-il, et sur laquelle n'agit-il pas ?
- 1.7 Expliquer le rôle de l'ajout d'eau glacée, puis celui du lavage à l'eau glacée sur le Büchner. Pourquoi ne lave-t-on pas à l'eau tiède ?
- 1.8 Décrire le principe de la recristallisation dans l'éthanol chaud et indiquer son effet, d'une part sur la pureté du produit, d'autre part sur le rendement.

Partie C — Les contrôles et l'analyse critique

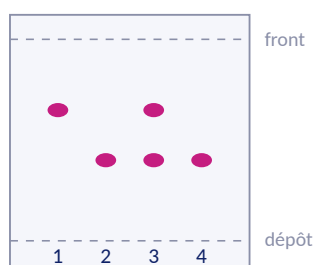


Figure 1 — CCM : 1 acide salicylique, 2 aspirine du commerce, 3 produit brut, 4 produit recristallisé. $H = 8,0 \text{ cm}$, taches à $h = 5,2 \text{ cm}$ et $h = 3,2 \text{ cm}$

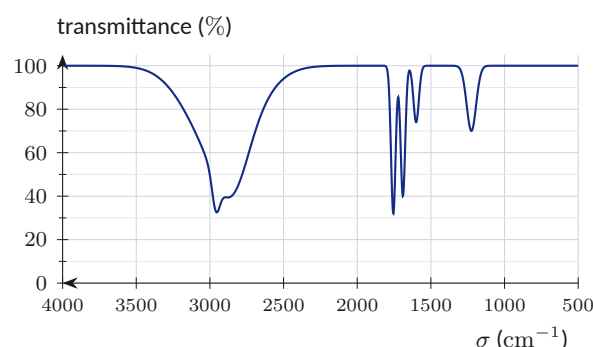


Figure 2 — Spectre IR du produit recristallisé. Table : O-H acide 2500–3200 (très large) • C-H 2800–3100 • C=O ester 1735–1760 • C=O acide 1680–1710 • C=C aromatique 1450–1600

- 1.9 Calculer les rapports frontaux des deux taches de la figure 1. Attribuer chaque tache à une espèce, puis conclure sur la composition du produit *brut* et sur celle du produit *recristallisé*.
- 1.10 Relever sur la figure 2 les bandes situées vers 2900 , 1755 et 1690 cm^{-1} et les attribuer à l'aide de la table. En quoi la présence de deux bandes entre 1650 et 1800 cm^{-1} est-elle caractéristique de l'aspirine et non de l'acide salicylique ?
- 1.11 On mesure la température de fusion du produit recristallisé : $T_{\text{mes}} = 134,5^\circ\text{C}$, avec une incertitude-type $u(T) = 0,8^\circ\text{C}$. Calculer l'écart normalisé avec la valeur de référence du tableau et conclure sur l'identité du produit.
- 1.12 Le programme ci-dessous exploite les données du protocole.

```
1 M_sal, M_anh, M_asp = 138.0, 102.0, 180.0
2 m_sal, V_anh, d_anh, m_exp = 5.00, 7.0, 1.08, 4.70
3 n_max = min(m_sal/M_sal, d_anh*V_anh/M_anh)
4 m_theo = n_max * M_asp
5 print(round(m_theo, 2), round(100*m_exp/m_theo, 1))
```

Expliquer le rôle de la fonction $\min$ à la ligne 3 et justifier l'expression $d_{\text{anh}} \cdot V_{\text{anh}} / M_{\text{anh}}$. Donner les deux valeurs affichées, puis écrire la ligne à ajouter pour que le programme affiche aussi l'économie d'atomes en pourcentage.

- 1.13 Analyse critique.** Un binôme obtient un rendement de 105 %. Proposer deux explications à ce résultat manifestement impossible et indiquer, pour chacune, le contrôle expérimental qui permettrait de la confirmer.

Exercice 2 Le PET : de la bouteille au pull polaire

8 pts ●●●

Le poly(téréphtalate d'éthylène), ou PET, est le polymère des bouteilles de boisson. Il est obtenu en chauffant l'acide téréphtalique $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$ et l'éthane-1,2-diol $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$: chaque groupe $-\text{COOH}$ réagit avec un groupe $-\text{OH}$ en libérant une molécule d'eau. Son motif est représenté figure 3. Une bouteille vide a une masse de 25 g de PET ; la masse molaire moyenne des chaînes vaut $M = 3,84 \times 10^4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Un pull polaire contient 400 g de fibres de PET recyclé.

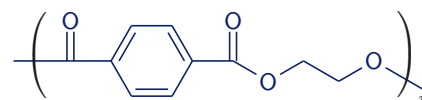


Figure 3 — Le motif du PET

■ **DONNÉES** $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ • M en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: acide téréphtalique 166,0 • éthane-1,2-diol 62,0 • motif du PET 192,0 • eau 18,0

- 2.1** Identifier les groupes caractéristiques des deux monomères, puis celui qui est créé dans le motif ; nommer sa famille. Écrire l'équation de la polymérisation en faisant apparaître n molécules de chaque monomère.
- 2.2** Vérifier la masse molaire du motif à partir de sa formule $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$ ($M(\text{C}) = 12,0$, $M(\text{H}) = 1,0$, $M(\text{O}) = 16,0$), puis calculer l'économie d'atomes de cette polymérisation.
- 2.3** Calculer le degré de polymérisation moyen des chaînes, puis le nombre de chaînes contenues dans une bouteille.
- 2.4** Déterminer le nombre de bouteilles nécessaires à la fabrication d'un pull polaire, en supposant le recyclage sans perte de matière. Le recyclage réel a un rendement massique de 75 % : reprendre le calcul.
- 2.5** Le recyclage *chimique* par hydrolyse consiste à chauffer le PET avec de l'eau pour casser les chaînes et récupérer les monomères. Expliquer pourquoi cette opération est l'inverse de la polymérisation, et citer un avantage de ce procédé sur le recyclage *mécanique* (broyage puis refonte).
- 2.6** Calculer la masse d'eau libérée lors de la fabrication de 1,00 t de PET.

■ DOCUMENT 3 — Le PET en France

Environ $2,2 \times 10^5 \text{ t}$ de bouteilles en PET sont mises sur le marché chaque année en France, et 61 % d'entre elles sont collectées. Fabriquer 1 kg de PET à partir du pétrole demande environ 70 MJ d'énergie, contre 25 MJ à partir de PET collecté. La consommation électrique annuelle d'un foyer français est de l'ordre de 3,0 MW·h.

- 2.7** Estimer l'énergie économisée chaque année si la totalité des bouteilles collectées était recyclée, et l'exprimer en MW·h ; à la consommation de combien de foyers cela correspond-il ? (*On rappelle que $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$.*)
- 2.8** Les centres de tri identifient les plastiques par spectroscopie infrarouge. Expliquer pourquoi le spectre du PET se distingue immédiatement de celui du polyéthylène (chaîne $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ répétée), et pourquoi ce tri est indispensable avant tout recyclage.
- 2.9 Analyse critique.** Le PET est aujourd'hui produit à partir du pétrole ; une filière industrielle prépare l'éthane-1,2-diol à partir de la canne à sucre. Discuter, à l'aide de deux arguments, l'apport de cette filière au regard de la chimie écoresponsable, et citer une limite.