

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



R. RINGUET · 2026 – 2027

Exercices 1 Stratégies en synthèse organique

Les bases : formules topologiques, familles et nomenclature, isomérisation, catégories de réactions, rendement, techniques

10 exercices · niveau ●○○ · durée conseillée : 1 h 30 · calculatrice autorisée

★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Lire et écrire une formule topologique ; reconnaître un groupe caractéristique et sa famille ; nommer une molécule simple avec des règles fournies ; repérer des isomères de constitution.
- Identifier la catégorie d'une réaction (substitution, addition, élimination, acide-base, oxydoréduction) ; reconnaître le motif d'un polymère.
- Calculer le rendement d'une synthèse à partir du réactif limitant ; identifier les étapes d'un protocole et leur rôle.

■ RAPPEL — Le formulaire du chapitre

- **Formule topologique** : chaque *extrémité* et chaque *sommet* de la ligne brisée est un atome de carbone ; les H liés aux carbones ne sont pas écrits (le carbone est tétravalent), les hétéroatomes et leurs H le sont.
- **Familles** : alcool – OH • aldéhyde – CHO (en bout de chaîne) • cétone – CO – • acide carboxylique – COOH • ester – COO – • amine – NH₂ • amide – CO – NH₂ • halogénoalcane – X.
- **Nomenclature** : chaîne la plus longue portant le groupe caractéristique (*méth-* 1 C, *éth-* 2, *prop-* 3, *but-* 4, *pent-* 5, *hex-* 6), numérotée pour donner l'indice *le plus petit* à ce groupe ; suffixes **-ol**, **-al** (C n° 1), **-one**, **acide ...oïque** (C n° 1), **...oate de ...yle**, **...amine**, **...amide** ; ramifications et halogènes en préfixe avec leur indice (*méthyl-*, *chloro-*...).
- **Isomères de constitution** : même formule brute, enchaînements différents. **Polymère** : répétition d'un motif issu d'un monomère ; degré de polymérisation $n = M_{\text{polymère}} / M_{\text{motif}}$.
- **Rendement** : $\eta = n_{\text{obtenu}} / n_{\text{max}} = m_{\text{exp}} / m_{\text{théo}} \leq 1$, n_{max} se déduisant du *réactif limitant*. **Rapport frontal** en CCM : $R_f = h / H$ (h hauteur de la tache, H hauteur du front, depuis la ligne de dépôt).

Exercice 1 Lire une formule topologique

●○○

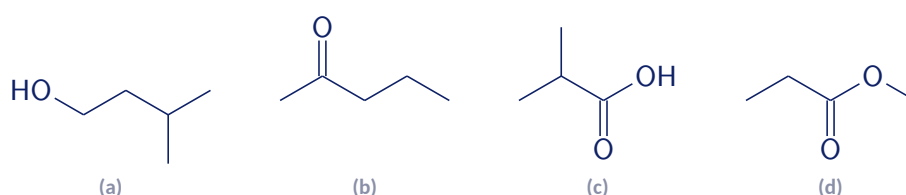


Figure 1 — Quatre molécules organiques en écriture topologique

- 1.1** Pour chaque molécule de la figure 1, donner le nombre d'atomes de carbone puis la formule brute ; écrire la formule semi-développée de (a) et de (d).
- 1.2** Deux de ces molécules ont la même formule brute : les identifier et indiquer le lien qui les unit.

Exercice 2 Groupes caractéristiques et familles

●○○

- (a) CH₃ – CH₂ – CH₂ – OH • (b) CH₃ – CH₂ – CHO • (c) CH₃ – CO – CH₃ • (d) CH₃ – CH₂ – COOH • (e) CH₃ – COO – CH₂ – CH₃
 (f) CH₃ – CH₂ – NH₂ • (g) CH₃ – CO – NH₂ • (h) CH₃ – CH₂ – CH₂ – Br

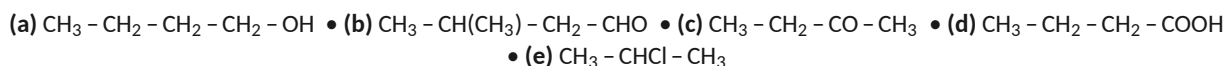
- 2.1** Pour chacune de ces huit espèces, donner le nom du groupe caractéristique et la famille correspondante.

- 2.2 Cinq d'entre elles contiennent un groupe $C=O$: lesquelles, et qu'est-ce qui permet de les distinguer ? Donner enfin la formule brute de (b) et de (c) : que peut-on en conclure ?

Exercice 3 Nommer, représenter

●○○

- 3.1 Nommer, à l'aide des règles rappelées ci-dessus, les cinq espèces suivantes :



- 3.2 Représenter la formule topologique de la pentan-3-one, de l'acide 3-méthylbutanoïque et du 2-méthylbutan-1-ol.

- 3.3 Un élève propose le nom « 3-méthylbutan-3-ol » pour $(CH_3)_2C(OH) - CH_2 - CH_3$: corriger ce nom en expliquant l'erreur.

Exercice 4 Squelettes, cycles et isomères

●○○

- 4.1 Représenter en écriture topologique les **trois** isomères de constitution de formule brute C_5H_{12} , puis les nommer.

- 4.2 La formule brute $C_4H_{10}O$ correspond à quatre alcools : les représenter et les nommer.

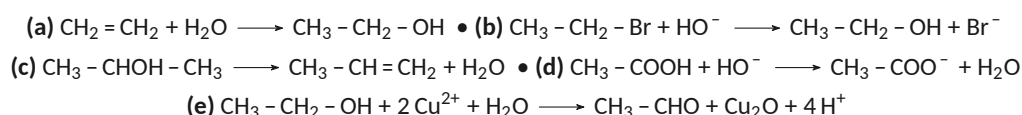
- 4.3 Représenter le cyclohexane (alcane cyclique à 6 C) et le but-2-ène (alcène à 4 C), donner leur formule brute et qualifier leur squelette (saturé ou insaturé, linéaire, ramifié ou cyclique).

Exercice 5 À quelle catégorie appartient la réaction ?

●○○

- 5.1 Rappeler en une phrase ce qui caractérise une substitution, une addition et une élimination.

- 5.2 Attribuer une catégorie (substitution, addition, élimination, acide-base ou oxydoréduction) à chacune des transformations suivantes, en justifiant par comparaison des réactifs et des produits.



- 5.3 Pour (a) et (b), préciser si c'est le *groupe caractéristique* ou la *chaîne carbonée* qui est modifié.

Exercice 6 Un premier rendement

●○○

On prépare du butanoate d'éthyle (arôme d'ananas) en chauffant de l'acide butanoïque et de l'éthanol en présence de quelques gouttes d'acide sulfurique : $C_3H_7 - COOH + C_2H_5 - OH \rightleftharpoons C_3H_7 - COO - C_2H_5 + H_2O$. On introduit $n_1 = 0,200$ mol d'acide butanoïque et $n_2 = 0,150$ mol d'éthanol ; après traitement on recueille $m = 11,6$ g d'ester pur. *Données* : M en $g \cdot mol^{-1}$: acide butanoïque 88,0 • éthanol 46,0 • butanoate d'éthyle 116,0.

- 6.1 Dresser le tableau d'avancement, déterminer le réactif limitant, puis la quantité maximale d'ester n_{max} et la masse théorique correspondante.

- 6.2 Calculer le rendement de la synthèse et citer deux causes possibles d'un rendement inférieur à 100 %.

Exercice 7 Des molécules en chaîne : les polymères

●●○

Le polyéthylène (PE) est obtenu par polymérisation de l'éthylène $CH_2 = CH_2$; sa chaîne répète le motif $-CH_2 - CH_2 -$. Un échantillon industriel a une masse molaire moyenne $M = 1,40 \times 10^5 g \cdot mol^{-1}$. Deux autres plastiques courants sont obtenus de la même façon : le PVC (tuyaux, motif $-CH_2 - CHCl -$) et le polystyrène PS (emballages, motif $-CH_2 - CH(C_6H_5) -$, où $-C_6H_5$ est un cycle benzénique). *Données* : $M(H) = 1,0 g \cdot mol^{-1}$, $M(C) = 12,0 g \cdot mol^{-1}$.

- 7.1 Définir monomère, motif et polymère ; écrire l'équation de la polymérisation de l'éthylène en faisant apparaître n molécules de monomère.

- 7.2** Calculer la masse molaire du motif puis le degré de polymérisation n de l'échantillon de PE. À quelle catégorie de réaction cette polymérisation appartient-elle ? Justifier.
- 7.3** Écrire la formule semi-développée du monomère du PVC et de celui du PS. Quelle particularité de structure ces monomères partagent-ils avec l'éthylène ?
- 7.4** La cellulose du coton et les protéines de la laine sont aussi des polymères : sont-ils naturels ou synthétiques ? Pourquoi le recyclage des plastiques exige-t-il d'identifier le polymère au préalable ?

Exercice 8 Le montage à reflux



La figure 2 représente le montage utilisé pour chauffer longtemps un mélange réactionnel sans en perdre les constituants.

- 8.1** Nommer les éléments **1** à **6** du montage.
- 8.2** Sur quel facteur cinétique agit-on en chauffant ? Quel est l'effet recherché sur la durée de la synthèse ?
- 8.3** Expliquer le rôle du réfrigérant : que deviennent les vapeurs, et pourquoi chauffe-t-on ainsi *sans perte de matière* ? Les flèches indiquent le sens de circulation de l'eau : justifier ce sens.
- 8.4** À quoi servent les grains de pierre ponce ? et le support élévateur, en cas d'emballement de la réaction ?
- 8.5** Le chauffage modifie-t-il l'état final d'une transformation totale ? Pourquoi le sommet du montage ne doit-il jamais être bouché ?

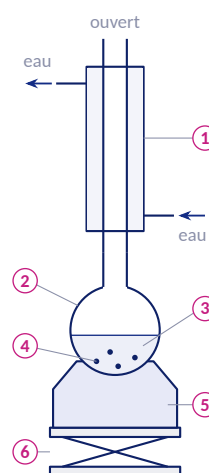


Figure 2 — Montage de chauffage à reflux ; les flèches bleues indiquent le sens de circulation de l'eau

Exercice 9 Suivre une synthèse par CCM



On synthétise un ester E à partir d'un alcool A. Dépôts de la figure 3 : **1** alcool A pur • **2** ester E pur • **3** mélange prélevé après 20 min de chauffage. On mesure $H = 8,0$ cm, $h_1 = 2,4$ cm et $h_2 = 6,0$ cm.

- 9.1** Quel est le principe d'une CCM ? Pourquoi la ligne de dépôt doit-elle se trouver *au-dessus* du niveau de l'éluant dans la cuve ?
- 9.2** Définir le rapport frontal R_f et le calculer pour les deux taches du dépôt **3**.
- 9.3** Identifier les espèces présentes après 20 min ; la transformation est-elle terminée ? Qu'observerait-on sur le dépôt **3** si le mélange ne contenait plus que l'ester ?

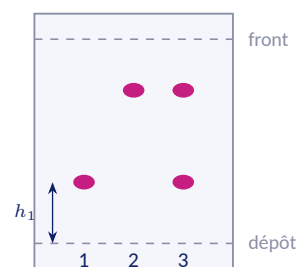


Figure 3 — Plaque de CCM révélée (échelle non respectée)

Exercice 10 Séparer, purifier



À la fin d'une synthèse, le produit est rarement pur : il faut le séparer du solvant, des réactifs restants et du catalyseur.

- 10.1** Associer à chacune des techniques **(a)** extraction liquide-liquide • **(b)** lavage à l'eau salée • **(c)** filtration sur Büchner • **(d)** recristallisation • **(e)** distillation fractionnée, son but : **(1)** séparer deux liquides miscibles de températures d'ébullition différentes • **(2)** récupérer rapidement un solide • **(3)** faire passer le produit vers un solvant où il est bien plus soluble • **(4)** purifier un solide en exploitant la variation de sa solubilité avec la température • **(5)** diminuer sa solubilité dans la phase aqueuse.
- 10.2** Après une extraction, deux phases coexistent dans l'ampoule à décanter : comment identifier sans risque d'erreur celle qui contient le produit organique ? Citer enfin celles de ces techniques qui exploitent une différence de *solubilité*, et celles qui exploitent une différence de *température de changement d'état*.