

TD de Chimie

11^{ème} Sciences

Programme du Mali

Exercices progressifs pour chaque chapitre

Inspiré des œuvres de **B. Sanago**

Mode d'emploi :

★ ○ ○ Exercice de base (application directe du cours)

★ ★ ○ Exercice intermédiaire (raisonnement nécessaire)

★ ★ ★ Exercice avancé (synthèse et réflexion approfondie)

⊙ Délai indicatif. Les exercices marqués d'une ★ **Contexte** s'appuient sur une situation concrète (industrie, vie courante, biologie).

Contents

1	Généralités sur la chimie organique	5
2	Les alcanes	7
3	Les alcènes	9
4	Les alcynes	11
5	Le benzène	13
6	Alcools et éthers-oxydes	15
7	Aldéhydes et cétones	17
8	Acides carboxyliques et esters	19
9	Isomérisation Z/E	21
10	Oxydo-réduction	23

Chapter 1

Généralités sur la chimie organique

Exercice 1.1 – Configuration électronique et liaisons ★ ○ ○ ⊙ 15 min

- Donne la configuration électronique du carbone ($Z = 6$). Combien d'électrons de valence possède-t-il ? Combien de liaisons covalentes peut-il former ?
- Explique en quoi consiste la tétravalence du carbone.
- Représente le schéma de Lewis de CH_4 , C_2H_4 et C_2H_2 . Identifie les liaisons simples (σ), doubles ($\sigma + \pi$) et triples ($\sigma + 2\pi$).
- Quelle est l'hybridation du carbone dans chacune de ces molécules ? Donne la géométrie associée et l'angle de liaison.

Exercice 1.2 – Formules et représentations ★ ○ ○ ⊙ 15 min

On considère le composé de formule brute C_4H_{10} .

- Écris deux formules semi-développées différentes correspondant à C_4H_{10} .
- Ces deux formules correspondent-elles à des composés différents ? Comment appelle-t-on ce phénomène ?
- Donne la formule développée de chacun.
- Calcule le degré d'insaturation DI de C_4H_{10} . Que conclus-tu ?

Exercice 1.3 – Analyse élémentaire (hydrocarbure) ★ ★ ○ ⊙ 25 min

La combustion complète de 3 g d'un hydrocarbure C_xH_y donne 4,4 g de CO_2 et 2,7 g de H_2O .

- Calcule les quantités de matière $n(\text{CO}_2)$ et $n(\text{H}_2\text{O})$.
- En déduis les quantités de C et H dans l'échantillon de 3 g.
- Calcule les masses de C et H. Vérifie la conservation de la masse ($m_C + m_H$ doit donner 3 g). Qu'en déduis-tu ?
- Trouve la formule brute sachant que $M = 30$ g/mol. Nomme ce composé.
- Calcule le DI. Quelle est la famille de ce composé ?

Exercice 1.4 – Analyse élémentaire (composé oxygéné) ★★○ ⊙ 30 min**★ Contexte : le vinaigre**

L'acide acétique (vinaigre) est un composé organique contenant C, H et O. Un chimiste analyse 0,60 g de ce composé pur par combustion : il récupère 0,88 g de CO_2 et 0,36 g de H_2O .

- Calcule $n(\text{CO}_2)$ et $n(\text{H}_2\text{O})$.
- Déduis $n(\text{C})$ et $n(\text{H})$, puis les masses $m(\text{C})$ et $m(\text{H})$.
- Calcule $m(\text{O}) = m_{\text{tot}} - m_{\text{C}} - m_{\text{H}}$, puis $n(\text{O})$.
- Trouve la formule brute sachant que $M = 60$ g/mol. Nomme le composé.
- Calcule le DI. Propose la formule semi-développée correspondante.

Exercice 1.5 – Classification des réactions ★★○ ⊙ 25 min

Classe chacune des réactions suivantes parmi : substitution, addition, élimination, combustion, estérification, polymérisation.

- $\text{C}_5\text{H}_{12} + 8 \text{O}_2 \rightarrow 5 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CH}_2\text{Br}$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4, 180^\circ\text{C}} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $n \text{CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$

Pour chaque réaction, identifie aussi : la(les) liaison(s) formée(s)/rompue(s).

Exercice 1.6 – Identification d'un composé inconnu ★★★ ⊙ 40 min**★ Contexte : un parfum naturel**

Un chimiste extrait 1,48 g d'un composé organique X d'une fleur. La combustion donne 3,52 g de CO_2 et 1,44 g de H_2O . Une autre expérience montre que la densité de vapeur de X est $d = 2,55$ (par rapport à l'air de mole 29 g/mol).

- Calcule la composition centésimale (%C, %H, %O) de X.
- Déduis la masse molaire approchée de X à partir de la densité.
- Trouve la formule brute de X.
- Calcule le DI. À quelles familles X peut-il appartenir ?
- La substance X a une odeur de fruit agréable. Propose une formule semi-développée compatible avec toutes les données.

Chapter 2

Les alcanes

Exercice 2.1 – Nomenclature de base ★ ○ ○ ⊙ 15 min

Nomme les composés suivants :

- a) $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}(\text{CH}_3)\text{--CH}_3$
- b) $\text{CH}_3\text{--C}(\text{CH}_3)_2\text{--CH}_3$
- c) $\text{CH}_3\text{--CH}(\text{CH}_3)\text{--CH}(\text{CH}_3)\text{--CH}_3$
- d) $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--C}(\text{CH}_3)_2\text{--CH}_2\text{--CH}_3$

Exercice 2.2 – Formules à partir du nom ★ ○ ○ ⊙ 15 min

Écris la formule semi-développée de :

- a) 2-méthylpentane
- b) 2,2-diméthylbutane
- c) 2,3-diméthylbutane
- d) 3-éthyl-2-méthylpentane

Pour chaque composé, vérifie la formule brute en comptant C et H.

Exercice 2.3 – Combustion et calculs stœchiométriques ★ ★ ○ ⊙ 25 min

★ Contexte : le gaz domestique

Le propane C_3H_8 est utilisé dans les bouteilles de gaz domestiques.

- a) Écris l'équation de combustion complète du propane.
- b) Écris l'équation générale de combustion complète d'un alcane $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.
- c) Calcule le volume de dioxygène (C.N. : 22,4 L/mol) nécessaire pour brûler 44 g de propane.
- d) Dans quelles conditions y a-t-il combustion incomplète ? Écris l'équation de combustion incomplète du propane donnant CO.
- e) Le butane C_4H_{10} est aussi utilisé. Calcule le volume d'air (1/5 d' O_2) nécessaire pour brûler complètement 58 g de butane.

Exercice 2.4 – Chloration du méthane ★★○ ⊙ 25 min

- Écris les équations de mono-, di-, tri- et tétrachloruration du méthane.
- Nomme les produits obtenus dans chaque étape.
- Décris le mécanisme radicalaire en 3 phases pour la monochloruration. Écris chaque étape.
- Pourquoi dit-on que la monochloruration est « difficile à contrôler » ?
- La dibromation du méthane : écris les équations. Pourquoi préfère-t-on souvent Br_2 à Cl_2 pour une réaction sélective ?

Exercice 2.5 – Isomères de chaîne de C_5H_{12} ★★○ ⊙ 35 min

- Donne **tous** les isomères de chaîne du pentane C_5H_{12} (il y en a 3).
- Nomme-les.
- Pour chacun, donne sa formule brute et le DI.
- Range-les par ordre croissant de température d'ébullition : n-pentane (36°C), iso-pentane (28°C), néopentane (10°C). Explique la tendance (effet de la ramification sur les forces de Van der Waals).

Exercice 2.6 – Synthèse et composé inconnu ★★★ ⊙ 45 min**★ Contexte : détermination d'un alcane inconnu**

Un alkane inconnu X a pour densité de vapeur $d = 2,55$ (par rapport à l'air, $M_{\text{air}} = 29 \text{ g/mol}$). La monochloruration de X donne **un seul** produit monochloré.

- Calcule la masse molaire de X.
- Trouve la formule brute de X.
- Pourquoi la monochloruration ne donne-t-elle qu'un seul produit ? Quelle doit être la structure de X ?
- Donne le nom et la formule semi-développée de X.
- Écris la réaction de monochloruration de X.

Chapter 3

Les alcènes

Exercice 3.1 – Nomenclature des alcènes ★ ○ ○ ⊙ 15 min

Nomme les alcènes suivants :

- a) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$
- b) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$
- c) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- d) $\text{CH}_3-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$

Exercice 3.2 – Réactions d'addition sur le propène ★ ★ ○ ⊙ 25 min

- a) Écris l'équation d'hydrogénation du propène (+ H_2/Ni). Nomme le produit.
- b) Écris l'équation d'halogénéation (+ Cl_2). Nomme le produit.
- c) Écris l'addition de HCl sur le propène. Quels sont les deux produits possibles ? Lequel est majoritaire ? Justifie par la règle de Markovnikov.
- d) Écris l'hydratation du propène (+ $\text{H}_2\text{O}/\text{H}^+$). Nomme le produit majoritaire et indique sa classe d'alcool.

Exercice 3.3 – Identification d'un alcène par combustion ★ ★ ○ ⊙ 30 min

★ Contexte : analyse par combustion

La combustion complète de 5,6 g d'un alcène C_nH_{2n} donne 17,6 g de CO_2 .

- a) Écris l'équation de combustion générale de l'alcène C_nH_{2n} .
- b) Calcule $n(\text{CO}_2)$, puis $n(\text{C})$.
- c) Calcule $n(\text{alcène})$ puis détermine n .
- d) Nomme l'alcène. Y a-t-il une isomérisation Z/E ?
- e) Donne tous les isomères de position et de chaîne possibles de cet alcène.

Exercice 3.4 – Markovnikov avancé ★ ★ ○ ⊙ 30 min

- a) Écris les produits d'addition de HBr sur les alcènes suivants (produit principal unique-ment) :
 - But-1-ène $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$

- 2-Méthylbut-2-ène $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_3$
 - 2-Méthylprop-1-ène $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2$
- b) Nomme les produits obtenus.
- c) Pour la dernière réaction, le produit est un alcool tertiaire si on utilise H_2O à la place de HBr . Écris cette réaction d'hydratation et nomme l'alcool.

Exercice 3.5 – Polymérisation ★★○ ⊙ 35 min

★ Contexte : les plastiques dans la vie courante

Le polypropylène (PP) est utilisé dans de nombreux emballages et textiles synthétiques.

- a) Écris la polymérisation du propylène $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$. Nomme le polymère.
- b) De même, écris la polymérisation du chlorure de vinyle $\text{CH}_2=\text{CHCl}$. Nomme le polymère et son utilisation principale.
- c) Un échantillon de polypropylène (PP) a une masse molaire de 210 000 g/mol. Calcule le degré de polymérisation.
- d) Le PVC est souvent additionné de plastifiants. Cherche ce que cela signifie et l'impact écologique.

Exercice 3.6 – Problème synthèse : déduction d'une structure ★★★ ⊙ 4

★ Contexte : identification en labo

Un composé A de formule brute C_4H_8 est un gaz à température ambiante. Il décolore l'eau de brome. Son addition avec HBr donne un unique produit B.

- a) Quelle famille peut être A ? Calcule son DI.
- b) L'addition de HBr donne un unique produit : qu'est-ce que cela indique sur la symétrie de A ?
- c) Donne les isomères possibles de C_4H_8 . Lesquels donneraient un unique produit avec HBr ?
- d) Identifie A. Nomme B.
- e) L'addition de H_2O sur A donne deux alcools C et D. Écris les réactions. Quel est le produit majoritaire (Markovnikov) ?

Chapter 4

Les alcynes

Exercice 4.1 – Nomenclature des alcynes ★ ○ ○ ⊙ 15 min

- a) Donne la formule semi-développée du but-1-yne et du but-2-yne.
- b) Nomme : $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ et $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$.
- c) Lequel de ces alcynes est un « alcyne vrai » (terminal) ? Explique.
- d) Calcule le DI de but-1-yne C_4H_6 .

Exercice 4.2 – Additions sur l'acétylène ★★ ○ ⊙ 25 min

Écris les équations d'addition suivantes sur l'acétylène C_2H_2 :

- a) Addition de 1 mol de H_2 (cat. Ni). Nomme le produit.
- b) Addition de 2 mol de H_2 (cat. Ni). Nomme le produit final.
- c) Addition de 1 mol de HCl . Nomme le produit (important industriellement !)
- d) Addition de 2 mol de HCl . Nomme le produit.
- e) Addition de 1 mol de Cl_2 . Nomme le produit (isomérisation Z/E ?).
- f) Addition de 2 mol de Cl_2 . Nomme le produit.

Exercice 4.3 – Combustion de l'acétylène et calculs ★★ ○ ⊙ 30 min

★ Contexte : soudure oxyacétylénique

En soudure, on brûle de l'acétylène avec du dioxygène pur. La flamme atteint $3\,100^\circ\text{C}$.

- a) Écris l'équation de combustion complète de l'acétylène C_2H_2 .
- b) Calcule le volume d' O_2 pur (C.N.) nécessaire pour brûler 26 g de C_2H_2 .
- c) Calcule le volume d'air ($1/5$ d' O_2 , C.N.) nécessaire.
- d) La réaction de préparation de l'acétylène est : $\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca(OH)}_2$.
Calcule la masse de carbure de calcium ($M_{\text{CaC}_2} = 64 \text{ g/mol}$) nécessaire pour produire 26 g d'acétylène.

Exercice 4.4 – Test de l’alcyne vrai ★★○ ⊙ 20 min

- a) Définis un « alcyne vrai » ou alcyne terminal ».
- b) Parmi : éthyne, prop-1-yne, but-2-yne, pent-1-yne ; lesquels sont des alcynes vrais ?
- c) Écris la réaction du prop-1-yne avec le réactif ammoniacal d’argent $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$.
- d) Quel est le précipité formé ? Couleur ?
- e) Pourquoi le but-2-yne ne réagit-il pas avec ce réactif ?

Exercice 4.5 – Problème synthèse : identification ★★★ ⊙ 50 min**★ Contexte : identification en laboratoire**

On dispose de trois composés A, B, C de formule brute C_4H_6 . A décolore l’eau de brome. B donne un précipité blanc avec $\text{AgNO}_3/\text{NH}_3$. C ne donne aucune réaction de A ni de B.

- a) Calcule le DI de C_4H_6 . Quelles familles sont compatibles ?
- b) Quelle est la famille de A ? De B ? De C ?
- c) Donne les formules semi-développées de A, B et C. Nomme-les.
- d) Écris les équations qui justifient les observations pour A et B.
- e) Comment confirmer que C est bien un cyclobutane $\text{CH}_2\text{--CH}_2$ (cycle à 4 carbones) et non un alcène ?

Chapter 5

Le benzène

Exercice 5.1 – Structure du benzène ★ ○ ○ ⊙ 15 min

- Donne la formule brute du benzène. Calcule son DI.
- Combien de doubles liaisons C=C le benzène comporte-t-il en apparence dans la structure de Kékulé ?
- Pourquoi dit-on que les électrons π sont « délocalisés » dans le benzène ?
- Quelle est la longueur des liaisons C–C dans le benzène ? Situe cette valeur entre la liaison simple (1,54 Å) et la double (1,34 Å).

Exercice 5.2 – Substitution électrophile aromatique ★ ★ ○ ⊙ 25 min

Écris les équations de :

- Halogénéation du benzène : $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Cl}_2$ (cat. FeCl_3). Nomme le produit.
- Nitration du benzène : $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3$ (H_2SO_4 conc.). Nomme le produit.
- Sulfonation du benzène : $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (oléum). Nomme le produit.
- Pour chaque réaction, identifie l'électrophile qui attaque le cycle.

Exercice 5.3 – Substitution vs addition ★ ★ ○ ⊙ 25 min

- Écris l'hydrogénation complète du benzène. Quels sont les réactifs et les conditions nécessaires ?
- Compare les conditions d'addition sur le benzène (H_2 , Ni, 200°C, haute pression) à celles sur l'éthène (H_2 , Ni, température plus basse). Pourquoi le benzène est-il moins réactif ?
- Explique en termes d'énergie de stabilisation aromatique (*résonance*) pourquoi le benzène préfère la substitution.
- Le cyclohexane C_6H_{12} décolore-t-il l'eau de brome ? Le benzène ? Justifie.

Exercice 5.4 – Nitration du toluène et masse molaire ★ ★ ★ ⊙ 40 min

★ Contexte : le TNT

Le trinitrotoluène (TNT) est un explosif célèbre obtenu par nitration complète du toluène $\text{C}_6\text{H}_5\text{--CH}_3$.

- Le toluène est un dérivé du benzène. Donne sa formule brute. Calcule son DI.

- b) La nitration introduit des groupes $-\text{NO}_2$ sur le cycle. Si on nitrate 3 fois (mononitration, dinitration, trinitration), donne la formule brute du TNT (2,4,6-trinitrotoluène, les $-\text{NO}_2$ se fixent en positions 2, 4 et 6).
- c) Écris l'équation de la mononitration du toluène (produit : o-nitrotoluène + p-nitrotoluène, les deux positions 2 et 4 sont favorisées).
- d) Calcule la masse molaire du TNT.
- e) La décomposition explosive du TNT est : $2 \text{ C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6 \rightarrow 12 \text{ CO} + 5 \text{ H}_2 + 3 \text{ N}_2 + 2 \text{ C}$. Combien de moles de gaz sont produites par mole de TNT ? Explique pourquoi c'est une explosion.

Exercice 5.5 – Identification d'hydrocarbures ★★ ★ ⦿ 40 min

Quatre hydrocarbures A, B, C, D ont les formules brutes suivantes : C_6H_{14} , C_6H_{12} , C_6H_{10} , C_6H_6 .

- a) Calcule le DI de chacun.
- b) Associe chaque formule à une famille : alcane, alcène, alcyne (ou diène), composé aromatique.
- c) Parmi eux, lequel décolore l'eau de brome ? Lequel ne décolore pas l'eau de brome mais réagit avec $\text{Cl}_2/\text{FeCl}_3$?
- d) Le composé B (C_6H_{12}) peut être soit un alcène soit un cycloalcane. Comment distinguer ces deux possibilités expérimentalement ?

Chapter 6

Alcools et éthers-oxydes

Exercice 6.1 – Classes et nomenclature des alcools ★ ○ ○ ⊙ 15 min

- a) Classe les alcools suivants (primaire, secondaire, tertiaire) et nomme-les :
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$; $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$; $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$; $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$
- b) Écris la formule semi-développée du pentan-3-ol, du 2-méthylbutan-2-ol et du 3-méthylbutan-1-ol.
- c) Quel alcool est isomère de l'éther éthylique $\text{C}_2\text{H}_5\text{--O--C}_2\text{H}_5$?

Exercice 6.2 – Oxydation ménagée ★ ★ ○ ⊙ 25 min

Écris les équations d'oxydation ménagée de :

- a) Propan-1-ol en défaut d'oxydant ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7/\text{H}^+$). Nomme le produit.
- b) Propan-1-ol en excès d'oxydant. Nomme le produit.
- c) Propan-2-ol. Nomme le produit. Est-il un aldéhyde ou une cétone ?
- d) 2-méthylpropan-2-ol (éthanol tertiaire). Que se passe-t-il ? Justifie.

Exercice 6.3 – Éthers-oxydes ★ ★ ○ ⊙ 25 min

- a) Nomme les éthers : $\text{CH}_3\text{--O--CH}_3$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{--O--C}_2\text{H}_5$, $\text{CH}_3\text{--O--C}_3\text{H}_7$.
- b) Comment prépare-t-on l'oxyde de diéthyle par déshydratation d'alcool ? Écris la réaction avec les conditions.
- c) L'oxyde de diéthyle $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ ($T_e = 35^\circ\text{C}$) et le butan-1-ol $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ ($T_e = 117^\circ\text{C}$) ont la même formule brute. Explique la grande différence de température d'ébullition (liaisons H).
- d) Pourquoi l'éther éthylique est-il un bon solvant organique ? Quel risque présente-t-il ?

Exercice 6.4 – Déshydratation des alcools ★ ★ ○ ⊙ 35 min

★ Contexte : synthèse d'éthylène

L'éthylène est produit industriellement par déshydratation catalytique de l'éthanol (bio-carburant).

- a) Écris la déshydratation de l'éthanol à $180^\circ\text{C}/\text{H}_2\text{SO}_4$ (donne l'alcène).
- b) Écris la déshydratation de l'éthanol à $130^\circ\text{C}/\text{H}_2\text{SO}_4$ (donne l'éther).

- c) La déshydratation du propan-2-ol peut donner deux alcènes : le prop-1-ène et le prop-2-ène (ou plutôt : propène et méthylpropène). Lequel est le produit majoritaire ? (Règle de Zaitsev : alcène le plus substitué est favorisé)
- d) Calcule la masse d'éthylène obtenue si on déshydrate 46 g d'éthanol avec un rendement de 85%.

Exercice 6.5 – Identification et chaînes de transformations ★★★ 45 m

★ Contexte : l'industrie du vin et du vinaigre

La fermentation du raisin produit de l'éthanol. L'oxydation de l'éthanol par les bactéries produit du vinaigre.

- a) Écris la chaîne de transformation : éthanol $\rightarrow$ éthanal $\rightarrow$ acide éthanoïque. Écris chaque étape.
- b) Un alcool A (formule brute $C_4H_{10}O$) donne à l'oxydation ménagée en défaut un aldéhyde B. Un autre alcool C, isomère de A, donne une cétone D par oxydation. Un troisième isomère E ne s'oxyde pas.
- Quelle est la classe de A ? de C ? de E ?
 - Donne les formules et noms de tous les isomères alcools de $C_4H_{10}O$.
 - Identifie A, C et E.
- c) La déshydratation de A à $180^\circ C$ donne un alcène F. L'hydratation de F (H_2O/H^+) donne majoritairement un alcool G différent de A. Identifie F et G.

Chapter 7

Aldéhydes et cétones

Exercice 7.1 – Nomenclature ★ ○ ○ ⊙ 15 min

Nomme les composés suivants :

- a) $\text{CH}_3\text{-CHO}$
- b) $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$
- c) $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CHO}$
- d) $\text{CH}_3\text{-CO-C}_2\text{H}_5$
- e) HCHO
- f) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHO}$

Exercice 7.2 – Tests de reconnaissance ★ ★ ○ ⊙ 25 min

Décris les trois tests de reconnaissance (DNPH, Tollens, Fehling). Pour chaque test :

- a) Nomme le réactif utilisé.
- b) Décris la manipulation et le résultat positif (couleur, aspect).
- c) Indique quelles fonctions détecte chaque test (aldéhyde, cétone, ou les deux).

Remplis le tableau de synthèse :

Fonction	2,4-DNPH	Tollens	Fehling
Aldéhyde			
Cétone			

Exercice 7.3 – Identification d'un inconnu ★★○ ⌚ 35 min**★ Contexte : le labo d'analyse**

On dispose de trois solutions numérotées I, II et III. On effectue les tests suivants :

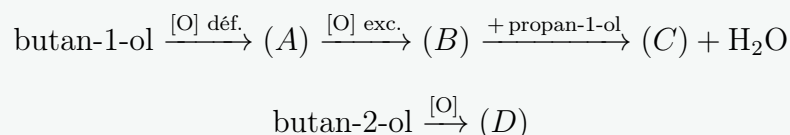
- I + DNPH : précipité jaune. I + Tollens : miroir d'argent. I + Fehling : précipité rouge.
- II + DNPH : précipité jaune. II + Tollens : aucune réaction. II + Fehling : aucune réaction.
- III + DNPH : aucune réaction. III + Tollens : aucune réaction. III + Fehling : aucune réaction.

- Identifie les fonctions : I est un... II est un... III est un...
- Parmi les composés suivants, attribue chaque numéro : éthanol C_2H_5OH ; propanal CH_3CH_2CHO ; propanone CH_3COCH_3 .
- Écris les équations des tests positifs pour I (Tollens et Fehling).
- Propose une expérience supplémentaire pour distinguer I (aldéhyde) de II (cétone) si on ne disposait ni de Tollens ni de Fehling.

Exercice 7.4 – Chaînes de transformations et calculs ★★★ ⌚ 45 min**★ Contexte : l'industrie des parfums**

La vanilline (4-hydroxy-3-méthoxybenzaldéhyde) est l'aldéhyde responsable de l'arôme de la vanille. On se limite ici à des aldéhydes aliphatiques plus simples.

- Complète la chaîne de transformations :



Donne les noms et formules de A, B, C, D.

- 5,8 g de butan-1-ol sont oxydés complètement en acide butanoïque. Calcule la masse d'acide obtenu (rendement 100%). ($M_{\text{butan-1-ol}} = 74 \text{ g/mol}$, $M_{\text{ac. butanoïque}} = 88 \text{ g/mol}$)
- Parmi les composés A, B, C, D, lesquels : réagissent avec la DNPH ? donnent un miroir d'argent ?

Chapter 8

Acides carboxyliques et esters

Exercice 8.1 – Nomenclature des acides et esters ★ ○ ○ ⊙ 15 min

- a) Nomme : CH_3COOH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$, HCOOH , $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$.
- b) Nomme les esters : $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOC}_2\text{H}_5$, HCOOC_3H_7 .
- c) Écris la formule de l'éthanoate de propyle et du butanoate de méthyle.

Exercice 8.2 – Estérification ★ ★ ○ ⊙ 25 min

- a) Écris la réaction d'estérification de l'acide éthanoïque avec le méthanol. Nomme l'ester.
- b) Écris la réaction d'estérification de l'acide propanoïque avec l'éthanol. Nomme l'ester.
- c) Donne les 4 caractéristiques de la réaction d'estérification.
- d) Explique pourquoi utiliser un excès d'alcool améliore le rendement en ester.

Exercice 8.3 – Saponification ★ ★ ○ ⊙ 25 min

- a) Écris la saponification de l'éthanoate d'éthyle par NaOH . Nomme les produits.
- b) Écris la saponification du propanoate de méthyle par KOH .
- c) Compare : estérification et saponification (réversibilité, vitesse, totale ou partielle).
- d) La saponification d'un corps gras (triglycéride) produit du « savon ». Si le corps gras est le tripalmitine (ester du glycérol et de l'acide palmitique $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$), écris la réaction simplifiée de saponification.

Exercice 8.4 – Estérification : équilibre et rendement ★ ★ ○ ⊙ 35 min

★ Contexte : industrie des arômes

L'éthanoate d'isoamyle (formule $\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$) est responsable de l'arôme de banane.

- a) On mélange 1 mol d'acide éthanoïque et 1 mol d'alcool isoamylique. À l'équilibre, on obtient 0,67 mol d'ester. Calcule : le taux de conversion ; la constante d'équilibre K .
- b) Si on avait utilisé 3 mol d'acide pour 1 mol d'alcool, quel serait le taux de conversion (l'éther-oxyde est en excès : utilise l'expression de K pour calculer la conversion ; $K \approx 4$).
- c) Pour une conversion de 90%, quelle quantité d'acide acétique (en mol) faut-il utiliser pour 1 mol d'alcool ?

- d) L'élimination de l'eau (par déshydratant) déplace-t-elle l'équilibre dans le sens de l'estérification ou de l'hydrolyse ? Justifie (Le Chatelier).

Exercice 8.5 – Problème synthèse : identification et chaînes ★★ ★ 50 p

★ Contexte : analyse d'un ester inconnu

Un ester inconnu A de formule brute $C_4H_8O_2$ a une odeur de pomme. La saponification de A par NaOH donne un carboxylate B et un alcool C. L'alcool C est un alcool primaire simple à 1 carbone.

- Calcule le DI de A. Est-ce compatible avec un ester ?
- Sachant que C est le méthanol (1 carbone), déduis la formule de l'acide correspondant. Nomme l'acide.
- Nomme l'ester A.
- Écris la réaction de saponification de A.
- Écris la réaction d'estérification donnant A. Précise les conditions opératoires.
- Calcule la masse d'ester A obtenue par estérification de 74 g d'acide propanoïque ($M = 74 \text{ g/mol}$) avec un excès de méthanol, si le taux de conversion est 80%.

Chapter 9

Isomérisation Z/E

Exercice 9.1 – Conditions de l'isomérisation Z/E ★ ○ ○ ⊙ 15 min

Pour chacune des molécules suivantes, dis si une isomérisation Z/E est possible. Justifie ta réponse.

- a) $\text{CH}_2=\text{CH}_2$
- b) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ (but-2-ène)
- c) $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ (2-méthylprop-1-ène)
- d) $\text{CHCl}=\text{CHCl}$ (1,2-dichloroéthène)
- e) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}_2\text{H}_5$
- f) $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ (chloroéthène)

Exercice 9.2 – Identification Z/E et règles CIP ★ ★ ○ ⊙ 25 min

- a) Pour le but-2-ène $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$: dessine les isomères Z et E. Quel substituant est prioritaire sur chaque carbone de la double liaison ?
- b) Pour le 1-bromo-1-chloropropène $\text{CH}_3-\text{C}(\text{Cl})=\text{CHBr}$: applique les règles CIP pour déterminer les priorités. Dessine les isomères Z et E.
- c) Pour l'acide but-2-énoïque $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$: nomme les deux isomères (Z et E). Note : l'isomère Z est aussi appelé acide maléique, l'E est l'acide fumarique.

Exercice 9.3 – Applications et différences de propriétés ★ ★ ○ ⊙ 30 min

★ Contexte : acide maléique et acide fumarique

L'acide maléique (Z) et l'acide fumarique (E) sont deux isomères géométriques de formule $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$. Leurs propriétés physiques sont très différentes : l'acide maléique fond à 130°C et forme un anhydride ; l'acide fumarique fond à 287°C et ne forme pas d'anhydride.

- a) Donne les formules développées de l'acide maléique (Z) et fumarique (E).
- b) Explique pourquoi l'acide maléique forme un anhydride facilement (les deux groupes $-\text{COOH}$ sont proches) alors que l'acide fumarique ne peut pas en former.
- c) La différence de température de fusion (130 vs 287°C) s'explique par la géométrie moléculaire et les liaisons hydrogène. Explique.
- d) Dans quelle industrie utilise-t-on l'anhydride maléique (dérivé de l'acide maléique) ? Fais une courte recherche ou réponds à partir de tes connaissances.

Exercice 9.4 – Problème synthèse : détermination de structure ★ ★ ★**★ Contexte : molécules biologiques**

Les acides gras insaturés naturels présentent la configuration Z (cis). L'acide oléique $C_{18}H_{34}O_2$ possède une double liaison en position 9 de la chaîne.

- Un composé A de formule C_5H_{10} présente une isomérisation Z/E. Sa formule simplifiée est $CH_3-CH=CH-CH_2-CH_3$ (pent-2-ène). Vérifie les conditions de l'isomérisation Z/E.
- Applique les règles CIP pour déterminer Z ou E de la molécule ci-dessous (pent-2-ène avec les substituants corrects).
- L'acide oléique (Z) est l'acide gras majoritaire dans l'huile d'olive. Sa configuration Z fait plier la chaîne. Explique en quoi cela affecte la *fluidité* des membranes cellulaires par rapport à un acide gras saturé (chaîne droite).
- Les acides gras trans (configuration E, obtenus par hydrogénation partielle des huiles) ont une chaîne droite. Explique pourquoi ils sont assimilés aux graisses saturées par l'organisme et pourquoi certains sont nocifs pour la santé cardiovasculaire.

Chapter 10

Oxydo-réduction

Exercice 10.1 – Définitions et vocabulaire ★ ○ ○ ⊙ 15 min

- a) Définis : oxydant, réducteur, oxydation, réduction.
- b) Donne la demi-équation du couple Cu^{2+}/Cu . Identifie oxydant et réducteur conjugué.
- c) De même pour $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ et Zn^{2+}/Zn .
- d) Dans la réaction : $\text{Fe} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$, identifie quel élément est oxydé et lequel est réduit.

Exercice 10.2 – Équations bilan redox ★ ★ ○ ⊙ 25 min

Écris les équations bilan des réactions suivantes en combinant les demi-équations :

- a) $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} \rightarrow \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$ (couples Cu^{2+}/Cu et Zn^{2+}/Zn)
- b) $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$ (couples Cu^{2+}/Cu et Fe^{2+}/Fe)
- c) $\text{MnO}_4^- + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$ (en milieu acide, équilibre les coefficients)
- d) Pour chaque réaction, identifie l'oxydant et le réducteur.

Exercice 10.3 – Dosage par permanganate ★ ★ ○ ⊙ 25 min

★ Contexte : dosage du fer dans un médicament

On analyse un complément alimentaire en fer. On dissout un comprimé dans de l'acide sulfurique dilué pour obtenir des ions Fe^{2+} . On titrise par une solution de KMnO_4 à $C_0 = 0,01 \text{ mol/L}$. Volume versé à l'équivalence : $V_0 = 12 \text{ mL}$. Volume de solution titrée : $V_r = 20 \text{ mL}$.

- a) Écris les demi-équations des couples $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ et $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$.
- b) Écris l'équation bilan (bien équilibrée).
- c) Dédus la relation de l'équivalence.
- d) Calcule la concentration C_r de la solution Fe^{2+} .
- e) Calcule la quantité de matière de Fe^{2+} dans le volume titré.
- f) Comment repère-t-on l'équivalence expérimentalement ?

Exercice 10.4 – Électrolyse ★★○ ⊙ 35 min**★ Contexte : placage électrolytique – dorage d’une bi-joux**

On veut déposer une couche de cuivre sur une pièce métallique par électrolyse d’une solution de CuSO_4 .

- Décris le principe de l’électrolyse. Qu’est-ce qui se passe à la cathode et à l’anode si on utilise des électrodes inertes ?
- Écris les demi-équations aux deux électrodes pour l’électrolyse de CuSO_4 avec électrodes en platine.
- Un courant de 2 A circule pendant 30 minutes.
 - Calcule la charge totale $Q = I \times t$ (en coulombs).
 - Calcule le nombre de moles d’électrons échangés ($F = 96\,500 \text{ C/mol}$).
 - Quelle masse de Cu se dépose à la cathode ? ($M_{\text{Cu}} = 63,5 \text{ g/mol}$)
- Si on utilisait une anode en cuivre (pas inerte), que se passerait-il ? Écris la demi-équation anodique.

Exercice 10.5 – Pile électrochimique et calculs ★★★ ⊙ 50 min**★ Contexte : pile Daniell – inventeur de la pile électrique**

La pile Daniell (1836) est formée d’une électrode de zinc dans ZnSO_4 et d’une électrode de cuivre dans CuSO_4 , reliées par un pont salin.

- Pour la pile Daniell, identifie l’anode et la cathode. Écris les demi-équations à chaque électrode.
- Écris l’équation bilan de la pile. La FEM est de 1,10 V. Quelle est l’énergie électrique produite par mole de réaction ? ($W = n \times F \times E$, avec $n = 2$, $F = 96\,500 \text{ C/mol}$)
- Quelle électrode se dissout progressivement ? Quelle électrode grossit ?
- Décris le rôle du pont salin.
- La pile se décharge quand tout le Zn ou tout le Cu^{2+} est consommé. Si la solution de Cu^{2+} contient initialement 64 g de Cu^{2+} ($M_{\text{Cu}} = 64 \text{ g/mol}$), quelle masse de Zn sera consommée quand toute la solution CuSO_4 est épuisée ?

Exercice 10.6 – Problème intégrateur : dosage et identification ★★★ ⊙**★ Contexte : eau oxygénée et permanganate**

Le « dioxyde d’hydrogène » (H_2O_2 , eau oxygénée) est un oxydant utilisé comme antiseptique. On peut doser la concentration d’une solution d’eau oxygénée par KMnO_4 .

Couples impliqués : $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ et $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ (demi-équation : $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^-$).

- Écris les deux demi-équations.

- b) Dans cette réaction, l'eau oxygénée joue-t-elle le rôle d'oxydant ou de réducteur ? Justifie.
- c) Écris l'équation bilan redox bien équilibrée.
- d) On titre 10 mL d'une solution de H_2O_2 par KMnO_4 à 0,02 mol/L. À l'équivalence, on a versé 25 mL de KMnO_4 . Calcule la concentration de la solution de H_2O_2 .
- e) On vend l'eau oxygénée en pharmacie à « 10 volumes » : cela signifie que 1 L de solution libère 10 L de O_2 . Calcule la concentration correspondante de H_2O_2 (en mol/L) en utilisant la réaction : $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$.