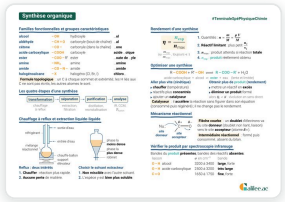
Comparer l'impact environnemental de deux voies de synthèse

Synthèse organique • Compétence 13 • Terminale spécialité physique-chimie

Deux exercices gratuits supplémentaires !

Exercices corrigés pas à pas, sur la page de la compétence.

galilee.ac/V/T9-13



La fiche de cours

Tout le chapitre sur une page.

galilee.ac/F/synthese-organique

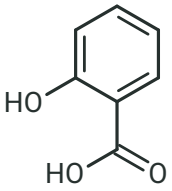
Exercice 1 — Deux voies vers l'aspirine

On veut fabriquer $45{,}0\ \text{g}$ d'aspirine à partir d'acide salicylique (formules ci-contre), par une transformation totale. Deux réactifs sont possibles ($C_2H_4O_2$: acide éthanoïque) :

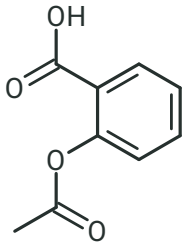
voie A : $C_7H_6O_3 + C_4H_6O_3 \rightarrow C_9H_8O_4 + C_2H_4O_2$

voie B : $C_7H_6O_3 + C_2H_3ClO \rightarrow C_9H_8O_4 + HCl$

Données : $M(\text{aspirine}) = 180{,}0$; $M(\text{acide éthanoïque}) = 60{,}0$; $M(HCl) = 36{,}5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; l'acide éthanoïque est un liquide corrosif et inflammable, qui se récupère par distillation puis se réutilise ; le chlorure d'hydrogène est un gaz corrosif, toxique par inhalation, qui doit être piégé à la sortie du montage.



acide salicylique



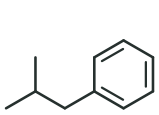
aspirine

1) Calculer la quantité de matière d'aspirine à fabriquer.
2) Calculer la masse d'acide éthanoïque formée par la voie A.
3) Calculer la masse de chlorure d'hydrogène formée par la voie B.
4) Identifier la voie qui forme la plus petite masse de sous-produit.
5) L'industrie utilise pourtant la voie A. Justifier ce choix à l'aide des données.

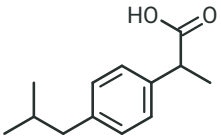
Exercice 2

L'ibuprofène en six ou en trois étapes

L'ibuprofène est fabriqué à partir d'isobutylbenzène (ci-contre) en six étapes de rendement $90\ \%$ chacune (voie 1), ou en trois étapes de rendement $95\ \%$ chacune (voie 2). On engage $n_0 = 2{,}00\ \text{mol}$ d'isobutylbenzène dans chaque voie ; une mole de réactif donne au plus une mole d'ibuprofène. Le rendement global est le produit des rendements des étapes ;
$M(\text{ibuprofène}) = 206{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.



isobutylbenzène



ibuprofène

1) Calculer le rendement global de la voie 1.
2) Calculer le rendement global de la voie 2.
3) Calculer la masse d'ibuprofène obtenue par la voie 1.
4) Calculer la masse d'ibuprofène obtenue par la voie 2.
5) Identifier la voie qui produit le moins de déchets. Justifier.

Exercice 3

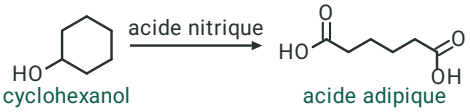
Type bac : l'acide adipique du nylon

L'acide adipique du nylon est produit par la voie industrielle 1 ou par la voie 2, mise au point en laboratoire (ci-contre). On veut produire $14{,}6\ \text{kg}$ d'acide adipique ; les transformations sont supposées totales.

$\text{voie 1} : \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O} + 2\,\text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4 + \text{N}_2\text{O} + 2\,\text{H}_2\text{O}$

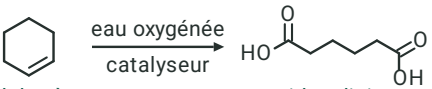
$\text{voie 2} : \text{C}_6\text{H}_{10} + 4\,\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4 + 4\,\text{H}_2\text{O}$

Voie 1 (industrie)



cyclohexanol — acide adipique

Voie 2 (laboratoire)



cyclohexène — acide adipique

Données : $M(\text{acide adipique}) = 146{,}0$; $M(\text{N}_2\text{O}) = 44{,}0$; $M(\text{eau}) = 18{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; voie 2 sans solvant, catalyseur réutilisé ; sur un siècle, $1\ \text{kg}$ de N_2O a le même effet de serre que $265\ \text{kg}$ de CO_2.

1) Calculer la quantité de matière d'acide adipique à produire.
2) Calculer la masse de protoxyde d'azote formée par la voie 1.
3) Calculer la masse de dioxyde de carbone qui aurait le même effet de serre.
4) Calculer la masse d'eau formée par la voie 2.
5) Donner le principal avantage de la voie 2 pour l'environnement.

Comparer l'impact environnemental de deux voies de synthèse

Synthèse organique • Compétence 13 • Terminale spécialité physique-chimie

Exercice 1 Deux voies vers l'aspirine

1) On divise la masse d'aspirine par sa masse molaire :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{45{,}0}{180{,}0} = 0{,}250 \text{ mol}$$

2) Dans la voie A, chaque mole d'aspirine s'accompagne d'une mole d'acide éthanoïque :

$$m_{\text{A}} = n \times M(\text{acide éthanoïque}) = 0{,}250 \times 60{,}0 = 15{,}0 \text{ g}$$

3) Dans la voie B, chaque mole d'aspirine s'accompagne d'une mole de chlorure d'hydrogène :

$$m_{\text{B}} = n \times M(\text{HCl}) = 0{,}250 \times 36{,}5 \approx 9{,}13 \text{ g}$$

4) $9{,}13$ g est plus petit que $15{,}0$ g : la voie B forme la plus petite masse de sous-produit, parce que la masse molaire du chlorure d'hydrogène est la plus petite.

la voie B

5) D'après les données, l'acide éthanoïque est un liquide que l'on récupère par distillation et que l'on réutilise : ce n'est plus un déchet. Le chlorure d'hydrogène est un gaz corrosif et toxique, qu'il faut piéger. La masse du sous-produit ne suffit donc pas pour comparer deux voies : son danger et son devenir comptent aussi.

sous-produit A récupéré et réutilisé ; HCl toxique

Exercice 2 L'ibuprofène en six ou en trois étapes

1) Le rendement global est le produit des rendements des étapes, écrits sous forme décimale. Les six étapes ont le même rendement :

$$\eta_1 = 0{,}90^6 \approx 0{,}531$$

soit $\eta_1 \approx 53{,}1\ \%$.

2) De même pour les trois étapes de la voie 2 :

$$\eta_2 = 0{,}95^3 \approx 0{,}857$$

soit $\eta_2 \approx 85{,}7\ \%$.

3) La quantité d'ibuprofène obtenue est $\eta_1 \times n_0$; on la multiplie par la masse molaire :

$$m_1 = \eta_1 \times n_0 \times M = 0{,}531 \times 2{,}00 \times 206{,}0$$

$$m_1 \approx 219 \text{ g}$$

4) Même calcul avec le rendement global de la voie 2 :

$$m_2 = \eta_2 \times n_0 \times M = 0{,}857 \times 2{,}00 \times 206{,}0$$

$$m_2 \approx 353 \text{ g}$$

5) Avec la même quantité de réactif, la voie en trois étapes donne plus d'ibuprofène : pour une même masse de produit, elle consomme donc moins d'isobutylbenzène. La matière perdue à chaque étape devient un déchet : moins d'étapes, c'est moins de déchets.

la voie 2 (trois étapes)

Exercice 3 Type bac : l'acide adipique du nylon

1) La masse est convertie en grammes : $14{,}6\ \text{kg} = 14\,600\ \text{g}$.

$$\boxed{n = \frac{m}{M} = \frac{14\,600}{146{,}0} = 100\ \text{mol}}$$

2) Dans la voie 1, chaque mole d'acide adipique s'accompagne d'une mole de protoxyde d'azote :

$$\boxed{m(\text{N}_2\text{O}) = n \times M(\text{N}_2\text{O}) = 100 \times 44{,}0 = 4\,400\ \text{g} = 4{,}40\ \text{kg}}$$

3) D'après les données, chaque kilogramme de protoxyde d'azote réchauffe autant que $265\ \text{kg}$ de dioxyde de carbone :

$$\boxed{m(\text{CO}_2) = 4{,}40 \times 265 \approx 1{,}17 \times 10^3\ \text{kg}}$$

4) Dans la voie 2, chaque mole d'acide adipique s'accompagne de quatre moles d'eau :

$$\boxed{m(\text{eau}) = 4 \times n \times M(\text{eau}) = 4 \times 100 \times 18{,}0 = 7\,200\ \text{g} = 7{,}20\ \text{kg}}$$

5) D'après son équation, la voie 2 ne forme que de l'eau, en plus de l'acide adipique : aucun gaz à effet de serre, et pas d'acide nitrique. Les données ajoutent qu'elle se passe de solvant et que son catalyseur est réutilisé.

$$\boxed{\text{aucun gaz à effet de serre : seulement de l'eau}}$$

Deux exercices gratuits supplémentaires !

Exercices corrigés pas à pas, sur la page de la compétence.

galilee.ac/V/T9-13

Impact environnemental d'une synthèse : exercices PDF (Terminale spécialité physique-chimie). Comparer l'impact environnemental de deux voies de synthèse : calculer la masse de sous-produits formés pour une même masse de produit, le rendement global (produit des rendements des étapes : moins d'étapes, moins de déchets), les émissions de gaz à effet de serre ; tenir compte aussi du danger des réactifs et des sous-produits, de leur devenir (récupération, réutilisation), du solvant et de l'énergie consommée. Exercices interactifs corrigés sur galilee.ac.