



simulationconcours.be



Chimie

Carnet d'entraînement

hydrocarbures formule générale insaturation

Chimie organique · Mécanique 1 — des exercices calibrés
concours, du plus simple au plus retors.

44 exercices

3 niveaux

corrigés détaillés

Comment bosser ce carnet

- ✓ Lis d'abord le tutoriel : la mécanique y est expliquée pas à pas
- ✓ Fais chaque niveau en entier **avant** d'ouvrir les corrigés
- ✓ Note à côté de chaque exo : réussi, hésité ou raté — et rejoue les ratés 48 h plus tard



simulationconcours.be

scanne & continue en ligne

Sommaire

- 1 Le tutoriel — la mécanique expliquée
- 2 Les exercices Facile x15 · Moyen x15 · Difficile x14
- 3 Les corrigés détaillés exercice par exercice

Le tutoriel

Ce document est un **carnet d'exercices** : on t'explique d'abord la mécanique, puis tu la travailles sur 44 exercices classés en trois niveaux. Les corrigés détaillés t'attendent en deuxième partie, après la page « Corrigés » — pas avant de l'avoir mérité.

Un **hydrocarbure** n'est fait que de carbone et d'hydrogène. On le range dans une des trois familles selon le type de liaison C-C qu'il contient. Toute cette première mécanique repose sur une idée : *le nombre d'hydrogènes est imposé par le nombre de carbones*.

À RETENIR Les trois formules générales à connaître par cœur

Pour un hydrocarbure **acyclique** (chaîne ouverte) à n carbones :

- **Alcane** (que des liaisons simples, *saturé*) : C_nH_{2n+2} , $n \geq 1$.
- **Alcène** (une double liaison C=C) : C_nH_{2n} , $n \geq 2$.
- **Alcyne** (une triple liaison C≡C) : C_nH_{2n-2} , $n \geq 2$.

Chaque **insaturation** (double liaison ou fermeture d'un cycle) retire 2 hydrogènes ; une triple liaison en retire 4 (elle compte double).

À RETENIR Degré d'insaturation (indice de déficience en hydrogène)

Pour une formule brute $C_nH_mN_pX_qO_r$ (X = halogène ; l'oxygène est *ignoré*) :

$$I = \frac{2n + 2 + p - m - q}{2}$$

I compte le nombre total de **liaisons π** + **cycles** de la molécule. Un hydrocarbure saturé acyclique donne toujours $I = 0$.

☰ **MÉTHODE** *Reconnaître la famille / calculer I*

- 1 Repérer n (nombre de C) et m (nombre de H).
- 2 Comparer m à $2n + 2$: égal $\Rightarrow$ alcane ; $2n \Rightarrow$ une insaturation ; $2n - 2 \Rightarrow$ deux insaturations.
- 3 En cas de doute, calculer I : $I = 0$ saturé acyclique, $I = 1$ un π ou un cycle, $I = 2$ deux π /cycles (dont la triple liaison).

💡 **EXEMPLE** C_4H_{10} , C_4H_8 , C_4H_6

Pour $n = 4$: $2n + 2 = 10$. C_4H_{10} ($I = 0$) est un **alcane** (butane) ; C_4H_8 ($I = 1$) un **alcène** (ou un cycle) ; C_4H_6 ($I = 2$) un **alcyne** (ou un diène, ou un cycle insaturé).

⚠ **PIÈGE** C_nH_{2n} : **alcène ou cycloalcane**

La formule C_nH_{2n} ($I = 1$) ne prouve pas qu'on a un alcène ! Un **cycloalcane** (ex. cyclohexane C_6H_{12}) a la même formule : ici l'insaturation est le *cycle*, pas une double liaison. I ne distingue jamais un cycle d'une liaison π .

📌 **REMARQUE** *L'hydrogénation, lecture inverse de I*

Additionner H_2 sur une double liaison $C=C$ (**hydrogénation**) ajoute **2 H** et fait disparaître une insaturation. Hydrogéner *toutes* les $C=C$ d'une molécule, c'est ajouter $2 \times$ (nombre de $C=C$) hydrogènes : la différence de H entre la molécule et son produit saturé donne directement le nombre de doubles liaisons.

Les exercices

FACILE 15 exercices

Exo 1 Les trois formules générales

Donne la formule générale (en fonction du nombre n de carbones) d'un hydrocarbure acyclique de chaque famille.

a)

un alcane

b)

un alcène (une seule double liaison)

c)

un alcyne (une seule triple liaison)

Exo 2 Combien d'hydrogènes ? – alcanes

Donne la formule brute de l'alcane linéaire possédant :

a)

2 carbones

b)

5 carbones

c)

10 carbones

Exo 3 Combien d'hydrogènes ? – alcènes et alcynes

Donne le nombre d'atomes d'hydrogène, puis la formule brute :

a)

d'un alcène à 4 carbones (une double liaison)

b)

d'un alcyne à 4 carbones (une triple liaison)

c)

d'un alcène à 6 carbones

Exo 4 Reconnaître la famille

Chacune de ces formules est celle d'un hydrocarbure *acyclique*. Indique sa famille (alcane, alcène ou alcyne).

a)



b)



c)



d)



Exo 5 Est-ce un alcane ?

Pour chaque formule, vérifie la relation $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ et réponds par oui ou non.

a)



b)



c)



Exo 6 Trois familles insaturées : liaison et hydrogènes

Pour chaque famille, indique le motif de liaison C-C caractéristique et le nombre d'hydrogènes en moins par rapport à l'alcane de *même* nombre de carbones.

a)

un alcène

b)

un alcyne

c)

un cycloalcane

Exo 7 Formule brute des alcanes

Donne la formule brute, puis le nom, de l'alcane linéaire à :

a)

1 carbone

b)

6 carbones

c)

8 carbones

Exo 8

Formule brute des alcènes

Donne la formule brute d'un alcène (une seule double liaison) possédant :

a)

2 carbones

b)

3 carbones

c)

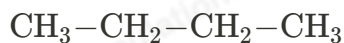
7 carbones

Exo 9

Compter les atomes sur une formule semi-développée

Déduis la formule brute (C_xH_y) de chaque structure en comptant les atomes.

a)



b)



c)



Exo 10

Reconnaître la famille (2 carbones)

Chaque formule est celle d'un hydrocarbure acyclique à 2 carbones. Donne sa famille.

a)



b)



c)



Exo 11 Est-ce un alcène ?

Un alcène acyclique vérifie C_nH_{2n} . Réponds par oui ou non (et donne la vraie famille si non).

a)



b)



c)



Exo 12 Retrouver le nombre de carbones

À partir du nombre d'hydrogènes, retrouve le nombre n de carbones.

a)

un alcane à 16 hydrogènes

b)

un alcane à 20 hydrogènes

c)

un alcène (une double liaison) à 10 hydrogènes

Exo 13 Compter les insaturations par le déficit en H

Pour chaque hydrocarbure à 5 carbones, compare le nombre d'H à celui de l'alcane (C_5H_{12}) et déduis le nombre d'insaturations.

a)



b)



c)



Exo 14 Du nom à la formule brute

Donne la formule brute correspondant à chaque nom.

a)

l'hexane

b)

le pent-1-ène

c)

le but-2-yne

Exo 15 Formule des cycloalcanes

Un cycloalcane (alcane cyclique, un seul cycle) a pour formule générale C_nH_{2n} . Donne la formule brute du :

a)

cyclopropane (3 carbones)

b)

cyclopentane (5 carbones)

c)

cyclohexane (6 carbones)

MOYEN 15 exercices

Exo 1 Calculer le degré d'insaturation

Calcule l'indice de déficience en hydrogène I de chaque hydrocarbure (rappel : $I = \frac{2n+2-m}{2}$).

a)

C_8H_{18}

b)

C_8H_{16}

c)

C_8H_{14}

d)

C_8H_{10}

Exo 2 Une formule, deux structures

La formule C_5H_{10} possède un degré d'insaturation $I = 1$.

a)

Propose une structure **acyclique** (un alcène) compatible avec cette formule.

b)

Propose une structure **cyclique** (un cycloalcane) compatible avec cette même formule.

c)

Explique pourquoi ces deux molécules ont le même I alors qu'elles n'ont pas de double liaison en commun.

Exo 3 Insaturation avec des hétéroatomes

Calcule I pour chaque formule brute (rappel : l'oxygène est *ignoré*, l'azote compte +1, un halogène compte comme un H).

a)



b)



c)



Exo 4 Le cas du benzène

Le benzène a pour formule brute C_6H_6 .

a)

Calcule son degré d'insaturation I .

b)

Sachant que la molécule contient exactement 1 cycle, combien de liaisons π possède-t-elle ?

c)

Le benzène est-il saturé ?

Exo 5 Hydrogénation et comptage des insaturations

Un hydrocarbure de formule C_7H_{10} est **entièrement hydrogéné** (chaque liaison $\text{C}=\text{C}$ additionne H_2). Le produit saturé obtenu possède encore un cycle.

a)

Calcule le degré d'insaturation I de C_7H_{10} .

b)

Le produit saturé est un cycloalcane C_nH_{2n} : donne sa formule brute, et le nombre d'hydrogènes additionnés.

c)

Combien de liaisons $\text{C}=\text{C}$ l'hydrocarbure de départ contenait-il ?

Exo 6 Degré d'insaturation d'hydrocarbures variés

Calcule l'indice de déficience en hydrogène $I = \frac{2n+2-m}{2}$ de chaque hydrocarbure.

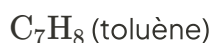
a)



b)



c)



d)



Exo 7 Insaturation en présence d'hétéroatomes

Calcule $I = \frac{2n+2+p-m-q}{2}$ (p = azote, q = halogène, oxygène ignoré).

a)



b)



c)



d)



Exo 8 Une formule brute est-elle possible ?

L'indice I d'un hydrocarbure C_nH_m doit être un entier positif ou nul.

a)

Montre que le nombre d'hydrogènes d'un hydrocarbure est toujours *pair*.

b)

La formule C_4H_9 peut-elle être celle d'un hydrocarbure (molécule neutre stable) ? Justifie par I .

c)

Même question pour C_5H_{12} .

Exo 9 De la masse molaire à la famille

On donne $C = 12 \text{ g/mol}$ et $H = 1 \text{ g/mol}$. Détermine n , la formule brute et la famille.

a)

un alcane de masse molaire $M = 72 \text{ g/mol}$

b)

un alcène (une double liaison) de masse molaire $M = 70 \text{ g/mol}$

c)

un alcyne (une triple liaison) de masse molaire $M = 54 \text{ g/mol}$

Exo 10 Hydrogénation : remonter à la formule de départ

Un hydrocarbure A additionne exactement 2 mol de H_2 par mole ; le produit obtenu est l'alcane C_7H_{16} .

a)

Combien d'atomes d'hydrogène ont été ajoutés à une molécule de A ?

b)

En déduis la formule brute de A .

c)

Donne son degré d'insaturation et son nombre de liaisons $C=C$ (A est acyclique).

Exo 11 L'ibuprofène

L'ibuprofène a pour formule brute $C_{13}H_{18}O_2$.

a)

Calcule son degré d'insaturation I .

b)

La molécule possède un cycle benzénique (qui compte pour 1 cycle + 3 liaisons π). Combien reste-t-il de liaisons π en dehors de ce cycle ?

c)

À quelle fonction correspond cette liaison π restante ?

Exo 12 Que peut être C_4H_6 ?

Un hydrocarbure a pour formule brute C_4H_6 .

a)

Calcule son degré d'insaturation I .

b)

Propose **trois** structures de familles différentes compatibles (précise à chaque fois le nombre de liaisons π et de cycles).

Exo 13 Reconstituer une formule à partir de I

Un hydrocarbure **acyclique** possède $n = 6$ carbones et un degré d'insaturation $I = 2$.

a)

Détermine son nombre d'hydrogènes, puis sa formule brute.

b)

Cite les deux familles d'hydrocarbures acycliques compatibles avec ce I .

Exo 14 Le limonène

Le limonène (arôme d'agrumes) a pour formule brute $C_{10}H_{16}$.

a)

Calcule son degré d'insaturation I .

b)

Sachant qu'il possède exactement 1 cycle, combien de liaisons $C=C$ contient-il ?

c)

Par hydrogénation, toutes ses $C=C$ deviennent des liaisons simples : donne la formule brute du produit.

Exo 15 Insaturation des composés azotés

Calcule I (l'azote compte +1).

a)

C_3H_9N (propylamine)

b)

C_2H_3N (acétonitrile, $CH_3-C\equiv N$)

c)

C_5H_5N (pyridine)

DIFFICILE 14 exercices

Exo 1 Analyse d'une formule brute C_5H_{12}

On considère un composé organique de formule brute C_5H_{12} . Réponds par **vrai** ou **faux** en justifiant à chaque fois.

a)

C'est un alcane.

b)

La molécule peut être cyclique.

c)

Son degré d'insaturation vaut 0.

d)

Il existe un isomère de C_5H_{12} dans lequel quatre atomes de carbone sont chacun liés à trois atomes d'hydrogène.

Exo 2 La colchicine, degré d'insaturation et hydrogénation

La colchicine (médicament de la crise de goutte) a pour formule brute $C_{22}H_{25}NO_6$.

a)

Calcule son degré d'insaturation I .

b)

Sachant que la molécule est **tricyclique** (3 cycles), combien de liaisons π contient-elle au total ?

c)

Par hydrogénation, on transforme toutes ses liaisons $C=C$ en liaisons simples ; le produit obtenu a pour formule $C_{22}H_{37}NO_6$. Combien de liaisons $C=C$ ont été hydrogénées ?

d)

Ce nombre de $C=C$ est-il égal au nombre total de liaisons π trouvé en b) ? Explique l'écart éventuel.

Exo 3 C_6H_{12} : lever l'ambiguïté alcène / cycle

On compare deux molécules de même formule brute C_6H_{12} : l'**hex-2-ène** $CH_3-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_3$ et le **cyclohexane** (cycle saturé à 6 carbones).

a)

Vérifie qu'elles ont toutes deux $I = 1$.

b)

Par hydrogénation catalytique (addition de H_2 sur les liaisons $C=C$), laquelle des deux est transformée, et en quel produit ?

c)

Que devient l'autre molécule dans les mêmes conditions ? Quelle limite du degré d'insaturation cet exemple illustre-t-il ?

Exo 4 Que peut cacher $I = 2$?

Un hydrocarbure a pour formule brute C_5H_8 .

a)

Calcule son degré d'insaturation I .

b)

Cite **quatre** types de structures différentes compatibles avec ce I (précise à chaque fois le nombre de liaisons π et le nombre de cycles).

Exo 5 Le paracétamol : insaturations et hydrogénation

Le paracétamol a pour formule brute $C_8H_9NO_2$.

a)

Calcule son degré d'insaturation I .

b)

La molécule contient un cycle benzénique (1 cycle + 3 π) et une fonction amide. Répartis les insaturations entre cycles et liaisons π , puis précise la nature de chaque π .

c)

On hydrogène **toutes** les liaisons $C=C$ (y compris celles du cycle aromatique). Donne la formule brute du produit.

d)

Le carbonyle $C=O$ de l'amide n'est pas réduit dans ces conditions. Que vaut alors le degré d'insaturation du produit ? Interprète.

Exo 6 Identifier un hydrocarbure par sa masse molaire

Un hydrocarbure gazeux a une masse molaire $M = 82 \text{ g/mol}$ ($C = 12 \text{ g/mol}$, $H = 1 \text{ g/mol}$).

a)

Sachant qu'il possède 2 insaturations, montre qu'il a 6 carbones et donne sa formule brute.

b)

Cite deux familles **acycliques** et une famille **cyclique** compatibles avec cette formule.

c)

On donne : l'eau de brome est décolorée par les liaisons π , pas par un cycle saturé. Parmi le cyclohexène et un bicycloalcane saturé de même formule C_6H_{10} (deux cycles), lequel décolore l'eau de brome ?

Exo 7 Squalène et cholestérol : π contre cycles

On compare deux molécules du vivant.

a)

Le squalène $C_{30}H_{50}$ est **acyclique**. Calcule son I , déduis-en son nombre de liaisons $C=C$, puis la formule brute de son produit d'hydrogénation totale.

b)

Le cholestérol $C_{27}H_{46}O$ possède 4 cycles. Calcule son I et déduis-en son nombre de liaisons $C=C$.

c)

Ces deux molécules ont un I voisin mais « rempli » différemment : commente en une phrase.

Exo 8 Tous les isomères de C_4H_8

On cherche toutes les structures de formule brute C_4H_8 .

a)

Calcule I .

b)

Donne tous les isomères **acycliques** (alcènes), en distinguant les isomères *cis/trans* le cas échéant.

c)

Donne tous les isomères **cycliques** (cycloalcanes).

d)

Lesquels décolorent l'eau de brome ? Justifie.

Exo 9 Pourquoi l'azote fait $+p$ et l'halogène $-q$

On justifie les termes hétéroatomiques de $I = \frac{2n+2+p-m-q}{2}$ à partir de la valence.

a)

Point de départ : un alcane C_nH_{2n+2} donne $I = 0$. Vérifie-le.

b)

On remplace un H par un halogène X (monovalent). La molécule $C_nH_{2n+1}X$ reste saturée : vérifie que la formule redonne bien $I = 0$, et explique le rôle du terme $-q$.

c)

On « insère » un azote trivalent dans une chaîne saturée : l'amine $C_nH_{2n+3}N$ est saturée. Vérifie que $I = 0$, et explique le rôle du terme $+p$.

d)

Pourquoi l'oxygène (divalent) n'apparaît-il pas dans la formule ?

Exo 10 Compter les insaturations par hydrogénation

Un hydrocarbure A , entièrement hydrogéné, donne le méthylcyclopentane C_6H_{12} . On mesure que A additionne 2 mol de H_2 par mole.

a)

Vérifie que le produit C_6H_{12} a $I = 1$ et identifie l'origine de cette insaturation.

b)

Détermine la formule brute de A et son degré d'insaturation.

c)

Combien de liaisons $C=C$ et combien de cycles A possède-t-il ?

d)

Le benzène C_6H_6 , lui, additionne 3 mol de H_2 . Que vaut son I , et pourquoi ce nombre diffère-t-il de celui de A ?

Exo 11 Ces formules sont-elles possibles ?

Une molécule organique neutre stable doit avoir un I **entier** et **positif ou nul**. Pour chaque formule, calcule I et conclus.

a)



b)



c)



d)



Exo 12 Du naphtalène à la décaline

Le naphtalène $C_{10}H_8$ est formé de deux cycles aromatiques accolés. Son hydrogénation complète donne la décaline $C_{10}H_{18}$.

a)

Calcule le degré d'insaturation du naphtalène.

b)

Sachant qu'il est **bicyclique** (2 cycles), combien de liaisons π contient-il ?

c)

Combien de moles de H_2 faut-il pour l'hydrogéner totalement en décaline ?

d)

Vérifie ta réponse en calculant le degré d'insaturation de la décaline.

Exo 13 La caféine : quand I ne compte pas que des $C=C$

La caféine a pour formule brute $C_8H_{10}N_4O_2$.

a)

Calcule son degré d'insaturation I (les 4 azotes comptent chacun +1, l'oxygène est ignoré).

b)

La molécule est **bicyclique**. Combien de liaisons π contient-elle au total ?

c)

Ces liaisons π sont-elles toutes des $C=C$? Sinon, de quoi s'agit-il, et qu'est-ce que cela implique pour une hydrogénation catalytique ?

Exo 14 Du nom à la formule, du déficit au classement

On considère trois molécules : le buta-1,3-diène, le cyclohexène et le 2-méthylbut-2-ène.

a)

Donne la formule brute de chacune.

b)

Calcule leur degré d'insaturation.

c)

Classe-les par nombre croissant d'insaturations.

d)

Laquelle a la forme C_nH_{2n} ? Que remarques-tu pour les deux autres, qui n'ont pourtant ni la même famille ni le même squelette ?



DEUXIÈME PARTIE

Corrigés

Chaque exercice repris pas à pas, niveau par niveau.
Compare ta démarche, pas seulement ton résultat.





Une seconde – avant d'ouvrir le corrigé...



Si ce carnet t'aide, rends-nous la pareille : parle de simulationconcours.be à quelqu'un qui prépare le concours. C'est comme ça qu'on peut continuer.

Ce qu'on a préparé pour toi

- ✓ Ce carnet en interactif, avec correction en un clic
- ✓ Les cours complets, chapitre par chapitre – gratuits
- ✓ 3100 QCM type concours, corrigés et expliqués
- ✓ Des fiches de révision à imprimer

Tous les jeudis : simulation du concours en ligne

En conditions réelles – chrono, QCM type concours et score immédiat.



Rejoins-nous sur simulationconcours.be

scanne le QR ou tape l'adresse – puis reviens vérifier tes réponses

Les corrigés

FACILE 15 exercices

Exo 1 Les trois formules générales

a)

alcane : C_nH_{2n+2} .

b)

alcène : C_nH_{2n} (une double liaison retire 2 H à l'alcane).

c)

alcyne : C_nH_{2n-2} (une triple liaison retire 4 H à l'alcane).

Exo 2 Combien d'hydrogènes ? – alcanes

On applique $2n + 2$ hydrogènes.

a)

$n = 2 : 2n + 2 = 6 \Rightarrow C_2H_6$ (éthane).

b)

$n = 5 : 2n + 2 = 12 \Rightarrow C_5H_{12}$ (pentane).

c)

$n = 10 : 2n + 2 = 22 \Rightarrow C_{10}H_{22}$ (décane).

Exo 3 Combien d'hydrogènes ? – alcènes et alcynes

a)

alcène, $n = 4 : 2n = 8 H \Rightarrow C_4H_8$.

b)

alcyne, $n = 4 : 2n - 2 = 6 H \Rightarrow C_4H_6$.

c)

alcène, $n = 6 : 2n = 12 H \Rightarrow C_6H_{12}$.

Exo 4 Reconnaître la famille

Pour $n = 3$ carbones : $2n + 2 = 8, 2n = 6, 2n - 2 = 4$.

a)

$C_3H_8 : 8 = 2n + 2 \Rightarrow$ **alcane** (propane).

b)

$C_3H_6 : 6 = 2n \Rightarrow$ **alcène** (propène).

c)

$C_3H_4 : 4 = 2n - 2 \Rightarrow$ **alcyne** (propyne).

d)

$C_7H_{16} : 16 = 2 \times 7 + 2 \Rightarrow$ **alcane** (heptane).

Exo 5 Est-ce un alcane ?

On teste $m \stackrel{?}{=} 2n + 2$.

a)

$C_6H_{14} : 2 \times 6 + 2 = 14 \Rightarrow$ **oui** (hexane).

b)

$C_6H_{12} : 2 \times 6 + 2 = 14 \neq 12 \Rightarrow$ **non** (il manque 2 H : une insaturation).

c)

$C_{10}H_{22} : 2 \times 10 + 2 = 22 \Rightarrow$ **oui** (décane).

Exo 6 Trois familles insaturées : liaison et hydrogènes

a)

alcène : une **double liaison** $C=C$; -2 H par rapport à l'alcane (C_nH_{2n}).

b)

alcyne : une **triple liaison** $C \equiv C$; -4 H par rapport à l'alcane (C_nH_{2n-2}).

c)

cycloalcane : un **cycle** (fermeture de la chaîne) ; -2 H par rapport à l'alcane (C_nH_{2n}).

Exo 7 Formule brute des alcanes

On applique C_nH_{2n+2} .

a)

$n = 1 : CH_4$ (méthane).

b)

$n = 6 : C_6H_{14}$ (hexane).

c)

$n = 8 : C_8H_{18}$ (octane).

Exo 8 Formule brute des alcènes

On applique C_nH_{2n} .

a)

$n = 2 : C_2H_4$ (éthène).

b)

$n = 3 : C_3H_6$ (propène).

c)

$n = 7 : C_7H_{14}$ (hept-1-ène).

Exo 9 Compter les atomes sur une formule semi-développée

a)

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 : 4 C \text{ et } 3 + 2 + 2 + 3 = 10 H \Rightarrow C_4H_{10}$ (butane).

b)

$CH_2=CH-CH_3 : 3 C \text{ et } 2 + 1 + 3 = 6 H \Rightarrow C_3H_6$ (propène).

c)

$CH_3-C\equiv CH : 3 C \text{ et } 3 + 0 + 1 = 4 H \Rightarrow C_3H_4$ (propyne).

Exo 10 Reconnaître la famille (2 carbones)

Pour $n = 2 : 2n + 2 = 6, 2n = 4, 2n - 2 = 2$.

a)

$C_2H_6 : 6 = 2n + 2 \Rightarrow$ **alcane** (éthane).

b)

$C_2H_4 : 4 = 2n \Rightarrow$ **alcène** (éthène).

c)

$C_2H_2 : 2 = 2n - 2 \Rightarrow$ **alcyne** (éthyne).

Exo 11 Est-ce un alcène ?

On teste $m \stackrel{?}{=} 2n$.

a)

$C_4H_8 : 2n = 8 = m \Rightarrow$ **oui**.

b)

$C_4H_{10} : 2n = 8 \neq 10 \Rightarrow$ **non** ($m = 2n + 2$: c'est un **alcane**).

c)

$C_5H_{10} : 2n = 10 = m \Rightarrow$ oui.

Exo 12

Retrouver le nombre de carbones

a)

alcane : $2n + 2 = 16 \Rightarrow n = 7$ (heptane, C_7H_{16}).

b)

alcane : $2n + 2 = 20 \Rightarrow n = 9$ (nonane, C_9H_{20}).

c)

alcène : $2n = 10 \Rightarrow n = 5$ (un pentène, C_5H_{10}).

Exo 13

Compter les insaturations par le déficit en H

L'alcane à 5 C est C_5H_{12} . Chaque insaturation retire 2 H.

a)

$C_5H_{12} : 12 - 12 = 0 \Rightarrow$ 0 insaturation (alcane saturé).

b)

$C_5H_{10} : 12 - 10 = 2$ H en moins $\Rightarrow$ 1 insaturation.

c)

$C_5H_8 : 12 - 8 = 4$ H en moins $\Rightarrow$ 2 insaturations.

Exo 14

Du nom à la formule brute

a)

hexane (alcane, $n = 6$) : C_6H_{14} .

b)

pent-1-ène (alcène, $n = 5$) : C_5H_{10} .

c)

but-2-yne (alcyne, $n = 4$) : C_4H_6 .

Exo 15

Formule des cycloalcane

On applique C_nH_{2n} .

a)

cyclopropane, $n = 3$: C_3H_6 .

b)

cyclopentane, $n = 5$: C_5H_{10} .

c)

cyclohexane, $n = 6$: C_6H_{12} .

MOYEN 15 exercices

Exo 1 Calculer le degré d'insaturation

Ici $n = 8$, donc $2n + 2 = 18$ et $I = \frac{18-m}{2}$.

a)

C_8H_{18} : $I = \frac{18-18}{2} = 0$ (alcane saturé).

b)

C_8H_{16} : $I = \frac{18-16}{2} = 1$ (une insaturation).

c)

C_8H_{14} : $I = \frac{18-14}{2} = 2$ (deux insaturations).

d)

C_8H_{10} : $I = \frac{18-10}{2} = 4$ (quatre insaturations, typiquement un noyau aromatique).

Exo 2 Une formule, deux structures

a)

Un alcène acyclique, par exemple le **pent-1-ène** $CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3$.

b)

Le **cyclopentane** (cycle à 5 carbones, uniquement des liaisons simples).

c)

I compte les liaisons π et les cycles *sans les distinguer*. Le pent-1-ène a 1 liaison π et 0 cycle ($I = 1$) ; le cyclopentane a 0 liaison π et 1 cycle ($I = 1$). Même valeur, origines différentes.

Exo 3 Insaturation avec des hétéroatomes

On applique $I = \frac{2n+2+p-m-q}{2}$ (p = azote, q = halogène, oxygène ignoré).

a)

C_3H_6O : $I = \frac{2 \cdot 3 + 2 - 6}{2} = \frac{2}{2} = 1$ (ex. propanal ou propanone).

b)

C_2H_3Cl : $I = \frac{2 \cdot 2 + 2 - 3 - 1}{2} = \frac{2}{2} = 1$ (chlorure de vinyle, une $C=C$).

c)

$$\text{C}_2\text{H}_7\text{N} : I = \frac{2 \cdot 2 + 2 + 1 - 7}{2} = \frac{0}{2} = 0 \text{ (éthylamine, saturée).}$$

Exo 4 Le cas du benzène

a)

$$I = \frac{2 \cdot 6 + 2 - 6}{2} = \frac{8}{2} = 4.$$

b)

$I = (\text{liaisons } \pi) + (\text{cycles})$, donc $\pi = I - \text{cycles} = 4 - 1 = \mathbf{3 \text{ liaisons } \pi}$ (les trois doubles liaisons de Kekulé).

c)

Non : avec $I = 4$, il est très fortement **insaturé** (un alcane à 6 C serait C_6H_{14} , soit 8 H de plus).

Exo 5 Hydrogénation et comptage des insaturations

a)

$$I = \frac{2 \cdot 7 + 2 - 10}{2} = \frac{6}{2} = 3.$$

b)

Le produit saturé à 7 C avec un cycle est C_7H_{14} (formule C_nH_{2n}). On passe de C_7H_{10} à C_7H_{14} : $14 - 10 = \mathbf{4 \text{ hydrogènes additionnés}}$.

c)

Chaque $\text{C}=\text{C}$ additionne 2 H, donc $\frac{4}{2} = \mathbf{2 \text{ liaisons } \text{C}=\text{C}}$. Vérification : $I = 3 = \underbrace{2}_{\pi} + \underbrace{1}_{\text{cycle}}$, cohérent avec le cycle qui subsiste après hydrogénation.

Exo 6 Degré d'insaturation d'hydrocarbures variés

a)

$$\text{C}_7\text{H}_{16} : I = \frac{2 \cdot 7 + 2 - 16}{2} = \frac{0}{2} = 0 \text{ (alcane saturé).}$$

b)

$$\text{C}_7\text{H}_{12} : I = \frac{16 - 12}{2} = 2.$$

c)

$$\text{C}_7\text{H}_8 : I = \frac{16 - 8}{2} = 4 \text{ (noyau aromatique).}$$

d)

$$\text{C}_{10}\text{H}_8 : I = \frac{2 \cdot 10 + 2 - 8}{2} = \frac{14}{2} = 7 \text{ (2 cycles + 5 liaisons } \pi \text{).}$$

Exo 7 Insaturation en présence d'hétéroatomes

a)

$$\text{CH}_5\text{N} : I = \frac{2 \cdot 1 + 2 + 1 - 5}{2} = \frac{0}{2} = 0 \text{ (amine saturée).}$$

b)

$$\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl} : I = \frac{2 \cdot 3 + 2 - 7 - 1}{2} = \frac{0}{2} = 0 \text{ (dérivé chloré saturé).}$$

c)

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} : I = \frac{2 \cdot 6 + 2 - 5 - 1}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ (cycle aromatique).}$$

d)

$$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 : I = \frac{2 \cdot 2 + 2 - 4}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ (le carbonyle C=O ; l'oxygène est ignoré).}$$

Exo 8 Une formule brute est-elle possible ?

a)

$$I = \frac{2n+2-m}{2} \text{ est entier, donc } 2n+2-m \text{ est pair. Comme } 2n+2 \text{ est pair, } m \text{ est nécessairement pair.}$$

b)

$$\text{C}_4\text{H}_9 : I = \frac{2 \cdot 4 + 2 - 9}{2} = \frac{1}{2}, \text{ non entier} \Rightarrow \text{impossible (nombre d'H impair).}$$

c)

$$\text{C}_5\text{H}_{12} : I = \frac{2 \cdot 5 + 2 - 12}{2} = 0, \text{ entier} \geq 0 \Rightarrow \text{possible (le pentane).}$$

Exo 9 De la masse molaire à la famille

a)

$$\text{Alcane : } M = 14n + 2 = 72 \Rightarrow n = 5 ; \text{C}_5\text{H}_{12}, \text{pentane.}$$

b)

$$\text{Alcène : } M = 14n = 70 \Rightarrow n = 5 ; \text{C}_5\text{H}_{10}, \text{un pentène.}$$

c)

$$\text{Alcyne : } M = 14n - 2 = 54 \Rightarrow n = 4 ; \text{C}_4\text{H}_6, \text{un butyne.}$$

Exo 10 Hydrogénation : remonter à la formule de départ

a)

$$2 \text{ mol de H}_2 \text{ apportent } 2 \times 2 = 4 \text{ atomes d'H.}$$

b)

$$A \text{ a donc } 16 - 4 = 12 \text{ H : C}_7\text{H}_{12}.$$

c)

$$I = \frac{2 \cdot 7 + 2 - 12}{2} = \frac{4}{2} = 2; A \text{ étant acyclique, ces 2 insaturations sont 2 liaisons } C=C \text{ (un diène).}$$

Exo 11 L'ibuprofène

a)

$$I = \frac{2 \cdot 13 + 2 - 18}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ (l'oxygène n'intervient pas).}$$

b)

Le cycle benzénique « consomme » 1 cycle + 3 π , soit 4 insaturations. Il reste $5 - 4 = 1$ **liaison** π .

c)

C'est la liaison $C=O$ de la fonction **acide carboxylique** ($-COOH$).

Exo 12 Que peut être C_4H_6 ?

a)

$$I = \frac{2 \cdot 4 + 2 - 6}{2} = \frac{4}{2} = 2.$$

b)

Trois familles possibles ($\pi + \text{cycles} = 2$) :

- un **alcyne** (but-1-yne) : 2 π (la triple liaison), 0 cycle ;
- un **diène** (buta-1,3-diène) : 2 π (deux $C=C$), 0 cycle ;
- un **cycloalcène** (cyclobutène) : 1 π + 1 cycle.

Exo 13 Reconstituer une formule à partir de I

a)

$$m = 2n + 2 - 2I = 2 \cdot 6 + 2 - 2 \cdot 2 = 14 - 4 = 10; \text{ la formule est } C_6H_{10}.$$

b)

Avec $I = 2$ et sans cycle : soit un **alcyne** (une triple liaison, ex. hex-1-yne), soit un **diène** (deux doubles liaisons, ex. hexa-1,3-diène).

Exo 14 Le limonène

a)

$$I = \frac{2 \cdot 10 + 2 - 16}{2} = \frac{6}{2} = 3.$$

b)

$$I = \pi + \text{cycles, donc } \pi = 3 - 1 = 2 \text{ liaisons } C=C.$$

c)

Chaque $C=C$ additionne 2 H : $2 \times 2 = 4$ H ajoutés, soit $C_{10}H_{20}$ (formule C_nH_{2n} , cohérente avec le cycle restant).

Exo 15 Insaturation des composés azotés

a)

$$C_3H_9N : I = \frac{2 \cdot 3 + 2 + 1 - 9}{2} = \frac{0}{2} = 0 \text{ (amine saturée).}$$

b)

$$C_2H_3N : I = \frac{2 \cdot 2 + 2 + 1 - 3}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ (la triple liaison } C \equiv N \text{ compte } 2 \pi \text{).}$$

c)

$$C_5H_5N : I = \frac{2 \cdot 5 + 2 + 1 - 5}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ (cycle aromatique azoté).}$$

DIFFICILE 14 exercices

Exo 1 Analyse d'une formule brute C_5H_{12}

$$\text{Pour } n = 5 : 2n + 2 = 12, \text{ et } I = \frac{12 - 12}{2} = 0.$$

a)

Vrai. $m = 12 = 2n + 2$: c'est exactement la formule d'un alcane.

b)

Faux. Un composé cyclique aurait au moins un cycle, donc $I \geq 1$ et la formule C_5H_{10} (cyclopentane) au plus. Avec $I = 0$, la molécule est nécessairement **acyclique**.

c)

Vrai. On vient de calculer $I = 0$: ni liaison π , ni cycle.

d)

Vrai. C'est le **2,2-diméthylpropane** (néopentane) : ses quatre groupements $-CH_3$ périphériques sont quatre carbones liés chacun à 3 H, le carbone central étant quaternaire (aucun H).

Exo 2 La colchicine, degré d'insaturation et hydrogénation

a)

$$I = \frac{2 \cdot 22 + 2 + 1 - 25}{2} = \frac{44 + 2 + 1 - 25}{2} = \frac{22}{2} = 11 \text{ (l'oxygène n'intervient pas).}$$

b)

$$I = (\text{liaisons } \pi) + (\text{cycles}), \text{ donc } \pi = I - 3 = 11 - 3 = \mathbf{8 \text{ liaisons } \pi}.$$

c)

On passe de $C_{22}H_{25}NO_6$ à $C_{22}H_{37}NO_6$: $37 - 25 = 12$ hydrogènes additionnés. Comme chaque $C=C$ additionne 2 H, cela fait $\frac{12}{2} = \mathbf{6 \text{ liaisons } C=C}$.

d)

Non, $6 \neq 8$. L'hydrogénation ne touche que les doubles liaisons *carbone-carbone*. Les $8 - 6 = 2$ liaisons π restantes sont des doubles liaisons $C=O$ (carbonyles de l'ester, de l'amide, etc.), comptées par I mais *non* hydrogénées ici. Le degré d'insaturation compte **toutes** les liaisons π , pas seulement les $C=C$.

Exo 3 C_6H_{12} : lever l'ambiguïté alcène / cycle

a)

Pour $n = 6$: $2n + 2 = 14$, donc $I = \frac{14-12}{2} = 1$ pour les deux (même formule brute $\Rightarrow$ même I).

b)

C'est l'**hex-2-ène** qui réagit : sa liaison $C=C$ additionne H_2 et donne l'hexane C_6H_{14} (saturé, $I = 0$).

c)

Le **cyclohexane** reste inchangé : son unique insaturation est un *cyc/e*, qui ne s'ouvre pas par simple hydrogénation. Conclusion : I signale une insaturation mais ne dit pas si c'est une liaison π (réactive à l'hydrogénation) ou un cycle (inerte) — seule la structure tranche.

Exo 4 Que peut cacher $I = 2$?

a)

$$I = \frac{2 \cdot 5 + 2 - 8}{2} = \frac{4}{2} = 2.$$

b)

Quatre structures possibles, toutes avec $\pi + \text{cycles} = 2$:

- un **alcyne** (pent-1-yne) : 2 liaisons π (la triple liaison = $1 \sigma + 2 \pi$), 0 cycle ;
- un **diène** (penta-1,3-diène) : 2 liaisons π (deux $C=C$), 0 cycle ;
- un **cyclo-alcène** (cyclopentène) : 1 liaison $\pi + 1$ cycle ;
- un **bicycle** (bicyclopentane) : 0 liaison $\pi + 2$ cycles.

Exo 5 Le paracétamol : insaturations et hydrogénation

a)

$$I = \frac{2 \cdot 8 + 2 + 1 - 9}{2} = \frac{16 + 2 + 1 - 9}{2} = \frac{10}{2} = 5.$$

b)

$I = 5 = \underbrace{1}_{\text{cycle}} + \underbrace{4}_{\pi}$. Les 4 liaisons π sont : 3 liaisons $C=C$ du cycle aromatique et 1 liaison $C=O$ (le carbonyle de l'amide).

c)

Hydrogéner les 3 C=C aromatiques ajoute $3 \times 2 = 6$ H : le produit est C₈H₁₅NO₂ (le cycle devient un cyclohexane, toujours 1 cycle).

d)

$$I(\text{C}_8\text{H}_{15}\text{NO}_2) = \frac{2 \cdot 8 + 2 + 1 - 15}{2} = \frac{4}{2} = 2 = \underbrace{1}_{\text{cycle}} + \underbrace{1}_{\text{C=O}}. \text{ L'amide C=O, non réduit, subsiste : } I \text{ compte}$$

toutes les liaisons π , mais l'hydrogénation n'en supprime qu'une partie.

Exo 6 Identifier un hydrocarbure par sa masse molaire

a)

Avec $I = 2$, la formule est C_nH_{2n-2}, de masse $M = 14n - 2$. On résout $14n - 2 = 82 \Rightarrow n = 6$: la formule est C₆H₁₀.

b)

Acycliques : un **alcyne** (hexyne) ou un **diène** (hexadiène). Cyclique : un **cycloalcène** (cyclohexène, 1 cycle + 1 π).

c)

Le **cyclohexène** (qui possède une liaison π) décolore l'eau de brome ; le bicycloalcane, formé de deux cycles saturés (aucune liaison π), ne réagit pas.

Exo 7 Squalène et cholestérol : π contre cycles

a)

$$I = \frac{2 \cdot 30 + 2 - 50}{2} = \frac{12}{2} = 6. \text{ Acyclique } \Rightarrow 6 \text{ liaisons C=C. Hydrogénation totale : } 6 \times 2 = 12 \text{ H ajoutés } \Rightarrow \text{C}_{30}\text{H}_{62} \text{ (alcane, } 2n + 2 = 62).$$

b)

$$I = \frac{2 \cdot 27 + 2 - 46}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ (oxygène ignoré). Avec 4 cycles : } \pi = 5 - 4 = \mathbf{1 \text{ liaison C=C.}}$$

c)

Les deux ont $I \approx 5-6$, mais le squalène le « remplit » avec 6 liaisons π (aucun cycle), tandis que le cholestérol le remplit surtout avec 4 cycles et une seule C=C.

Exo 8 Tous les isomères de C₄H₈

a)

$$I = \frac{2 \cdot 4 + 2 - 8}{2} = \frac{2}{2} = 1.$$

b)

Alcènes : le **but-1-ène** CH₂=CH-CH₂-CH₃, le **2-méthylpropène** CH₂=C(CH₃)₂, et le **but-2-ène** CH₃-CH=CH-CH₃ qui existe sous deux formes *cis* et *trans* : soit **4** structures au total.

c)

Cycloalcanes : le **cyclobutane** et le **méthylcyclopropane** : 2 structures.

d)

Les 4 alcènes (liaison C=C) décolorent l'eau de brome ; les 2 cycloalcanes (insaturation = cycle, aucune π) ne réagissent pas.

Exo 9 Pourquoi l'azote fait $+p$ et l'halogène $-q$

a)

$$I = \frac{2n+2-(2n+2)}{2} = 0 : \text{un alcane est bien saturé acyclique.}$$

b)

$C_nH_{2n+1}X$: $I = \frac{2n+2-(2n+1)-1}{2} = \frac{0}{2} = 0$. Un halogène est **monovalent** comme H : il occupe exactement une place d'hydrogène. Le terme $-q$ le décompte comme un H, pour ne pas créer de fausse insaturation.

c)

$C_nH_{2n+3}N$: $I = \frac{2n+2+1-(2n+3)}{2} = \frac{0}{2} = 0$. L'azote **trivalent** apporte une liaison de plus : il autorise 1 H supplémentaire ($2n + 3$ au lieu de $2n + 2$). Le terme $+p$ compense cet hydrogène en trop.

d)

L'oxygène est **divalent** : inséré dans une liaison (C—O—C ou C—O—H), il ne modifie pas le nombre d'hydrogènes de la chaîne saturée. Son effet sur I est nul, donc il n'apparaît pas.

Exo 10 Compter les insaturations par hydrogénation

a)

$I(C_6H_{12}) = \frac{2 \cdot 6 + 2 - 12}{2} = \frac{2}{2} = 1$: cette unique insaturation est le **cycle** (le méthylcyclopentane n'a aucune liaison π).

b)

2 mol de $H_2 = 4$ H ajoutés : A a $12 - 4 = 8$ H, soit C_6H_8 , et $I = \frac{14-8}{2} = 3$.

c)

$I = 3 = \underbrace{1}_{\text{cycle}} + \underbrace{2}_{C=C}$: A possède 1 cycle et 2 liaisons C=C (un méthylcyclopentadiène).

d)

$I(C_6H_6) = \frac{14-6}{2} = 4 = 1 \text{ cycle} + 3 \pi$: le benzène a 3 liaisons π , il faut donc 3 mol de H_2 (contre 2 pour A, qui n'a que 2 liaisons π).

Exo 11 Ces formules sont-elles possibles ?

a)

$$C_5H_{13} : I = \frac{2 \cdot 5 + 2 - 13}{2} = \frac{-1}{2}, \text{ ni entier ni positif} \Rightarrow \text{impossible.}$$

b)

$$C_4H_4 : I = \frac{2 \cdot 4 + 2 - 4}{2} = \frac{6}{2} = 3, \text{ entier} \geq 0 \Rightarrow \text{possible (ex. le vinylacétylène } CH_2=CH-C \equiv CH).$$

c)

$$C_6H_{14}O : I = \frac{2 \cdot 6 + 2 - 14}{2} = \frac{0}{2} = 0 \Rightarrow \text{possible (ex. l'hexan-1-ol ou un éther).}$$

d)

$$C_3H_{10} : I = \frac{2 \cdot 3 + 2 - 10}{2} = \frac{-2}{2} = -1 < 0 \Rightarrow \text{impossible (le maximum d'H pour 3 C est } 2 \cdot 3 + 2 = 8).$$

Exo 12 Du naphtalène à la décaline

a)

$$I = \frac{2 \cdot 10 + 2 - 8}{2} = \frac{14}{2} = 7.$$

b)

$$\pi = I - \text{cycles} = 7 - 2 = 5 \text{ liaisons } \pi.$$

c)

Chaque H_2 hydrogène une liaison π : il faut **5 mol de H_2** ($18 - 8 = 10$ H ajoutés, soit 5×2).

d)

$$I(C_{10}H_{18}) = \frac{2 \cdot 10 + 2 - 18}{2} = \frac{4}{2} = 2 : \text{ il ne reste que les 2 cycles (toutes les } \pi \text{ ont disparu), ce qui confirme les 5 liaisons } \pi \text{ hydrogénées.}$$

Exo 13 La caféine : quand I ne compte pas que des $C=C$

a)

$$I = \frac{2 \cdot 8 + 2 + 4 - 10}{2} = \frac{16 + 2 + 4 - 10}{2} = \frac{12}{2} = 6.$$

b)

$$\pi = I - \text{cycles} = 6 - 2 = 4 \text{ liaisons } \pi.$$

c)

Non. Parmi ces 4 liaisons π , deux sont des $C=O$ (les deux carbonyles) et les autres des $C=C/C=N$ des cycles. Une hydrogénation catalytique n'agit que sur les $C=C$: elle ne supprimerait donc pas toutes les insaturations comptées par I .

Exo 14 Du nom à la formule, du déficit au classement

a)

buta-1,3-diène : C_4H_6 ; cyclohexène : C_6H_{10} ; 2-méthylbut-2-ène : C_5H_{10} .

b)

$$I(C_4H_6) = \frac{10-6}{2} = 2 ; I(C_6H_{10}) = \frac{14-10}{2} = 2 ; I(C_5H_{10}) = \frac{12-10}{2} = 1.$$

c)

Par insaturations croissantes : 2-méthylbut-2-ène (1) < buta-1,3-diène = cyclohexène (2).

d)

Seul le **2-méthylbut-2-ène** a la forme C_nH_{2n} ($I = 1$). Les deux autres sont en C_nH_{2n-2} ($I = 2$) : le diène par ses deux $C=C$, le cyclohexène par 1 cycle + 1 $C=C$ — même formule générale, origines différentes.



Tous les exos cochés ? Passe au niveau réel.

+

Ce carnet est un extrait de notre bibliothèque d'entraînement — la suite se joue en ligne.

Sur simulationconcours.be

- ✓ Le même carnet en interactif, avec correction en un clic
- ✓ Les autres mécaniques de la fiche, niveau par niveau
- ✓ 3100 QCM type concours, corrigés et expliqués
- ✓ Les cours complets — gratuits — et les fiches de révision

Tous les jeudis : simulation du concours en ligne

En conditions réelles — chrono, QCM type concours et score immédiat.



Rejoins-nous sur simulationconcours.be

scanne le QR ou tape l'adresse — les cours complets sont gratuits