

## 10.1 Introduction

**Tu devrais savoir (ou connaître)...**


- que 2 caractéristiques importantes d'une série homologue est que chaque membre de la série diffère du précédent par  $\text{CH}_2$  et qu'ils ont le même groupe fonctionnel (et donc des propriétés chimique similaires) De plus, ils ont la même formule générale et leurs propriétés physiques change graduellement à mesure que la chaîne s'allonge parce que les forces de dispersion de London augmentent.
- que 2 molécules (ou plus) qui ont la même formule mais qui ne sont pas la même structure s'appellent des *isomères structuraux*. Ex. :  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  (butane) et  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$  (2-méthylpropane) ont la même formule ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) mais une structure et un nom différents.
- comment nommer les composés organiques selon l'UICPA.
- les termes *primaire*, *secondaire* et *tertiaire* servant à décrire un atome de carbone (dans les alcools et les halogénoalcanes)

**Tu devrais être capable de ...**

- prédire et expliquer les tendances pour le point d'ébullition des membres d'une série homologue
- différencier entre la formule empirique (le plus petit rapport du nombre d'atomes des éléments les uns aux autres) et la formule moléculaire (qui donne le nombre exact d'atomes pour chaque élément. Ex. La formule moléculaire du butane :  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , mais sa formule empirique est  $\text{C}_2\text{H}_5$ ).
- déduire la formule structurale d'isomères de composés contenant les groupes fonctionnels suivants : alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique et halogénoalcane
- discuter de la volatilité et de la solubilité dans l'eau des composés renfermant les groupes fonctionnels mentionnés plus haut. Ex. Alcool a un groupe  $-\text{OH}$  qui peut faire des liaisons-H avec l'eau (soluble dans l'eau) et avec une autre molécule d'alcool (relativement haut point d'ébullition)

**Tu DOIS...**

- apprendre les noms et structures suivants

| NOM   | Formule moléculaire   | Formule structurale                            | Formule générale            |
|---|---|--|-----------------------------|
| Méthane   | $\text{CH}_4$   | $\text{CH}_4$                                  | $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ |
| Éthane  | $\text{C}_2\text{H}_6$  | $\text{CH}_3\text{CH}_3$                       | $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ |
| Propane   | $\text{C}_3\text{H}_8$  | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$            | $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ |
| Butane  | $\text{C}_4\text{H}_{10}$   | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ | $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ |
| Pentane   | $\text{C}_5\text{H}_{12}$   | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$        | $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ |
| Hexane  | $\text{C}_6\text{H}_{14}$   | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$        | $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ |
| • connaître les groupes fonctionnels suivants   |   |  |                             |
| Benzène   | $\text{C}_6\text{H}_6$ ou  | $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$              | méthylbenzène               |
| Alcène*   | $-\text{C}=\text{C}-$   | $\text{CH}_2\text{CH}_2$                       | Éthène                      |
| Haloalcane*   | $-\text{X}$<br>$\text{X} = \text{halogène}$   | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$              | Chloroéthane                |
| Ester   | $-\text{COO}-$  | $\text{HCOOCH}_3$                              | Méthanoate de méthyle       |
| Aldéhyde*   | $-\text{CHO}$   | $\text{CH}_3\text{CHO}$                        | Éthanal                     |
| Cétone*   | $-\text{CO}$  | $\text{CH}_3\text{COCH}_3$                     | Propanone                   |
| Amines  | $-\text{NH}_2$  | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$            | Éthylamine                  |
| Alcool*   | $-\text{OH}$  | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$              | Éthanol                     |
| Acide carboxylique*   | $-\text{COOH}$  | $\text{CH}_3\text{COOH}$                       | Acide éthanoïque            |
| * les groupes avec un astérisque sont ceux que tu dois être capable de nommer.<br>Les groupes fonctionnels sont placés en ordre croissant de point d'ébullition, à «masse molaire» équivalente. |   |  |                             |



## 10.2 Les alcanes

**Tu devrais savoir que ...**

- les alcanes sont généralement peu réactifs parce que les liaisons C-C et C-H sont fortes et non polaires.
- les alcanes sont combustibles. En présence d'oxygène, ils brûlent de façon très exothermique en produisant du CO<sub>2</sub> et de l'eau (combustion complète)
 
$$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$$
 Ou s'il y a un manque d'oxygène, cela peut produire du CO et parfois des «déchets» de carbone (suie). Par exemple :
 
$$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g}) (+ \text{C}(\text{s})) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$$
- les alcanes réagissent avec le chlore et le brome en présence de rayons ultraviolet (provenant du soleil) selon un mécanisme de substitution radicalaire

**Tu devrais être capable de ...**

- décrire le mécanisme de substitution radicalaire en te servant des termes *initiation*, *propagation* et *termination*.
- décrire l'initiation en termes de rupture homolytique qui mène à la formation de radicaux libres qui ont comme symbole •.

**Tu DOIS ...**

- être capable d'écrire l'équation de combustion complète et incomplète des alcanes.
- apprendre le mécanisme de substitution radicalaire suivant :
 

Initiation (en présences de rayons UV)

$$\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}\bullet$$

Propagation

$$\text{CH}_4 + \text{Cl}\bullet \rightarrow \text{CH}_3\bullet + \text{HCl}$$

$$\text{CH}_3\bullet + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}\bullet$$

Termination

$$\text{Cl}\bullet + \text{Cl}\bullet \rightarrow \text{Cl}_2 \quad \text{ou}$$

$$\text{CH}_3\bullet + \text{CH}_3\bullet \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \quad \text{ou}$$

$$\text{CH}_3\bullet + \text{Cl}\bullet \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl}$$

**Exemples**

1. Quelles caractéristiques parmi les suivantes sont typiques pour un radical libre?
- Il a un doublet non liant
  - Il peut être formé par la rupture homolytique d'une liaison covalente
  - Il n'a pas de charge
- A.I et II    B.I et III    C.II et III    D.I, II et III

*Un radical libre est formé lorsqu'une liaison est rompue de façon homolytique, c'est-à-dire, chacun part avec un des 2 électrons de la liaison ce qui rend les radicaux très réactifs. Comme chacun part avec un électron, aucune des 2 espèces ne gagne ou ne perd de charge donc reste sans charge.*

**La bonne réponse est C**

2. Lequel de ces énoncés est correct au sujet de la réaction entre le méthane et le chlore?
- Il y a rupture hétérolytique et des Cl<sup>-</sup>
  - Il y a rupture hétérolytique et des Cl•
  - Il y a rupture homolytique et des Cl<sup>-</sup>
  - Il y a rupture homolytique et des Cl•

*Le mécanisme nécessite une rupture homolytique pour former des radicaux, Cl•.*

**La bonne réponse est D.**

## 10.3 Les alcènes

## Tu devrais savoir que ...

- la formule générale des alcènes est  $C_nH_{2n}$
- les alcènes sont des hydrocarbures avec une liaison double C=C qui les rend plus réactifs que les alcanes.
- les alcènes ont des réactions d'addition avec l'hydrogène, les halogènes, les hydrogénures d'halogène et l'eau.
- les alcènes peuvent être des monomères qui se joignent ensemble (polymérisation par addition) pour former de longues chaînes de molécules (polymères)

## Tu devrais être capable de ...

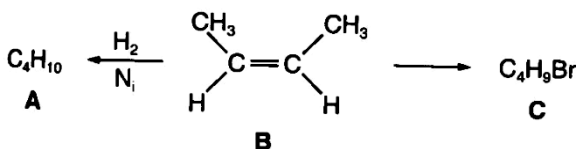
- différencier un alcane d'un alcène avec de l'eau de brome : l'alcène décolore l'eau de brome et l'alcane, non
- décrire la polymérisation des alcènes pour former du polyéthène (polyéthylène), du polychloroéthène ou PVC (polychloroéthylène) et du polypropène (polypropylène)

## Tu DOIS ...

- savoir que les alcènes sont importants car ils sont la base de l'industrie du plastique.
- savoir que les alcènes sont aussi importants pour produire industriellement de l'éthanol par hydratation et de la margarine en hydrogénant les gras insaturés.

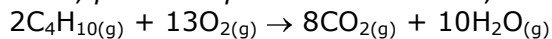
## Exemples

1. Deux réactions d'un alcène, **B**, sont montées ci-dessous.



a) Donne le nom de A et écris l'équation de la combustion complète de A. Explique pourquoi la combustion incomplète de A est dangereuse.

A : butane, produit à partir du but-2-ène, B



La combustion incomplète produit du CO qui est poison car il se combine à l'hémoglobine du sang et l'empêche de transporter l'oxygène aux différents organes.

b) Donne les grandes lignes d'un test possible pour distinguer A de B, donne le résultat du test pour chaque espèce.

Tu ajoutes de l'eau de brome  $Br_{2(aq)}$  à l'alcane, A et à l'alcène, B.

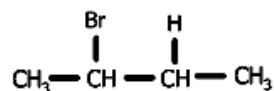
Pas d'effet avec l'alcane, A.

Décoloration (de orange à transparent) du  $Br_{2(aq)}$  avec l'alcène, B.

c) Donne une équation de la conversion de B à C. Nomme le type de réaction qui a lieu et dessine la structure de C.



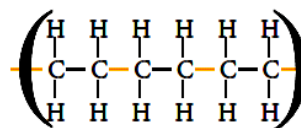
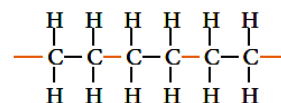
C'est un exemple de réaction d'addition; un H et un Br se sont additionnés aux carbones de la liaison double qui est maintenant simple.



2.  $H_2C=CH_2$  peut réagir pour former un polymère. Nomme ce **type** de polymère et dessine une section de ce polymère comprenant 3 unités répétées.

C'est une polymérisation par **addition**.

Une chaîne avec 3 unités contient 6 atomes de carbone joints par une liaison simple. Les traits de liaisons à gauche du premier carbone et à droite du dernier sont obligatoires pour avoir le point car c'est une chaîne qui continue ... De plus, une parenthèse est fortement suggérée.



## 10.4 Les alcools

**Tu devrais savoir que ...**

- tous les alcools contiennent le groupe fonctionnel OH et peuvent donc faire des liaisons-H avec l'eau et entre eux.
- les alcools sont combustibles et sont de bons carburants.
- les alcools subissent une oxydation en présence de dichromate(VI) de potassium acidifié.

**Tu devrais être capable de ...**

- donner une équation équilibrée de la combustion d'alcools
- décrire les conditions nécessaires pendant l'oxydation pour produire un aldéhyde (en distillant le produit à mesure qu'il se forme) et un acide carboxylique. (en chauffant l'alcool à reflux)

**Tu DOIS ...**

- savoir que les alcools primaires sont oxydés en aldéhyde et ensuite en acide carboxylique
- savoir que les alcools secondaires sont oxydés en cétones.
- savoir que les alcools tertiaires ne peuvent pas être oxydés.

**Exemples**

1. Le propène peut être converti en acide propanoïque en trois étapes.

propène    propan-1-ol    propanal    acide propanoïque

- Nomme le type de réaction qui se produit aux étapes 2 et 3 ainsi que les réactifs nécessaires.
- Décris comment modifier les conditions pour avoir un montant maximal de propanal.
- Décris comment modifier les conditions pour avoir un montant maximal d'acide propanoïque.

a) *c'est une réaction d'oxydoréduction. Tu as donc besoin d'un puissant oxydant comme le dichromate(VI) de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ )*

b) *propanal : distiller le propanal à mesure qu'il se forme*

c) *acide propanoïque : chauffer l'alcool à reflux*

*chauffer à reflux veut dire chauffer le liquide en récupérant la vapeur pour la retourner dans le contenant original*

## 10.5 Les halogénoalcanes

**Tu devrais savoir que ...**

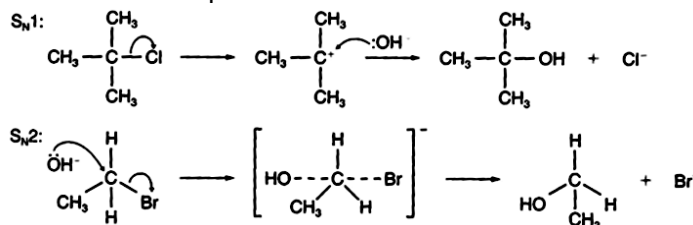
- les halogénoalcanes réagissent avec NaOH pour former des alcools
- $S_N1$  = substitution nucléophile unimoléculaire  $S_N2$  = substitution nucléophile bimoléculaire

**Tu devrais être capable de ...**

- expliquer le processus de substitution nucléophile avec équations et mécanismes
- montrer que la  $S_N1$  se passe avec les halogénoalcanes tertiaires et que la  $S_N2$  se passe avec les halogénoalcanes primaires. Les halogénoalcanes secondaires peuvent passer par les 2 mécanismes.

**Tu DOIS ...**

- être capable de représenter les mécanismes pour  $S_N1$  et  $S_N2$  en utilisant les flèches courbes pour représenter le mouvement des paires d'électrons

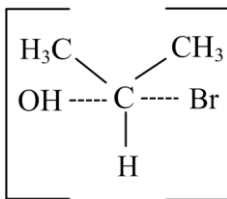


Lors de la substitution nucléophile il y a rupture hétérolytique. Lorsque la liaison est rompue, les 2 électrons de la liaison covalente sont transférés au même atome.

## 10.5 Les halogénoalcane (suite)

## Exemples

1. À l'état de transition, le complexe activé suivant est formé lors de la réaction d'un halogénoalcane et d'une solution d'hydroxyde de sodium.



- a) Déduis la structure de l'halogénoalcane. Classifie-le comme primaire, secondaire ou tertiaire en donnant une raison.
- b) Le mécanisme de cette réaction est  $S_N2$ . Explique ce que signifient les symboles dans  $S_N2$ . Prédise une équation de la vitesse pour cette réaction.
- c) Le même halogénoalcane réagit avec l'hydroxyde de sodium selon le mécanisme  $S_N1$ . Déduis la structure de l'intermédiaire de réaction formé par cette réaction

- a) Si on enlève le nucléophile  $OH^-$ , il reste l'halogénoalcane  $(CH_3)_2CHBr$ . C'est un halogénoalcane secondaire car il y a 2 carbones d'attaché au carbone lié à l'halogène, Br.
- b) Les symboles veulent dire : substitution nucléophile bimoléculaire. C'est une molécularité de 2 car il y a 2 espèces dans l'équation de vitesse, donc l'expression de vitesse contient les 2 espèces soit :  
Vitesse =  $k [(CH_3)_2CHBr][OH^-]$
- c) Dans ce cas, le  $Br^-$  quitte et laisse derrière un carbocation de formule  $(CH_3)_2CH^+$

Comme c'est un halogénoalcane secondaire il peut réagir selon les 2 mécanismes  $S_N1$  et  $S_N2$ .

## 10.6 Les mécanismes réactionnels

## Tu devrais connaître ...

- les parcours chimiques suivant :

## Tu devrais être capable de ...

- suggérer comment former un composé en une ou deux étapes si on te donne un composé de départ

## Exemples

1. Décris comment le but-2-ène peut être converti en butanone en 2 étapes.

Mentionne les réactifs et les conditions nécessaires et donne l'équation de chaque étape.

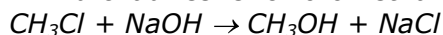
1°, on fait réagir le but-2-ène avec de la vapeur d'eau en présence d'un catalyseur ( $H_2SO_4$ ) pour former un alcool.  $CH_3CH=CHCH_3 + H_2O \rightarrow CH_3CH(OH)CH_2CH_3$  2° Tu oxydes le butan-2-ol formé en butanone en chauffant l'alcool avec du dichromate(VI) de potassium acidifié. En simplifiant l'équation :  $[O] = \text{oxydant}$   $CH_3CH(OH)CH_2CH_3 + [O] \rightarrow CH_3COCH_2CH_3 + H_2O$

2. Suggère comment le méthane peut être converti en méthanol en 2 étapes.

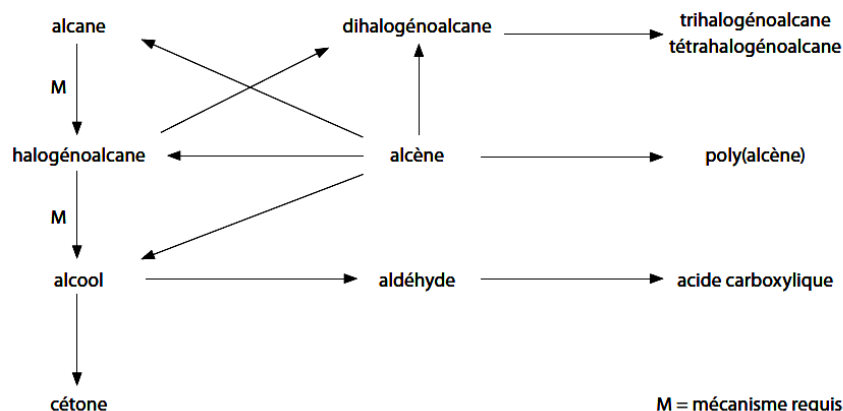
Mentionne les réactifs et les conditions nécessaires et donne l'équation de chaque étape

1°, on fait réagir le méthane avec du chlore en présence de rayons UV pour former du chlorométhane par une réaction de substitution radicalaire.  $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{UV} CH_3Cl + HCl$

2° Tu chauffes le chlorométhane avec du NaOH(aq) ce qui formera du méthanol.



Le diagramme ci-dessous résume les types de composés et de réactions présentés dans ce thème :



# THÈME 10 CHIMIE ORGANIQUE

## Question d'un examen du BI, mai 2009

7. (a) Voici trois composés avec des masses molaires relatives similaires : butane, propanal et propan-1-ol.

(i) Liste les 3 composés en ordre croissant de leur point d'ébullition (le plus bas en premier) et explique les différences dans leur point d'ébullition. [4]

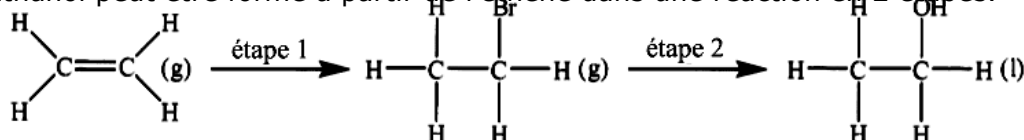
(ii) Prédise, avec une explication, lequel de ces 3 composés est le **moins** soluble dans l'eau. [2]

(iii) Lorsque le propan-1-ol est oxydé en utilisant une solution chauffée de dichromate(VI) de potassium acidifié, deux différents produits organiques peuvent être obtenus. Déduis le nom et la formule structurale de ces deux produits. [3]

(iv) Propan-2-ol est un isomère du propan-1-ol. Dessine la structure du propan-2-ol. [1]

(v) Identifie le type d'alcools auquel le propan-2-ol appartient et donne le nom du produit organique formé lorsque le propan-2-ol est oxydé en utilisant une solution chauffée de dichromate(VI) de potassium acidifié. [2]

(b) Éthanol peut être formé à partir de l'éthène dans une réaction en 2 étapes.



(i) Donne le nom du réactif utilisé à l'étape 1. (autre que l'éthène) [1]

(ii) Donne le nom du réactif et les conditions utilisées à l'étape 2. [2]

(iii) Le mécanisme de l'étape 2 est S<sub>N</sub>2. Explique comment se passe la réaction en te servant des flèches courbes pour représenter le mouvement des paires d'électrons. [3]

(iv) Donne les grandes lignes de la méthode de production de l'éthanol en industrie et donne **un** usage commercial important de l'éthanol. [2]

Comment répondre à ces questions :

a) i) il faut considérer (dessiner au besoin) la structure de chaque composé et ensuite déduire les plus fortes forces intermoléculaires présentes.

a) ii) il faut se souvenir que les molécules les plus solubles sont celles qui sont polaires, ou encore mieux, peuvent faire des liaisons-H avec l'eau

a) iii) et v) il faut se souvenir des différentes façons que les alcools peuvent être oxydés et que les alcools primaires sont oxydés en aldéhydes ou en acides carboxyliques selon les conditions

a) iv) lorsqu'on demande de dessiner une structure, le diagramme structural condensé est le minimum acceptable mais il est préférable de faire le diagramme structural complet car il y a moins de chance de faire des erreurs.

# THÈME 10 CHIMIE ORGANIQUE

b) i) et ii) tu es testé ici sur les parcours chimiques, c'est-à-dire les réactifs et conditions nécessaires pour convertir un composé organique en un autre. NB si on te demande un nom, la formule ne sera pas acceptée et vice versa.

b) iii) Tu dois dessiner le mécanisme très méticuleusement car de petites différences peuvent t'empêcher d'obtenir des points. En particulier, fais attention aux flèches courbes, d'où elles partent et où elles finissent et s'il y a un complexe activé (état de transition) avec 5 liaisons autour d'un atome de carbone, deux de ces liens devraient être pointillés.

b) iv) 2 courts énoncés sont nécessaires ici.

Voici 3 échantillons de réponses d'étudiants. Cet examen n'a pas été donné en français, je n'ai donc pas accès à des échantillons en français.

Je traduirai et réécrirai ces exemples en français pendant la semaine et je vous fournirai aussi la clé de correction originale ou traduite. Bonne préparation.