



**Les compétences à acquérir...**

- Exploiter des règles de nomenclature fournies pour nommer une espèce chimique ou représenter l'entité associée.
- Représenter des formules topologiques d'isomères de constitution, à partir d'une formule brute ou semi-développée.
- Formule topologique.
- Familles fonctionnelles : esters, amines, amides et halogénoalcane.
- Identifier le motif d'un polymère à partir de sa formule.
- Citer des polymères naturels et synthétiques et des utilisations courantes des polymères.
- Identifier dans un protocole, les opérations réalisées pour optimiser la vitesse de formation d'un produit.
- Justifier l'augmentation du rendement d'une synthèse par introduction d'un excès d'un réactif ou par élimination d'un produit du milieu réactionnel.



**I- Structure et propriétés de molécules organiques:**

**1- Nomenclature de quelques familles fonctionnelles :** Voir activité « Tableau »

Une **famille fonctionnelle** regroupe l'ensemble des molécules possédant **le même...** groupe caractéristique parfois complété par une **position.....** particulière de ce groupe.  
 Les molécules d'une même famille fonctionnelle possèdent des propriétés chimiques **proches.....**

Groupe caractéristique	Carbonyle C=O	
Famille fonctionnelle	Aldéhyde	Cétone
Nomenclature	racine-al	racine - numéro du carbone - one
Exemple	Butanal <chem>CH3-CH2-CH2-C(=O)H</chem>	Pentan-2-one <chem>CH3-C(=O)-CH2-CH2-CH3</chem>

Groupe caractéristique	Hydroxyle —OH	Halogène —X (Fluor, Chlore, Brome, Iode)
Famille fonctionnelle	Alcool	Halogénoalcane
Nomenclature	racine - numéro du carbone - ol	numéro - préfixe - halogène - racine - e
Exemple	Butan-2-ol <chem>CH3-CH(OH)-CH2-CH3</chem>	2-bromo-propane <chem>CH3-CH(Br)-CH3</chem>

Groupe caractéristique	Carboxyle $\begin{matrix} \text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \\   \\ \text{O} \end{matrix}$	
Famille fonctionnelle	Acide carboxylique	Ester
Nomenclature	Acide racine-oïque	Racine-oate de alkyle
Exemple	Acide éthanóïque <chem>CH3-C(=O)OH</chem>	Ethanoate de butyle (doc. 2) <chem>CH3-C(=O)O-CH2-CH2-CH2-CH3</chem>

Groupe caractéristique	Amine $\begin{matrix} \text{C}-\text{N} \\   \quad   \end{matrix}$	Amide $\begin{matrix} \text{C}-\text{N} \\ \parallel \quad   \\ \text{O} \end{matrix}$
Famille	Amine	Amide
Nomenclature	Racine - numéro du carbone - amine	Racine-amide
Exemple	Propan-1-amine <chem>CH3-CH2-CH2-NH2</chem>	Propanamide <chem>CH3-CH2-C(=O)NH2</chem>

**2- Nomenclature des esters, des amines et des amides :** Une nouvelle représentation

Cette année, de nouvelles familles sont abordées :

Famille fonctionnelle	Ester	Amine	Amide	Halogénoalcane
Groupe caractéristique	$\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\   \\ \text{O}-\text{C} \end{matrix}$	$\text{H}-\text{N}$	$\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C} \\   \\ \text{H}-\text{N} \end{matrix}$	$\text{H}-\text{C}-\text{Cl}$ $\text{H}-\text{C}-\text{I}$
Suffixe ou préfixe	... oate de ... yle	amine*	amide*	fluoro ; chloro ; bromo ; iodo
Nomenclature	Leur nom est constitué de deux termes : - le premier dérive du nom de l'acide carboxylique correspondant à la chaîne carbonée liée à l'atome de carbone du groupe caractéristique. La terminaison <b>-oïque</b> est remplacée par <b>-oate</b> . - le second terme correspond au groupe alkyle lié à l'atome d'oxygène du groupe caractéristique.	Nom officiel obtenu en remplaçant le « e » final de l'alcane dont il dérive par le suffixe « amine ». Une nomenclature plus courante consiste à ajouter le suffixe amine au nom du radical alkyle — R après avoir supprimé le « e » final. Si l'atome d'azote, en plus d'être lié à la chaîne principale, est aussi lié à un ou des groupes alkyles, le nom est précédé de la mention N-alkyl ou N,N-alkyl.	Nom officiel obtenu en remplaçant le « e » final de l'alcane dont il dérive par le suffixe « amide ». Si l'atome d'azote, en plus d'être lié à la chaîne principale, est aussi lié à un ou des groupes alkyles, le nom est précédé de la mention N-alkyl ou N,N-alkyl.	Nom de l'alcane précédé du préfixe fluoro, chloro, bromo ou iodo, précédé de l'indice de position de ce groupe dans la chaîne carbonée, suivi d'un tiret.

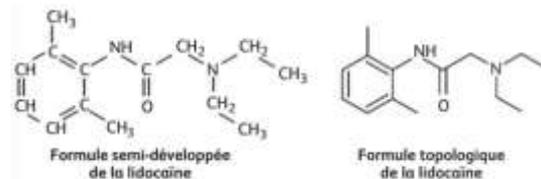
### 3- Représentation des molécules : Une nouvelle représentation la formule topologique

Prenons le cas de l'acide 3-méthylbutanoïque

Formule Brute	Formule développée	Formule semi-développée	Formule topologique
$C_5H_{10}O_2$		$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-C(=O)OH$	

**Formule topologique** : La formule topologique est un mode de représentation simplifié des molécules organiques :

- Les atomes de carbone et d'hydrogène ne sont représentés à l'exception de ceux liés à un hétéroatome (O, N, ...).
- Les liaisons covalentes sont représentées par des traits formant des lignes « brisées »



#### Exemples :

Nom	Formule semi-développée	Formule topologique
propane	$CH_3-CH_2-CH_3$	
3-méthylbutanoate de 2-méthylpropyle	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-C(=O)O-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$	
3-méthylpentan-2-amine	$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH(NH_2)-CH_3$	
N-méthylbutanamide	$CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)NHCH_3$	
3-chloro-4-éthylheptane	$CH_3-CH_2-CH(Cl)-CH(CH_2-CH_3)-CH_2-CH_3$	

### 4- Des chaînes carbonées très diverses :

**Chaîne carbonée saturée**  
Lorsque les atomes de carbone ne forment entre eux que des liaisons simples.

Carbones tétraonaux et tétraédriques

**Chaîne carbonée insaturée**  
Lorsqu'au moins deux atomes de carbone voisins sont liés par une double liaison.

**Chaîne ramifiée**  
Lorsqu'un carbone est lié à au moins 3 carbones.

**Chaîne linéaire**  
Lorsqu'un carbone est lié à d'autres carbones sans faire de ramifications.

Molécule d'octane (linéaire saturée)

**Chaîne cyclique**  
La chaîne se referme sur elle-même et forme un cycle.

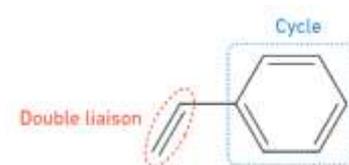
#### Remarque :

- Le **squelette carboné** représente l'enchaînement des atomes de carbone constituant la molécule organique.

## 5- Squelettes carbonés saturés, insaturés, cycliques :

Une molécule qui possède au moins une **liaison multiple** (double ou triple) entre deux atomes de carbone possède un **squelette carboné insaturé**.....

Une molécule qui comporte un cycle d'atomes de carbone possède un **squelette carboné cyclique**....



Le styrène possède un squelette carboné **insaturé et cyclique**....

## 6- Isomérisation de constitution :

Des **isomères de constitution** sont des molécules de même formule brute mais de **formules semi-développées différentes**

On distingue l'**isomérisation de constitution** de **squelette**..., de **fonction**... ou de **position**....

Exemple :

Le butane et le méthylpropane sont des <b>isomères de constitution de squelette</b> : Leurs squelettes sont <b>différents</b> ....	$C_4H_{10}$		
La propanone et le propanal sont des <b>isomères de constitution de fonction</b> : Ils ne possèdent pas la même <b>fonction</b> ....	$C_3H_6O$	 cétone	 aldéhyde
Le propan-1-ol et le propan-2-ol sont des <b>isomères de constitution de position</b> : Le groupe ..... n'est pas à la même ..... sur la chaîne carbonée.	$C_3H_8O$		

## 7- Les polymères :

Un **polymère** est une **macromolécule** constituée de l'enchaînement répété d'un ensemble d'atomes identiques appelée **motif**.... : le polymère est obtenu à partir d'un très grand nombre de molécules identiques appelées **monomère**..., reliés les uns aux autres par des liaisons covalentes.

Exercice :

Ecrire l'équation de la réaction de formation du polyéthylène

éthylène  $H_2C=CH_2$



- La transformation qui permet de passer du **monomère au polymère** se nomme une **polymérisation**
- Le nombre de motif n est appelé le **degré de polymérisation**.

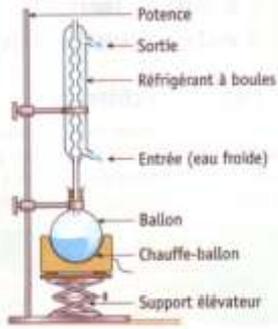
## II- Optimisation d'une étape de synthèse :

### 1- Contrôle de la vitesse :

Pour augmenter la vitesse de formation d'un produit, on peut :

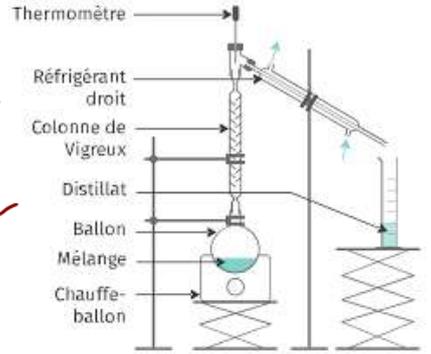
- **Chauffer**..... le milieu réactionnel avec un montage de chauffage à reflux ;  $T^\circ$  **facteur cinétique**
- utiliser un **catalyseur**... : Un **catalyseur** est une espèce qui augmente la vitesse d'une transformation, sans figurer dans l'équation de la réaction et sans modifier la composition du système à l'état final.
- **Augmenter**... la concentration des réactifs en solution.
- modifier l'état de division des réactifs, la nature du solvant qui, en favorisant **les contacts** entre les espèces qui réagissent, permettent également une diminution de la durée de la transformation

Remarque : Un montage à reflux



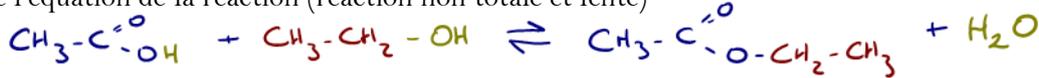
- Un montage à reflux permet de chauffer un mélange réactionnel sans perte de matière
  - Un montage distillation permet d'éliminer le produit le plus volatil
- Esterification : c'est l'ester qui est éliminé

Montage distillation



Exemple :

On synthétise un ester l'éthanoate d'éthyle en faisant réagir l'acide éthanoïque avec l'éthanol  
Ecrire l'équation de la réaction (réaction non totale et lente)



- L'état final est atteint en 155h à 20°C et seulement 28h à 70°C
- En présence d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , qui catalyse la réaction, on atteint l'état final en seulement 8h à 70°C

## 2- Augmentation du rendement :

Le **rendement** est un des critères permettant d'apprécier l'efficacité d'une synthèse.  
Il est défini **pour un produit** par

$$\eta = \frac{m_{\text{produit}}^{\text{formée (expérimentale)}}}{m_{\text{produit}}^{\text{maximale}}} \times 100$$

↑  
éta

$$\text{ou } \eta = \frac{m_{\text{produit}}^{\text{réel}} / \Delta_{\text{produit}}}{m_{\text{produit}}^{\text{max}} / \Delta_{\text{produit}}} \text{ avec } \eta = \frac{m_{\text{produit}}^{\text{réel}}}{m_{\text{produit}}^{\text{max}}} \times 100$$

et  $\eta$  s'exprime en %

L'augmentation du rendement d'une synthèse peut être assurée par :

- L'introduction d'un ... **réactif en excès** .....
- L'élimination d'un ... **produit** ..... du mélange réactionnel **au fur et à mesure**

## Raisonnement à connaître :

La synthèse du méthanol est réalisée à partir du bromométhane en présence de l'ion hydroxyde  
Equation de la réaction :



Expression de la constante d'équilibre

$$K(T) = Q_{r,\text{éq}} = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]_{\text{éq}} \times [\text{Br}^-]_{\text{éq}}}{[\text{CH}_3\text{-Br}]_{\text{éq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{éq}}}$$

- Si le réactif  $\text{HO}^-$  est ajouté alors le  $Q_r \neq K(T)$ .  $Q_r$  a **diminué** donc  $Q_r < K(T)$ . Le système chimique évolue dans le sens **direct**. c'est-à-dire que vers la formation du ... **méthanol** .  
Le rendement ... **augmente** .

- Si l'ion  $\text{Ag}^+$  est introduit au mélange réactionnel, il réagit avec l'ion  $\text{Br}^-$  pour former du bromure d'argent  $\text{AgBr}(s)$ .  $Q_r$  a **diminué** ( $[\text{Br}^-] \searrow$ ) donc  $Q_r < K(T)$ . Le système chimique évolue dans le sens **direct**... c'est-à-dire que vers la formation du ... **méthanol** .

## III- Principales catégories de réactions :

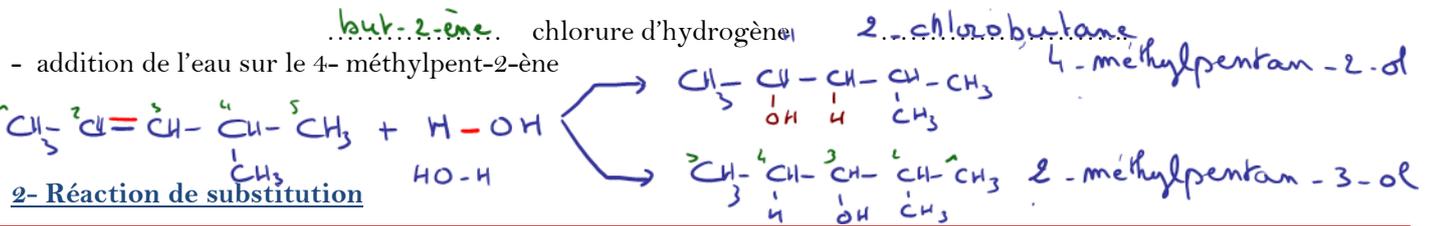
Les synthèses mettent en jeu 5 grands types de réactions : oxydo-réduction, acide-base, addition, élimination et substitution.

### 1- Réaction d'addition :

Une addition est définie comme une réaction au cours de laquelle un atome ou un groupe d'atome viennent se **fixer** sur des atomes initialement liés par une **double ou une triple liaison sans départ** d'autres groupes d'atome

Exemple : addition du chlorure d'hydrogène sur un alcène (but-2-ène). Les liaisons rompues sont en rouge, les liaisons formées en bleu.





Une **substitution** est une réaction au cours de laquelle un atome ou groupe d'atomes est **remplacé** par un autre atome ou groupe d'atome.

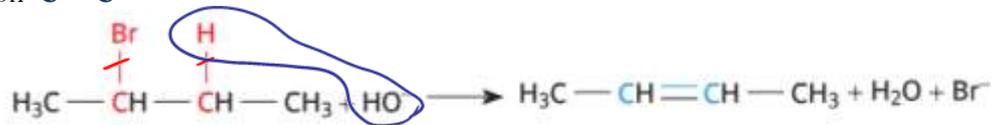
Exemple: substitution d'un atome de chlore par un groupe -OH. En rouge la liaison rompue, en bleu la liaison formée.



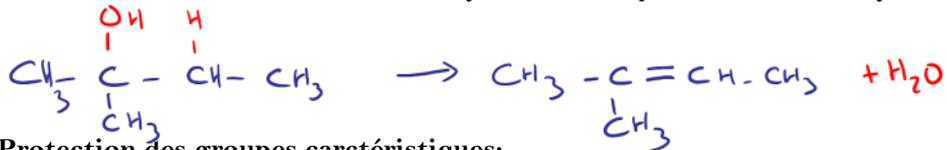
### 3 Réaction d'élimination

Une réaction d'**élimination** est définie comme une réaction chimique au cours de laquelle deux atomes ou **groupes d'atomes** voisins sont **retirés** d'une molécule **sans arrivée** d'autres groupes d'atomes. Entre les 2 atomes porteurs de ces groupes d'atomes se forme une **liaison multiple**.

Exemples: Au cours de la réaction ci-dessous les deux liaisons simples **C-Br** et **C-H** sont rompues et il se forme une double liaison **C=C**



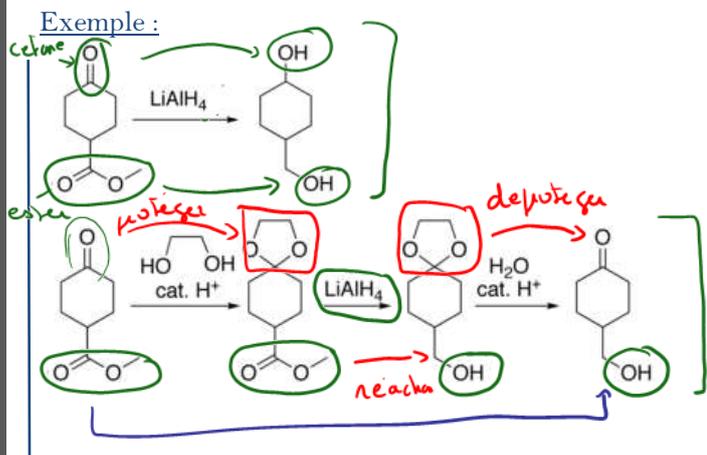
Ecrire la réaction d'élimination du 2-méthylbutan-2-ol qui donne du 2-méthylbut-2-ène et de l'eau.



### 3- Protection des groupes caractéristiques:

Lorsqu'une molécule possède plusieurs groupes fonctionnels / caractéristiques, il est parfois nécessaire, au cours d'une synthèse, de protéger les fonctions / groupes caractéristiques que l'on ne souhaite pas modifier.

Cette stratégie de synthèse est appelée **protection - transformation - déprotection**



En présence du tétrahydroaluminat  $\text{LiAlH}_4$ , les fonctions **cétones**... et **esters**... sont réduites **indifféremment** en fonction **alcool**.

Si l'on ne veut réduire que la fonction **ester**, il faut **protéger** la fonction **céton**, faire réagir  $\text{LiAlH}_4$  pour réduire la fonction **ester**... et enfin déprotéger la fonction **céton**...

## IV- Synthèse écoresponsable :

Dans un souci écologique, les industries chimiques s'orientent vers des synthèses écoresponsables : celles-ci doivent utiliser des procédés chimiques qui réduisent ou éliminent l'utilisation et la synthèse de substances dangereuses.

Ce type de synthèse doit respecter les 12 principes de la chimie verte énoncés par les chimistes américains Paul Anastas et John C. Warner en 1998. Quatre d'entre eux sont détaillés ci-dessous :

- ◆ Le principe d'**économie d'atomes** qui consiste à maximiser le nombre d'atomes de réactifs intégrés dans le produit de la synthèse. On diminue ainsi la quantité de sous-produits et donc la pollution.
- ◆ L'utilisation de **catalyseurs** qui permet de diminuer la consommation d'énergie, d'augmenter la sélectivité des réactions et de diminuer les quantités de réactifs.
- ◆ Les réactifs doivent être les moins toxiques possible pour que les synthèses soient **les moins nocives possible** pour l'environnement.
- ◆ Les **solvants verts** sont faiblement toxiques, facilement récupérables et recyclables. Ils doivent cependant permettre de maintenir les caractéristiques de la réaction telles que les vitesses de réaction et les rendements.

