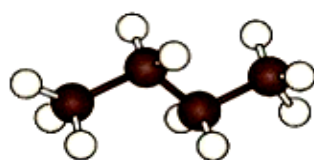


## I. Squelette carboné d'une molécule

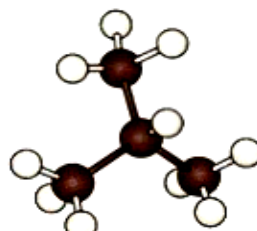
### I. 1. Activité : Quelle est la structure d'une molécule organique

<http://marc.morin35.free.fr/lycee/1ereS/Chimie/transparent%20constitution%20d'une%20molecule.pdf>

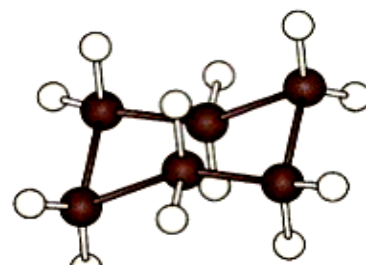
Ci-dessous quelques exemples de formules :



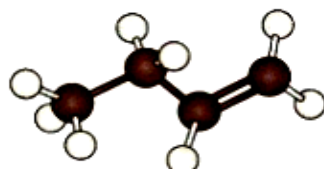
butane



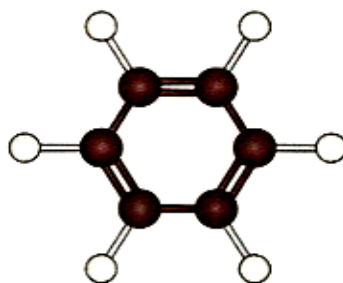
2-méthylpropane



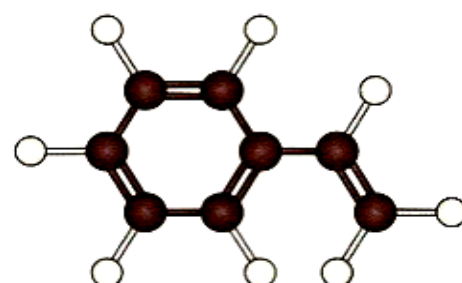
cyclohexane



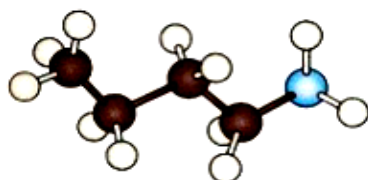
but-1-ène



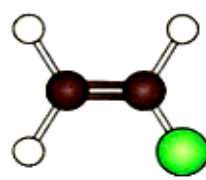
benzène



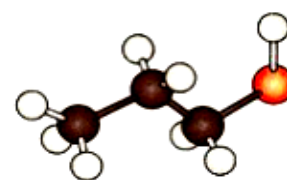
styrène



butan-1-amine



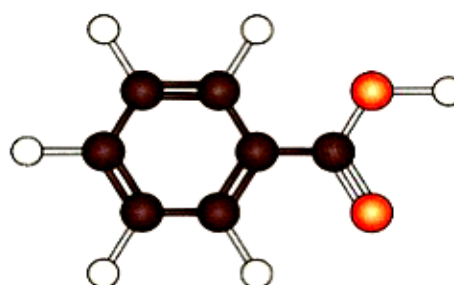
Chlorure de vinyle



propan-1-ol



glucose



Acide benzoïque

### I. 2- Exploitation :

a- Sachant que les atomes sont représentés par des sphères telles que :

| atome   | Hydrogène | Azote | Chlore | Oxygène | Carbone |
|---------|-----------|-------|--------|---------|---------|
| couleur | Blanche   | Bleu  | Vert   | Rouge   | Noire   |

Quelle remarque peut-on tirer de la représentation de ces molécules ?

- b- Qu'est en commun toutes ces molécules ?
- c- 2- Qu'est-ce qui distingue les molécules des deux premières lignes de celles des lignes suivantes ?
- d- Quels sont les éléments chimiques qui dominent dans chaque représentation ?

I. **3- Conclusion :**

Les **molécules organiques** sont essentiellement constituées d'atomes de **carbone** et d'**hydrogène**, parfois d'atomes d'oxygène, d'azote, de soufre...

L'atome de **carbone** est **tétravalent** : lorsqu'il est inséré dans une molécule, il forme quatre liaisons **covalentes** pour vérifier la règle de l'**octet**. Mais les atomes de carbone ont plusieurs façons de s'enchaîner entre eux au sein d'une molécule.

II. **les différents types de squelettes carbonés :**

- On appelle chaîne carbonée ou squelette carboné l'enchaînement des atomes de carbone liés entre eux par des liaisons covalentes.
- Les atomes de carbone du squelette d'une molécule sont liés essentiellement à des atomes d'hydrogène.  
Lorsque d'autres types d'atomes (O, N, ...) se lient aux atomes de carbone du squelette, ce groupe d'atome est appelé **groupe caractéristique**.
- Le **squelette carboné** peut avoir différentes formes selon la façon dont s'enchaînent les atomes de carbone entre eux : il peut être **saturé** ou **insaturé**, **linéaire** ; **ramifié** ou **cyclique**.
- Une chaîne carbonée est dite **linéaire** si elle est formée d'atomes de carbones liés au plus à deux autres atomes de carbone.
- Une chaîne carbonée est dite **ramifiée** si elle possède un atome de carbone qui est lié à au moins 3 atomes de carbone.
- Une chaîne carbonée ne contenant que des **liaisons simples** carbone-carbone est dite **saturée**. Une chaîne carbonée contenant des **liaisons multiples** carbone-carbone est dite **insaturée**.
- Une chaîne carbonée est dite **cyclique**, si sa chaîne carbonée forme un cycle.

III. **Représentation des molécules organiques :**

III. **1. La formule brute :**

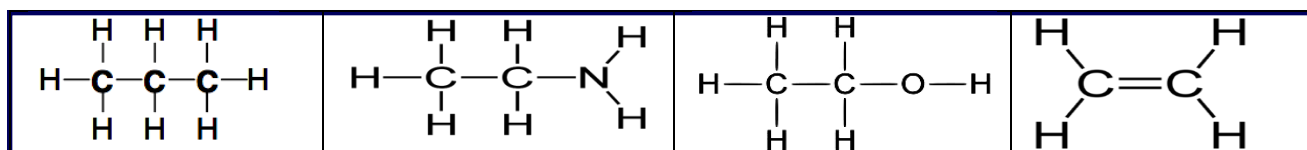
La formule brute d'une molécule organique nous renseigne sur la nature et le nombre des différents atomes constitutifs. Elle permet de déterminer la masse molaire de cette molécule.

**Exemples :** Donner la formule brute de chaque molécule représentée dans l'activité.

$C_4H_{10}$  ,  $C_6H_{12}$  ,  $C_2H_3Cl$  .....

III. **2. La formule développée plane :**

La formule développée fait apparaître tous les atomes et toutes les liaisons entre les atomes de la molécule.



III. **3-formule chimique semi-développée**

La formule semi développée ne montre pas les liaisons entre les hydrogènes et les autres atomes.

|                                |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|
| $\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ | $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ |
|--------------------------------|--|--|--|


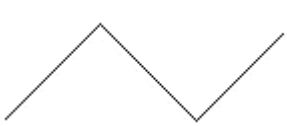
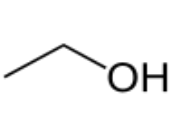
### III. 4-La représentation topologique :

La formule topologique est une représentation simplifiée des molécules organiques dans laquelle les atomes de carbone et la majorité des atomes d'hydrogène ne sont pas représentés. Par contre, les **hétéroatomes** (oxygène, azote, chlore etc...) et les éventuels **atomes d'hydrogène** qu'ils portent, sont représentés.

Règles :

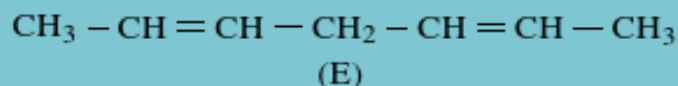
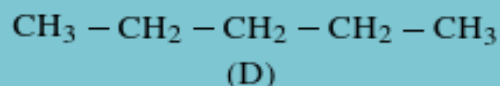
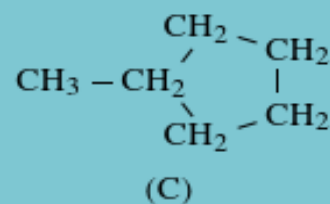
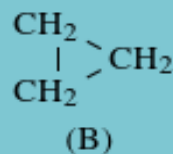
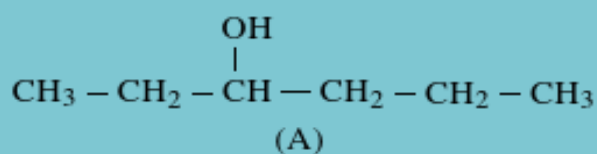
- La chaîne carbonée est représentée par une ligne brisée (en zigzag) portant éventuellement des ramifications. Ni les atomes de carbone ni les atomes d'hydrogène qui leur sont liés ne sont représentés.
- la liaison entre les atomes de carbones est représentée par un segment dont chaque extrémité correspond à un atome de carbone.
- Les double liaisons sont représentées par des doubles segments.

Exemples :

|   |   |   |
|---|---|---|
| $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$   | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$                                   | $\text{CH}_3-\text{OH}$   |
|  |  |  |

### Exercice d'application 2 :

Donner l'écriture topologique des espèces ayant la formule semi-développée suivante :



## IV. Les hydrocarbures saturés : les alcanes et les cyclanes

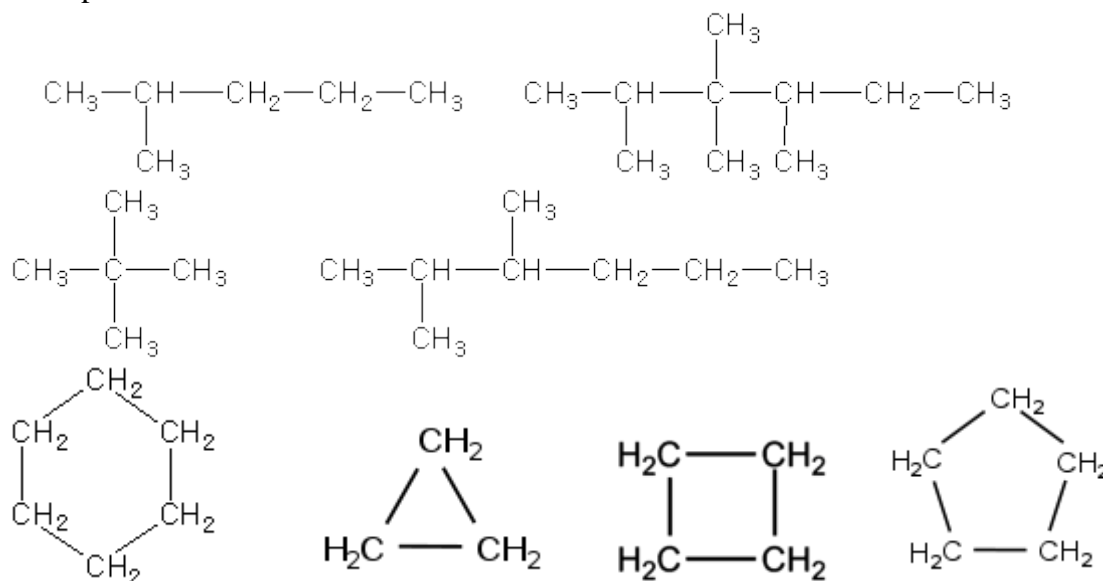
### IV. 1. Définitions :

- ➔ Les alcanes sont des hydrocarbures saturés (ils sont constitués par des atomes de carbone et des atomes d'hydrogène liés entre eux par des liaisons simples C-C et C-H).

La formule brute générale des alcanes est :  $C_nH_{2n+2}$  ( n : entier naturel non nul).

→ Les cyclanes sont des hydrocarbures saturés présentant au moins un cycle . de formule brute  $C_nH_{2n}$  (avec  $n \in \mathbb{N}$ ,  $n \geq 2$  ).

Exemples :



#### IV. 2- Nomenclature des alcanes :

##### a) Les alcanes à chaîne carbonée linéaire :

###### Règle 1 :

Les quatre premiers alcanes linéaires sont appelés :

|        |         |          |          |             |
|--------|---------|----------|----------|-------------|
| alcane | $CH_4$  | $C_2H_6$ | $C_3H_8$ | $C_4H_{10}$ |
| Nom    | Méthane | éthane   | propane  | butane      |

Les noms des alcanes linéaires comportant un nombre d'atomes de carbone supérieur à quatre sont obtenus en faisant suivre du suffixe "ane" un préfixe numérique d'origine grecque.

| Nombre d'atomes de carbone | Formule brute  | Nom     |
|----------------------------|--|---------|
| 5                          | $C_5H_{12}$ : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$                             | pentane |
| 6                          | $C_6H_{14}$ : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$                        | hexane  |
| 7                          | $C_7H_{16}$ : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$                   | heptane |
| 8                          | $C_8H_{18}$ : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$              | octane  |
| 9                          | $C_9H_{20}$ : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$         | nonane  |
| 10                         | $C_{10}H_{22}$ : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ | décane  |

##### b) les groupes d'alkyles non ramifiés

Un groupement ou groupe univalent dérivant d'un alcane linéaire est formellement obtenu par enlèvement d'un atome d'hydrogène sur un atome de carbone terminal.

Le nom d'un radical alkyl s'obtient à partir du nom de l'alcane correspondant (qui a le même nombre d'atomes de carbones) en échangeant la terminaison (ane) par (yle). générale :



| Formule du groupe alkyle   | Nom du groupe alkyle |
|--|----------------------|
| $-\text{CH}_3$   | groupe méthyle       |
| $-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ou $-\text{C}_2\text{H}_5$            | groupe éthyle        |
| $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ou $\text{C}_3\text{H}_7$ | groupe propyle       |
| $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$               | groupe butyle        |
| $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$   | groupe pentyle       |

### c) Les alcanes à chaîne carbonée ramifiée :

Une chaîne carbonée est ramifiée si au moins un des atomes de carbone, appelé carbone ramifié, est lié à trois ou quatre autres atomes de carbone.

### d) Nomenclature des alcanes :

Règles de nomenclature :

- La chaîne carbonée la plus longue dite chaîne principale possède le plus grand nombre de carbone. donne le nom de l'alcane.
- La chaîne carbonée la plus longue est appelée chaîne principale. Son nombre d'atomes détermine le nom de l'alcane.
- On numérote la chaîne principale de façon à ce que le numéro du premier atome de carbone portant une ramification soit le plus petit possible.
- Ce nom est précédé des groupes alkyles placés sur cette chaîne (par ordre alphabétique et en enlevant le « e » final).
- L'ensemble est précédé des numéros des atomes de carbone qui portent les ramifications.
- S'il y a plusieurs groupes substituant, ils sont placés par ordre alphabétique (sans les préfixes multiplicateurs). S'il y a plusieurs fois le même groupe dans la molécule, on utilise un préfixe :

Pour deux substituant identique son utilise le Préfixe « di »

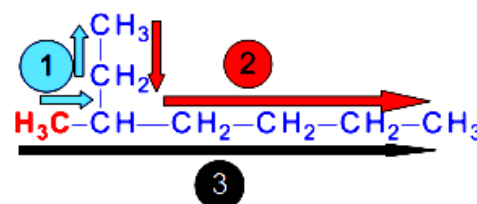
Pour trois substituant identique son utilise le Préfixe « tri »

Pour quatre substituant identique son utilise le Préfixe « tétra »

### Méthode :

#### 1. Repérage de la chaîne carbonée linéaire la plus longue, elle constituera la chaîne principale :

- Chaîne n°1 : constituée de 4 atomes de carbone
- Chaîne n°2 : constituée de 7 atomes de carbone
- Chaîne n°3 : constituée de 6 atomes de carbone



Dans le cas présent, la chaîne carbonée principale est

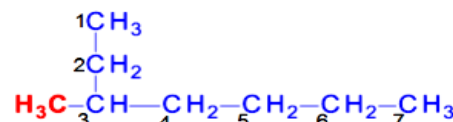
En l'absence de ramification, cet alcane serait donc de l'heptane.

## 2. Numérotation de la chaîne carbonée principale :

- Afin de déterminer la position de la ramification, on numérote les atomes de la chaîne carbonée.
- Si deux numérotations sont possibles, on choisit celle qui conduit à l'indice le plus bas pour la ramification

## 3. Ramification :

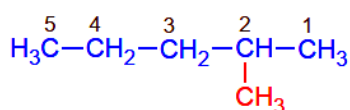
- On repère la ramification, ici en rouge :
- elle comporte **un seul atome de carbone** : il s'agit donc d'un groupe **méthyle**.



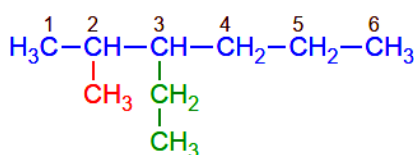
## 4. Nom complet de la molécule :

- La ramification, le groupe méthyle, est portée par l'atome de carbone n°3, sur une chaîne carbonée à sept atomes de carbone.
- Le nom complet fait apparaître dans cet ordre l'emplacement de la ramification (en noir), le nom de la ramification (en rouge) et le nom de la chaîne carbonée principale (en bleu).

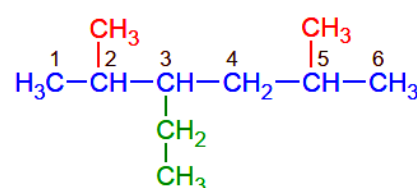
### 3-méthylheptane



2-méthylpentane



3-éthyl-2-méthylhexane



3-éthyl-2,5-diméthylhexane

**Applications :** donner le nom de chaque molécule représentée dans le tableau suivant :

| Formule d'alcane   | Nom de l'alcane |
|--|-----------------|
| $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $                                 |                 |
| $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $ |                 |
|  |                 |

|   |  |
|---|--|
| $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}-\text{CH}_3 \\    \quad   \\  \text{CH}_2 \quad \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $   |  |
| $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $   |  |
| $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\    \quad   \quad   \\  \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3  \end{array}  $ |  |
| $  \begin{array}{c}  \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3  \end{array}  $  |  |

**e) Nomenclature des cyclanes (cycloalcanes):**

Règles de nomenclature :

On nomme les alcanes cycliques ou les cyclanes par le nom de l'alcane Précédé du préfixe cyclo.

|             |                     |                         |              |             |
|-------------|---------------------|-------------------------|--------------|-------------|
|             |                     |                         |              |             |
| Cyclohexane | méthylecyclopentane | 1,2-diéthyl cyclohexane | cyclopropane | cyclobutane |

**V. Les hydrocarbures non saturés : les alcènes et la dérivée éthylénique :**

**V. 1. Définition :**

Les alcènes sont des hydrocarbures insaturés, non cycliques, qui possèdent une double liaison (C=C), et dont la formule brute générale est  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ , où  $n \geq 2$ .

Toutes les autres molécules qui possèdent dans leur squelette carboné une double liaison (C=C), mais dont la formule brute est différente de  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ , sont appelés des dérivés éthyléniques.

**Exemples :**

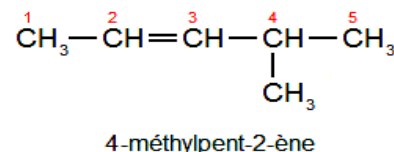
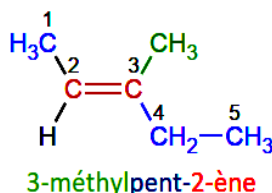
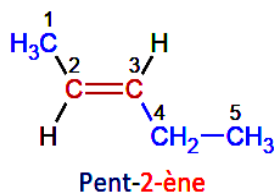
- (a)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$       (b)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$       (c)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$

**V. 2. Nomenclature des alcènes :**

Pour nommer un alcène on suit les étapes suivantes :

- ➔ On détermine la chaîne carbonée principale qui contient la liaison double .
- ➔ On numérote cette chaîne de façon que le premier atome contenant la liaison double ait le plus petit numéro possible.
- ➔ On remplace dans le nom de l'alcane le suffixe (-ane) par le suffixe (-ène).

→ On précise comme pour les alcanes ramifiés les positions des alkyles .  
Exemples :



### Application :

A. Donnez le nom des alcènes suivants :



B. Donnez les formules semi-développées des alcènes suivants :

1. le 2-méthylbut-1-ène

2. le prop-1-ène

### V. 3. Isomérisation :

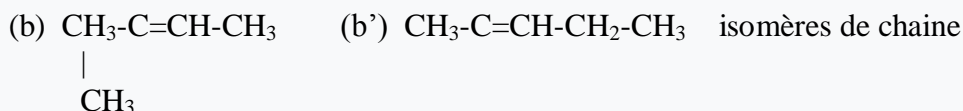
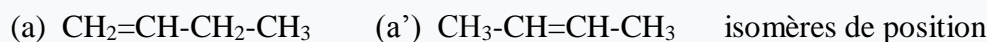
#### a- Définition :

On appelle isomères, des molécules ayant la même formule brute mais des représentations développées ou semi développées différentes.

#### b- types d'isomérisation

##### → Isomérisation de constitution :

On parle d'isomérisation de constitution lorsque les molécules ont la même formule brute mais des formules développées et semi-développées différentes elles diffèrent donc dans l'enchaînement des atomes (isomère de chaîne) ou par la position du doubles liaison dans la chaîne carbonée (isomère de position) .

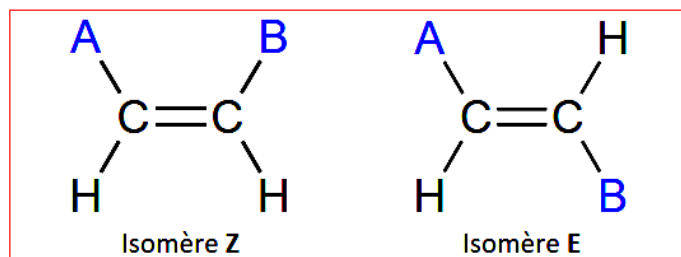


##### → Stéréoisomère ou Isomérisation de configuration Z et E (ou cis-trans):

Les isomères de configuration ont la même formule développée mais ne sont pas superposables dans l'espace.

La double liaison dans un alcène entraîne la présence des stéréoisomères car cette liaison s'oppose à la rotation autour de son axe.  $\text{CHX} = \text{CHY}$

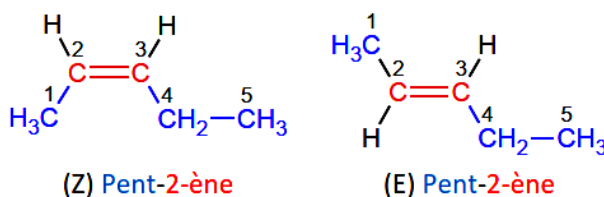
Si les deux atomes d'hydrogènes sont dans le même demi plan par rapport à l'axe de la double liaison ( $C=C$ ) le stéréoisomère est **Z (cis)** dans le cas contraire, il est **E (trans)**.



Z vient de l'allemand *zusammen* qui signifie « ensemble »

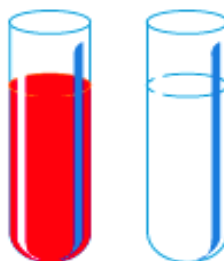
E vient de l'allemand *entgegen* qui signifie « opposé »

Exemples :



#### V. 4. Test d'identification des alcènes

On test la présence d'un alcène par l'eau de brome qui perd sa coloration orange en présence de l'alcène.



alcène + dibrome  $\rightarrow$  solution incolore de dibromoalcane.

**Exemple :** éthylène + dibrome  $\rightarrow$  solution incolore de dibromoéthane.  
 $H_2C = CH_2 + Br_2 \rightarrow H_2BrC - CBrH_2$ .

#### Remarques :

- ✓ Deux isomères peuvent avoir des propriétés chimiques et physiques différentes.
- ✓ Deux molécules qui sont images l'une de l'autre dans un miroir et qui ne sont pas superposables sont des **énantiomères**.
- ✓ Des énantiomères ont des propriétés chimiques et physiques identiques.

#### VI. Influence de la chaîne carbonée sur les propriétés physiques des composés organiques

La **longueur** de la **chaîne carbonée** des composés organiques linéaires d'une même famille **influe** sur ses **propriétés physiques**.

En règle générale, plus la chaîne carbonée d'un composé organique **linéaire** est **longue**, et plus :

- ses **températures d'ébullition** et de **fusion** sont **élevées** ;
- sa **densité** par rapport à l'eau ou à l'air est **élevée** ;
- sa **solubilité** dans un solvant **diminue**.

De plus, plus un composé organique est **ramifié**, plus ses **températures de changement d'état** sont **faibles**.

## VII. Modification du squelette carboné :

### VII. 1- Raccourcissement de la chaîne carbonée : Craquage:

#### a- Définitions :

- Le **craquage** permet de **fragmenter** les molécules d'hydrocarbures.

Le **craquage catalytique** consiste à **casser**, en présence de catalyseurs, les molécules d'hydrocarbures à **longue chaîne carbonée** en **molécules plus petites** dont certaines possèdent une double liaison.

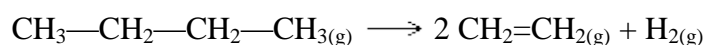
Dans l'industrie, ce craquage est réalisé à la pression atmosphérique, vers 500°C en présence de **catalyseur**.

- Pour privilégier la **transformation des alcanes en alcènes**, la réaction est réalisée vers 800°C, sous une pression proche de la pression atmosphérique en présence de vapeur d'eau : c'est le **vapocraquage**.

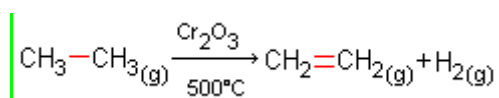
Le vapocraquage est un **craquage d'alcanes** en présence de **vapeur d'eau** afin d'obtenir des **alcènes**

#### Exemple :

- Production d'alcènes par vapocraquage des coupes légères (chaînes courtes) obtenues lors de la distillation fractionnée des pétroles. Par exemple:



- Une déshydrogénation fait apparaître une double liaison entre deux atomes de carbone liés par une liaison simple par élimination d'un atome d'hydrogène porté par chaque atome de carbone concerné. Par exemple:



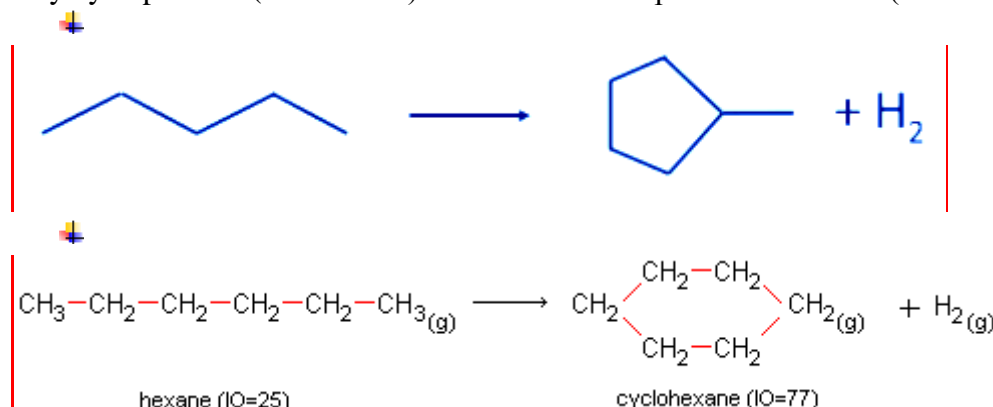
#### b- Modification de la structure de la chaîne carbonée

Ces modifications sont réalisées, à pression et température élevées en présence de catalyseurs, lors du **reforming**.

Elles permettent d'obtenir, à partir d'hydrocarbures légers, des essences plus performantes, des dérivés benzéniques et du dihydrogène. C'est le cas de trois types de réactions :

→ Réaction de cyclisation.

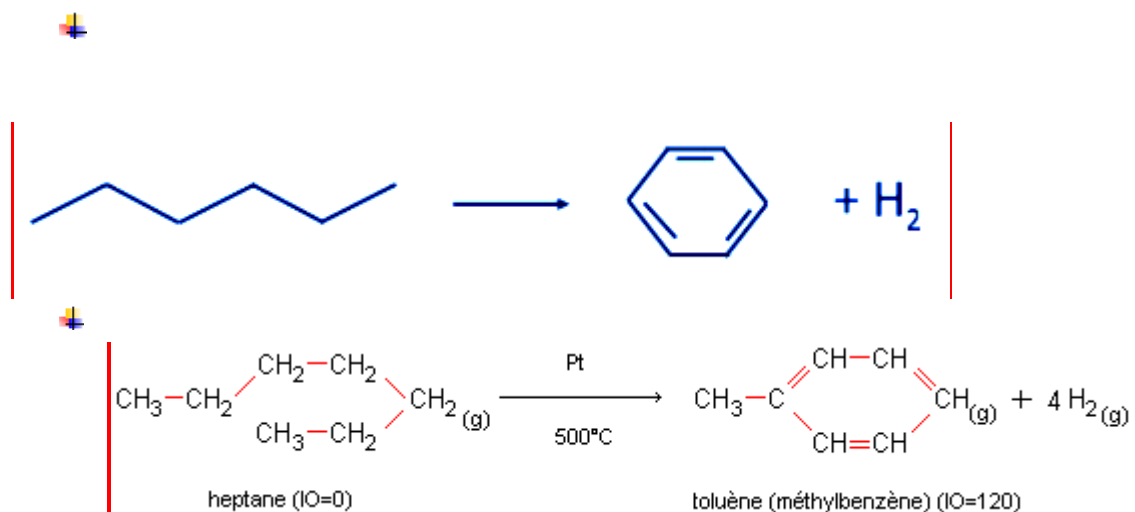
La **cyclisation** permet d'obtenir des **cyclanes**, souvent **ramifiés**, et du **dihydrogène**.  
Le méthylcyclopentane (IO = 8181) est ainsi obtenu à partir de l'hexane (IO = 00) :



→ Réaction de déshydrocyclisation.

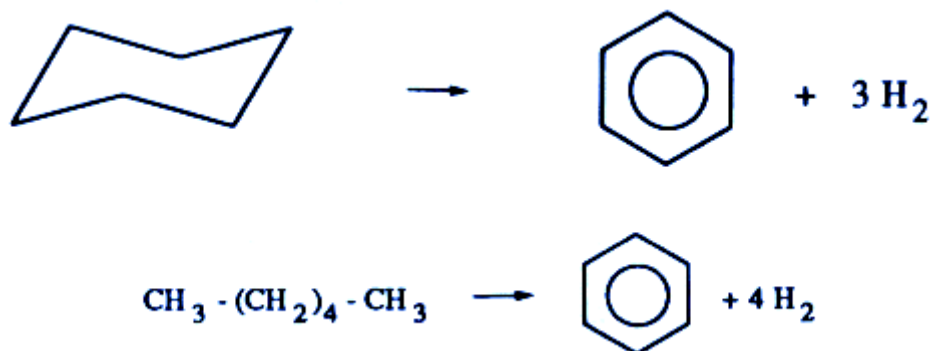
La **déshydrocyclisation** permet d'obtenir des dérivés benzéniques et du dihydrogène.

L'hexane (IO = 00) donne ainsi du benzène (IO = 107107).



→ Reformage catalytique

Au cours de cette opération destinée à améliorer l'indice d'octane des essences, l'aromatization catalytique des alcanes (déshydrocyclisation) et des cyclanes (déshydrogénation) conduit à la formation de grandes quantités d'hydrogène

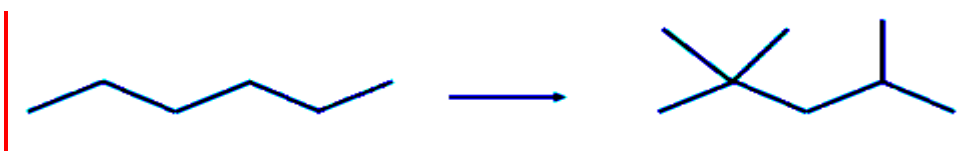


→ Réaction d'isomérisation : Ramification du squelette carboné.

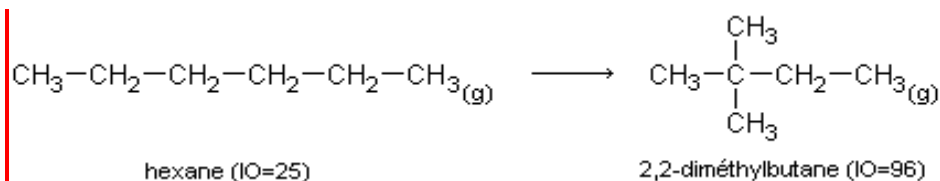
L'isomérisation permet de transformer les alcanes linéaires en leurs isomères ramifiés.

Exemples :

✚ le 2,2,4-triméthylpentane (indice d'octane IO=100100) est obtenu à partir de l'octane (IO=00)



✚



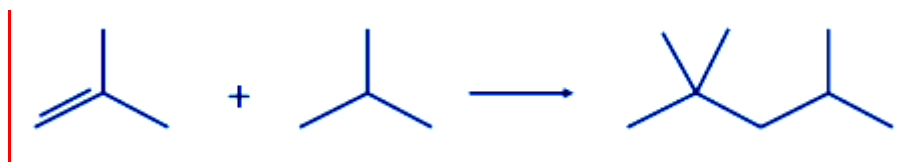
## VII. 2- Allongement de la chaîne carbonée

### a- Réaction d'alkylation

L'alkylation permet de rallonger la chaîne carbonée d'un alcane en le faisant réagir avec un alcène.

Cette réaction, **inverse du craquage**, est utilisée pour produire des composés à haut indice d'octane.

Le 2,2,4-triméthylpentane est ainsi obtenu.



### b- Réaction de polymérisation: allongement de la chaîne carbonée

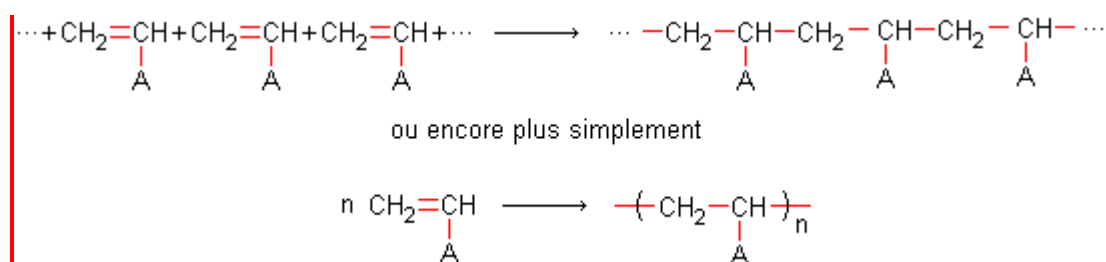
### Définitions :

→ La polymérisation est une réaction au cours de laquelle s'associent plusieurs molécules identiques appelées monomères pour former une molécule plus longue appelée polymère.

→ La **polymérisation par polyaddition** permet de **rallonger la chaîne carbonée** d'un composé organique comportant une **double liaison** par réaction d'addition les unes à la suite des autres d'un grand nombre de ces molécules, appelées **monomères**.

Le produit de cette addition est une **macromolécule**.

La réaction de polymérisation s'écrit :



$n$  est appelé indice de polymérisation et le groupe  $-\text{CH}_2-\text{CH}_\text{A}-$  est appelé motif du polymère.

### Applications:

15/02/2020

Modification du squelette carboné

| Monomère  | Polymère   | Applications  |
|---|--|---|
| Ethylène<br>$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$                               | Polyéthylène (PE)<br>$-(\text{CH}_2 - \text{CH}_2)_n$                                | Emballage d'aliments, films plastiques<br>flacons, bidons...  |
| Propène<br>$\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}$          | Polypropylène<br>$-(\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}})_n$              | Objets moulés résistants, récipients<br>valises, pare-choc... |
| Chlorure de vinyle<br>$\text{CH}_2 = \underset{\text{Cl}}{\text{CH}}$ | Polychlorure de vinyle (PVC)<br>$-(\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}})_n$ | Tuyau, canalisations, bouteilles<br>Volets...                 |
| Styrène<br>$\text{CH}_2 = \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}$ | Polystyrène (PS)<br>$-(\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}})_n$  | Casiers de réfrigérateurs, mobilier transparent,<br>jouets... |
| Cyanure de vinyle<br>$\text{CH}_2 = \underset{\text{CN}}{\text{CH}}$  | Polyacrylonitrile (PAN)<br>$-(\text{CH}_2 - \underset{\text{CN}}{\text{CH}})_n$      | Fibres synthétiques, vêtements,...                            |