

Chap2 : Les alcènes et les alcynes (6h)

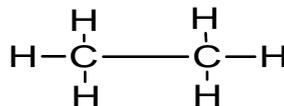
2.1 Alcènes

2.1.1. Définition des alcènes

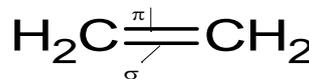
On appelle alcènes ou carbures éthyléniques tous les hydrocarbures à chaîne ouverte qui contiennent dans leur molécule, une double liaison. Ils répondent à la formule générale C_nH_{2n}

2.1.2. Exemple : l'éthylène

L'éthylène ou éthène est un hydrocarbure de formule C_2H_4 dans laquelle chaque atome de carbone est lié à deux atomes d'hydrogène par des liaisons de covalence et de ce fait il reste deux électrons célibataires sur chaque atome de carbone. Ils vont permettre de réaliser deux liaisons de covalences entre les atomes de carbone soit une double liaison $C = C$



Formule développée



Formule
semi-développée

Dans les deux liaisons : la liaison σ (*sigma*) est très difficile à rompre alors que la liaison π est peu stable, donc fragile. Cette molécule est plane ($H\hat{C}H$) 120° et la longueur $CC=134\text{pm}$

N.B : La liaison $C=C$ empêche toute rotation.

2.1.3 Nomenclature des alcènes

On nomme les alcènes à partir des alcanes. La terminaison « ène » caractérise un alcène.

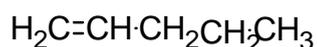
- ✓ La chaîne carbonée la plus longue doit contenir la double liaison : C'est la chaîne principale.
- ✓ La chaîne principale est numérotée de façon à attribuer le plus petit numéro à la double liaison ; ce numéro étant celui du premier carbone qui la porte.
- ✓ On identifie les groupes alkyles

Remarque

Lorsque la molécule comporte deux doubles liaisons on utilisera le terme « diène », sinon « triène » dans le cas de trois doubles liaisons.

NB : Les règles utilisées dans la nomenclature des alcanes restent valables pour les alcènes.

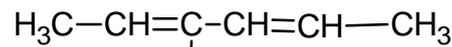
Exemples



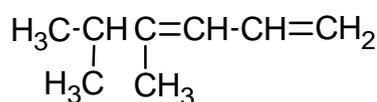
a) pent-1-ène



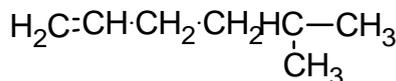
b) pent-2-ène



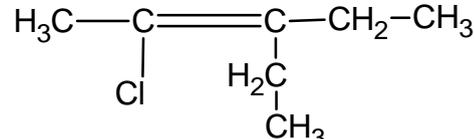
c) 3-méthylhexa-2,4-diène



d) 4,5-diméthylhexa-1,3-diène



e) 5-méthylhex-1-ène



f) 2-chloro-3-éthylpent-2-ène

2.1.4 -Isomérisation

Isomérisation vient du mot Grec (*isos* = identique et *meros* = partie) : les isomères ont la même formule brute mais des formules développées différentes.

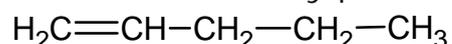
La double liaison dans une chaîne carbonée ouverte conduit à deux types d'isomérisation : l'isomérisation de constitution (structurale ou plane) et l'isomérisation de configuration (stéréoisomérisation).

a) Les isomères de constitution

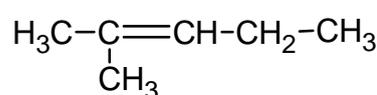
Ce sont des composés qui diffèrent de l'enchaînement des atomes.

Exemple d'isomères de constitution

- L'isomérisation de chaîne : pent-1-ène et 3-méthylpent-1-ène



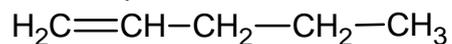
a) pent-1-ène



b) 2-méthylpent-2-ène

- **L'isomérisation de position de la double liaison** : Pour une chaîne donnée, il peut y avoir plusieurs positions de la double liaison

Exemples : le pent-1-ène et le pent-2-ène



a) pent-1-ène

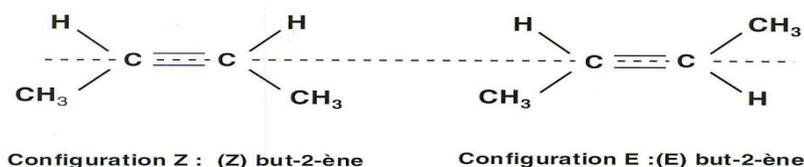


b) pent-2-ène

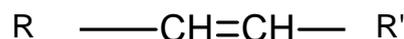
b) L'isomérisation de configuration ou configuration (Z/E)

C'est la stéréoisomérisation, qui résulte de la disposition spatiale des atomes. On obtient alors deux configurations : la configuration Z et la configuration E (Zusammen=Ensemble ; Entgegen=Opposé).

Exemples : C₄H₈



Formule générale des configurations (Z/E) :



Remarque : Ces deux stéréoisomères ont des propriétés physiques différentes, en particulier leur températures de fusion et d'ébullition ne sont pas les mêmes.

EXERCICE D'APPLICATION

On donne un alcène de masse molaire M=84g.mol⁻¹

- 1) Déterminer sa formule brute
- 2) L'alcène en question présente une stéréo-isomérisation et un groupe éthyle est fixé sur la chaîne principale. Quelle est la formule semi-développée du stéréo-isomère (E) du composé recherché ? Quelle est son nom ?
- 3) Donner la formule semi-développée et le nom d'un de ses isomères ne présentant pas de stéréoisomère.

On donne les masses molaires en g.mol⁻¹ : C : 12 ; H : 1

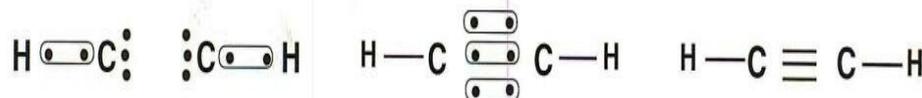
Réponses

- 1) La formule brute d'un alcène est C_nH_{2n}. Sa masse molaire est M=12n+2n=14n
14n=84 donc n=6 la formule brute est C₆H₁₂
- 2) Le stéréo-isomère de l'alcène recherché est : Hex-3-ène
- 3) Un des isomères ne présentant pas de stéréo-isomère est : 2-méthylbut-1-ène

2.2 .Les Alcynes

2.2.1.Exemple : L'éthyne ou l'acétylène

L'acétylène ou éthyne est un hydrocarbure de formule brute : C₂H₂ dans laquelle chaque atome de carbone est lié à un atome d'hydrogène par une liaison de covalence et de ce fait il reste trois électrons célibataires sur chaque atome de carbone. Ils vont permettre de réaliser trois liaisons de covalence entre les atomes de carbone soit une triple liaison (C≡C).



La formule semi-développée s'écrit : CH ≡ CH

- ✓ Une liaison C-C est très stable donc difficile à rompre ; alors que les deux autres sont peu stables donc fragiles et de ce fait **réactives**.
- ✓ Les quatre atomes de la molécule sont situés sur une même droite, la molécule est **linéaire (180°)**.
- ✓ La longueur de la triple liaison C \equiv C est de 120Pm.

2.2.2 -Définition des alcynes

On appelle **alcynes** tous les hydrocarbures insaturés à chaîne ouverte qui contiennent dans leur molécule, une triple liaison. Ils répondent à la formule générale C_nH_{2n-2} .

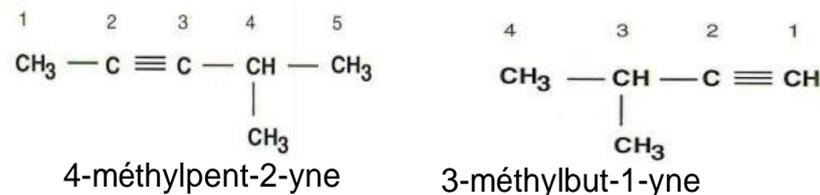
2.2.3- Nomenclature des alcynes

La terminaison « **yne** » caractérise un **alcyne**.

- La **propyne** ou prop-1-yne : n=3 à pour formule brute C_3H_4 et semi-développée : $CH_3-C \equiv CH$
- Le **but-2-yne** : n=4 de formule brute C_4H_6 aura comme semi-développées : $CH_3-C \equiv C-CH_3$

N.B : Les règles de nomenclature sont les mêmes que pour les alcènes.

Exemples : Donner les noms des alcynes ci-dessous :



2.3 .Réactions d'addition

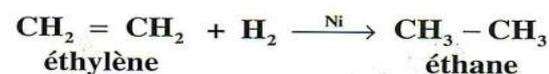
2.3.1 .Addition du dihydrogène

a) Hydrogénation des alcènes

Tous les alcènes s'additionnent aux dihydrogènes en présence d'un catalyseur (le **nickel**, le **platine**) dont le rôle est **d'accélérer** la réaction. L'hydrogénation des alcènes en présence d'un catalyseur conduit à un alcane d'équation générale suivante :



Exemple d'hydrogénation de l'éthylène :



b) Hydrogénation des alcynes

- **1^{er} Cas** : Avec un catalyseur peu actif comme le **palladium(Pd) désactivé** ; on additionnera une seule molécule de dihydrogène par molécule d'alcène et on obtient un alcène .
- **2^{ème} Cas** : Avec un catalyseur actif comme le nickel ,on en additionnera deux molécules de dihydrogène par molécule d'alcyne pour obtenir directement un **alcane**.

On peut écrire de façon générale l'équation d'hydrogénation complète d'un alcyne par:



Exemple d'hydrogénation de l'acétylène :

-**1^{er} cas** : Avec du palladium(Pd) on a :



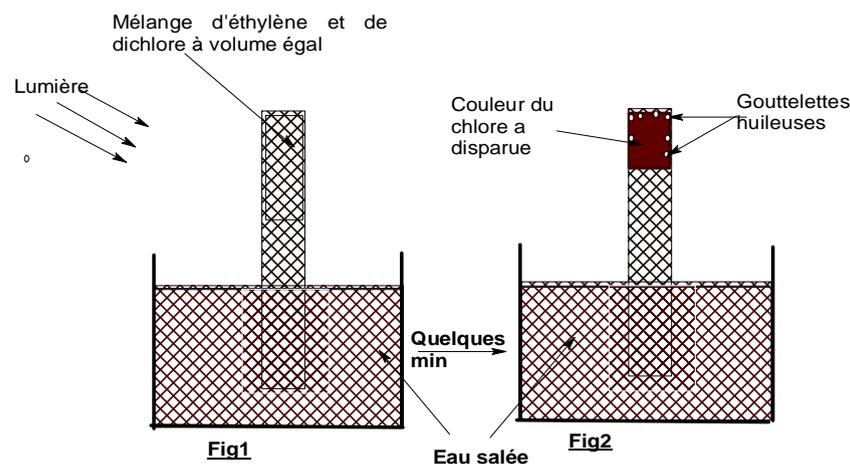
-**2^{ème} cas** : Avec du Nickel(Ni) on a :



2.3.2 Addition de dihalogènes sur les alcènes

Exemple : Sur l'éthylène

Expérience



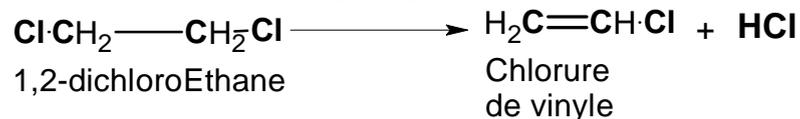
Addition du dichlore sur l'éthylène

On mélange du dichlore et de l'éthylène à volume égaux. On place le mélange dans une éprouvette ; le mélange qui avait la couleur jaune-verte du dichlore se décolore. L'eau salée monte dans l'éprouvette et des gouttelettes huileuses apparaissent sur les parois du tube. L'analyse des gouttelettes montre qu'il s'agit du 1,2-dichloroéthane d'où

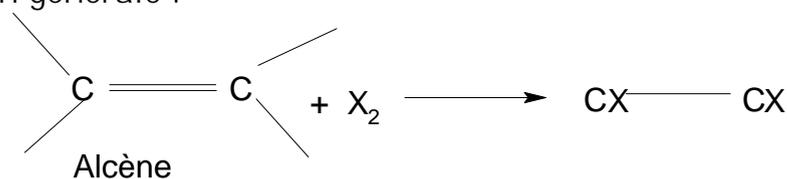
L'équation :



Remarque : Une application industrielle consiste à traiter le 1,2-dichloroéthane obtenu sous 30bars de pression à 400°C par pyrolyse, de façon à obtenir du chlorure d'hydrogène et du chlorure de vinyle (Chloroéthène) d'équation :



Conclusion : Les alcènes réagissent facilement par addition avec les halogènes (Cl_2 ; Br_2 ; I_2) pour donner un composé dihalogène (AX_2) saturé d'équation générale :

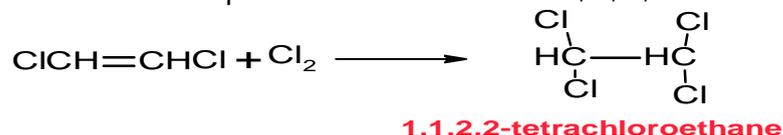


2.3.3-Addition du dichlore sur l'acétylène

La réaction est catalysée par le chlorure d'aluminium (AlCl_3) et produit le 1,2-dichloroéthène qui a deux isomères (Z/E)



N.B : En cas d'excès de dichlore la réaction se poursuit et forme le 1,1,2,2-Tétrachloroéthane ($\text{CHCl}_2-\text{CHCl}_2$).

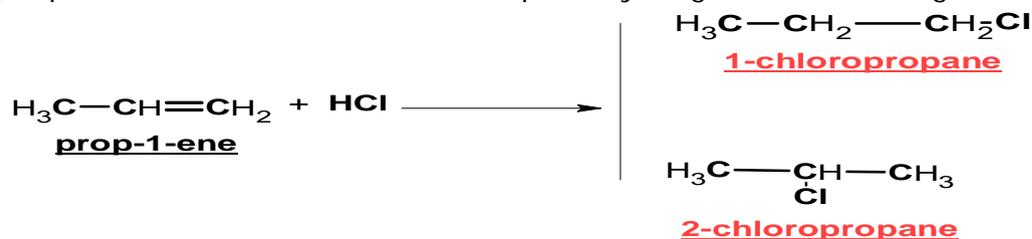


2.3.4. Addition du chlorure d'hydrogène

-Sur l'éthylène : Le chlorure d'hydrogène HCl s'additionne sur les alcènes symétrique ($\text{R}-\text{CH}=\text{CH}-\text{R}$) et donne des dérivés chlorés unique :



-Sur le propène : Dans l'addition de chlorure d'hydrogène sur un alcène **dissymétrique** (R-CH=CH₂) ,l'atome d'hydrogène se fixe de façon prépondérante sur le carbone le plus hydrogéné :c'est la règle de **Markovnikov** :



-Sur l'acétylène : L'addition du chlorure d'hydrogène sur l'acétylène conduit dans un premier temps au chloroéthylène ou chlorure de vinyle et la réaction se poursuit par l'addition d'une molécule de HCl pour donner 1,1-dichloroéthane (majoritaire).

- $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{H} + \text{H}-\text{Cl} \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCl}$ (chlorure de vinyle) (**minoritaire**)
- $\text{CH}_2 = \text{CHCl} + \text{H}-\text{Cl} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHCl}_2$ (1,1-dichloroéthane) (**Majoritaire**)

NB :De façon générale ; l'équation d'addition HCl sur l'acétylène se traduit par :

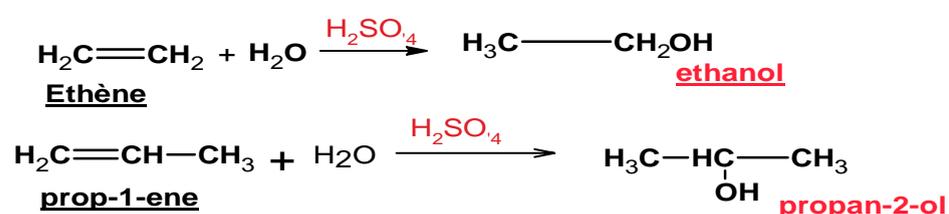


2.3.5. Addition d'eau

-Sur les alcènes : L'addition de l'eau sur un alcène avec le catalyseur l'acide sulfurique (H₂SO₄) ou le sulfate de mercure II (HgSO₄) conduit à un alcool.

On obtient un alcool unique lorsqu'on utilise un alcène symétrique. Lorsqu'on utilise un alcène **dissymétrique** la règle de **Markovnikov** s'applique.

Exemples d'additions



-Sur l'acétylène : L'addition d'eau sur l'acétylène conduit à l'éthanal (C₂H₄O) d'équation suivante :



N.B :L'éthanal est un liquide très volatil qui réagit en présence du réactif de **Schiff** en le laissant virer de l'incolore au **rouge violacé en agissant sur la fonction aldéhydes - CHO** .

Les aldéhydes ont leur formule générale (R-CHO) et leur formule brute: **C_nH_{2n}O**

2.4 .Réactions de polymérisation

2.4.1 Généralités

Il y a polymérisation ou polyaddition lorsque plusieurs molécules d'un même composé appelé le **monomère** (ex :**CH₂=CH₂**) s'unissent entre elles pour former une molécule unique ayant même composition que le monomère.

Le degré de polymérisation **n** est le nombre de molécules de monomère qui se sont unis.

Par exemple :

- si $n=2$ on obtient un **dimère** ;
- si $n=3$, on obtient un **trimère** ,
- si n est important il s'agira d'un **polymère** et un haut polymère si $n > 1000$

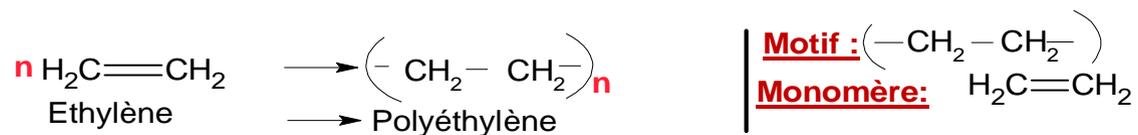
La polyaddition est donc l'addition de n molécules insaturées identiques appelés **motifs** les unes aux autres.

N.B : La masse molécule molaire du **motif** est égale à la masse molécule molaire du monomère tel que :

$$n = \frac{M_{\text{polymère}}}{M_{\text{motif}}} \quad \text{et} \quad M_{\text{motif}} \approx M_{\text{monomère}}$$

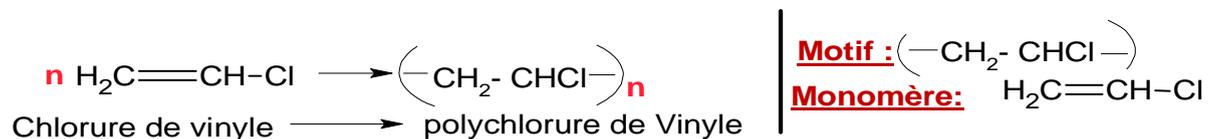
2.4.2. Exemples de polymères

- La **polyéthylène** : elle est fabriquée industriellement à partir d'éthylène : $\text{CH}_2=\text{CH}_2$



-Le **polychlorure de vinyle** ou **PVC**

Le chlorure de vinyle : $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ se polymérise par addition pour donner le **PVC** : polymère dur et rigide. Le PVC est utilisé dans la fabrication des tuyaux ; des emballages. Il se ramollit vers 80°C :



Remarque : Les polymères obtenus peuvent être linéaires ou ramifiés. Les polymères représentent en général les matières plastiques et sont classées en deux catégories :

- Les **thermoplastiques** qui deviennent fluides par chauffage
- Les **thermodurcissables** qui durcissent à la chaleur

Exercice d'application : Un polymère P a une masse molaire moléculaire moyenne de $M=51,8\text{kg/mol}$.

Son indice de polymérisation est $n=1,85 \cdot 10^2$. En déduire la masse molaire moléculaire de son monomère.

Réponse : $n = \frac{M_{\text{polymère}}}{M_{\text{motif}}}$; **AN** : $M_{\text{motif}} = \frac{51,8}{1,85 \cdot 10^2} = 0,280\text{kg/mol} = 280\text{g/mol}$

Exercice de maison : Ecrire l'équation de la réaction de polymérisation du styrène, puis dessiner le motif élémentaire du polystyrène.

Réponse

