

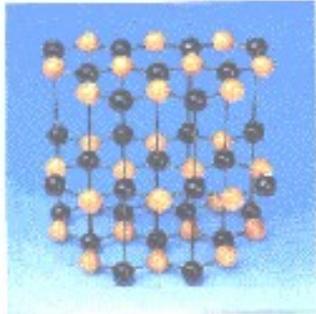
I) LE CARBONE

1.1. Les formes du carbone pur

a) Le diamant

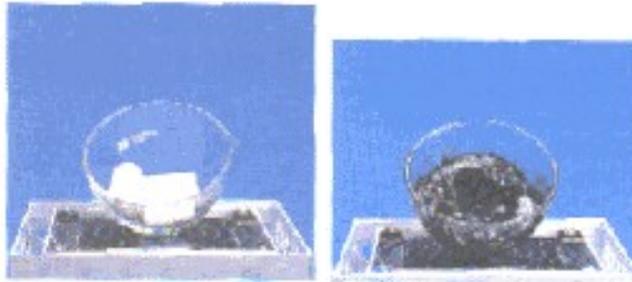


b) Le graphite



1.2. Le carbone dans les molécules

La pyrolyse du sucre montre qu'il contient du carbone par la formation du charbon de sucre. Il en est de même du bois, et de toute substance végétale ou animale.



La combustion de l'éthanol montre qu'il contient du carbone par la formation de dioxyde de carbone CO_2 qui se forme sous l'action du dioxygène O_2 . L'eau de chaux se trouble.



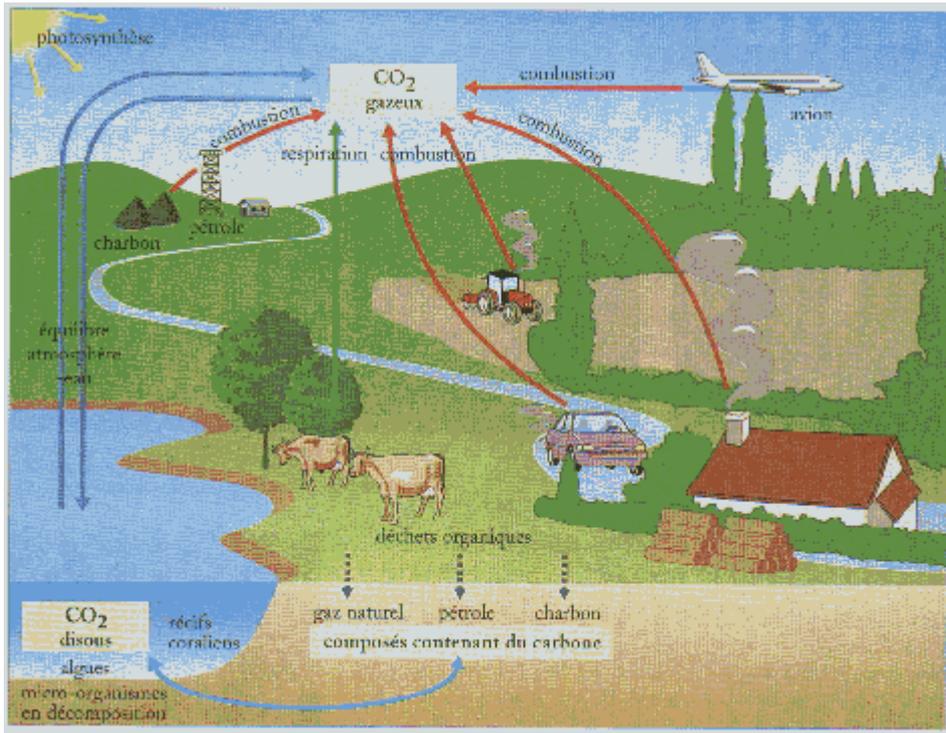
1.3. Le carbone dans les pétroles



Les pétroles et gaz naturels résultent de la décomposition extrêmement lente, à l'abri de l'air, de débris végétaux et d'animaux microscopiques (plancton). Les pétroles, formés au bout de plusieurs millions d'années, sont des liquides qui s'accumulent dans des roches appelées roches magasin.

Les pétroles et les gaz naturels contiennent du carbone.

II) LE CYCLE DU CARBONE



La teneur de l'atmosphère en dioxyde de carbone résulte d'un équilibre entre celui qui est formé par la respiration et les combustions, et celui qui est absorbé par la photosynthèse. Le taux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est actuellement d'environ 0,035 % en volume. Son augmentation régulière est due à l'accroissement des activités industrielles ; le dioxyde de carbone dans l'atmosphère contribue fortement à l'effet de serre qui pourrait se traduire par un réchauffement notable de notre planète.

III) LE TRAITEMENT DES PÉTROLES BRUTS

3.1. Composition chimique des pétroles

Les pétroles sont des mélanges complexes constitués essentiellement d'hydrocarbures. Un hydrocarbure est un composé chimique constitué uniquement de carbone et d'hydrogène. Voici quelques exemples d'hydrocarbures :

octane	propane	méthane
C_8H_{18}	C_3H_8	CH_4

3.2. Comment séparer les différents hydrocarbures du pétrole ?

a) distillation simple.



Fig. 13. Distillation fractionnée. La colonne Vigreux sépare les deux constituants du mélange, le réfrigérant condense les vapeurs que l'on recueille dans un bécher.

Lorsqu'on chauffe un mélange liquide, le premier liquide à s'évaporer est celui qui a la température d'ébullition la plus basse.

LA VAPEUR EST PLUS RICHE EN CONSTITUANT LE PLUS VOLATIL.

Par condensation de ces premières vapeurs, on obtient un liquide plus riche que le premier en constituant le plus volatil, appelé **distillat**.

Simultanément, le liquide qui reste s'enrichit en constituant le moins volatil. On peut purifier le distillat en lui faisant subir plusieurs distillations. En répétant cette opération plusieurs fois, on obtient un produit pratiquement pur.

b) distillation fractionnée



Tour de distillation (contenant une colonne à plateaux) à la raffinerie de Feyzin.

Une succession de distillations simples peut être réalisée dans une **colonne à plateaux**, dans les **tours de distillation** des raffineries.

Le pétrole chauffé dans un four est injecté en continu, à la base de la colonne. Les constituants vaporisés s'élèvent et se refroidissent au cours de leur ascension. La température décroît de bas en haut de la colonne. Lorsque les vapeurs atteignent un plateau, elles barbotent dans le liquide qu'il contient. Les moins volatiles s'y condensent, les autres poursuivent leur ascension vers les plateaux supérieurs de température plus basse, où elles subiront un processus analogue.

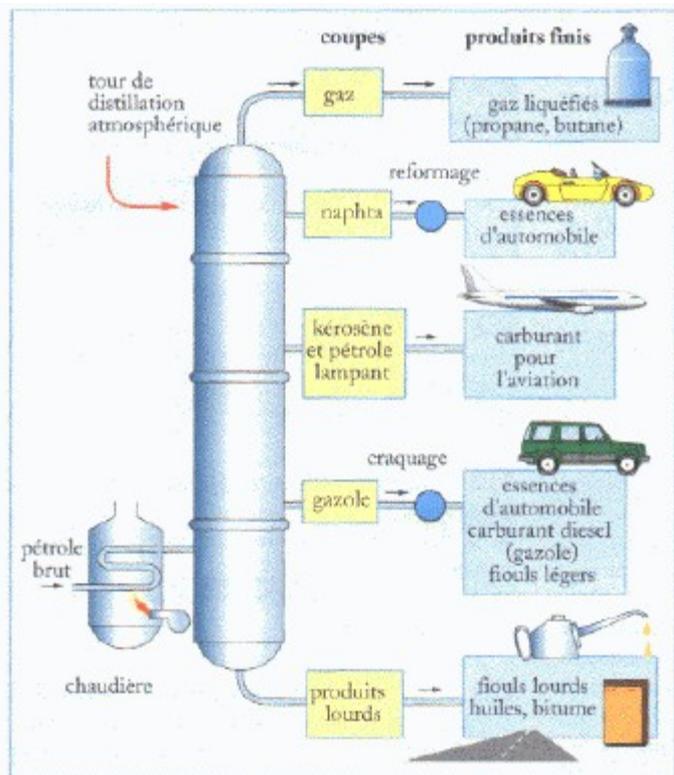
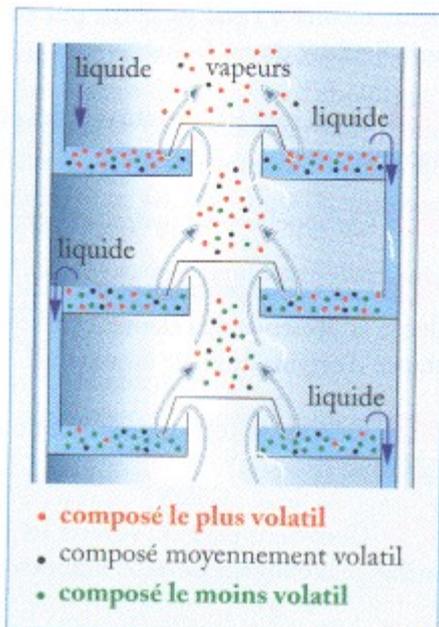
Un système de trop-pleins permet aux liquides de redescendre.

CHAQUE PLATEAU A UNE TEMPÉRATURE CONSTANTE ET LA COMPOSITION DU LIQUIDE QU'IL CONTIENT NE VARIE PAS.

c) les fractions

Les constituants du pétrole sont nombreux et leurs températures d'ébullition sont très proches. En pratique, on sépare les pétroles en **coupes**. Les constituants d'une coupe ont des propriétés suffisamment voisines pour qu'on les destine à un usage précis.

$T_{eb} < 120\text{ °C}$	gaz et essences
$120\text{ °C} < T_{eb} < 180\text{ °C}$	naphta
$180\text{ °C} < T_{eb} < 260\text{ °C}$	kérosène et pétrole
$260\text{ °C} < T_{eb} < 340\text{ °C}$	gazole
$340\text{ °C} < T_{eb} < 360\text{ °C}$	fioul domestique
$360\text{ °C} < T_{eb} < 370\text{ °C}$	fioul industriel



d) craquage et reformage (*cracking et reforming*)

Fig. 7. Tour de craquage catalytique.

Craquage catalytique : Casser des grosses molécules pour en faire des plus petites.

Reformage : Modifier le squelette de la molécule par des procédés appropriés.

Le craquage consiste à fractionner les grosses molécules des fractions lourdes en molécules plus petites. Dans le craquage thermique, la transformation des molécules est effectuée par l'action de la chaleur. Le craquage catalytique permet de décomposer les fractions lourdes en présence d'un catalyseur, qui active la rupture des liaisons entre les atomes de carbone. L'hydrocraquage consiste à faire agir de l'hydrogène à forte pression (de 50 à 150 bars) et à des températures allant de 250 à 400 °C. Enfin, au cours du vapocraquage, les réactions ont lieu en présence d'eau à très haute température (de l'ordre de 900 °C).

Le reformage permet de convertir le naphta ou les essences provenant de la distillation en des essences de qualité supérieure, à haut indice d'octane. Ce procédé permet aussi d'obtenir des bases pour la pétrochimie.

IV-STRUCTURE DES CHAÎNES CARBONÉES DES HYDROCARBURES

4.1. Schéma de Lewis des atomes de carbone et d'hydrogène

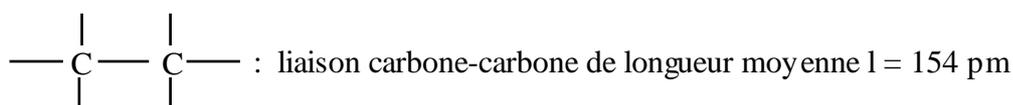
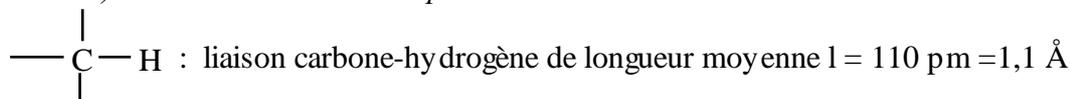
Un hydrocarbure est un composé organique constitué des seuls éléments carbone et hydrogène.

- Hydrogène : $\text{H}\bullet$ Il ne peut former qu'une seule liaison covalente

- Carbone : $\bullet\text{C}\bullet$ Il peut former quatre liaisons covalentes

4.2. La nature des liaisons

a) *Liaisons covalentes simples*



b) *liaisons covalentes doubles*



c) *Les familles d'hydrocarbures*

Nous étudierons lors de ce chapitre deux familles d'hydrocarbures :

- Les alcanes : les chaînes carbonées ne comportent que des liaisons simples
- Les alcènes : les chaînes carbonées comportent une liaison double

REMARQUE : Il existe d'autres familles d'hydrocarbures dont les chaînes carbonées ont des structures différentes (alcynes, hydrocarbures aromatiques ...).

V - LES ALCANES

5.1. Le plus simple : le méthane

a) Structure de la molécule de méthane

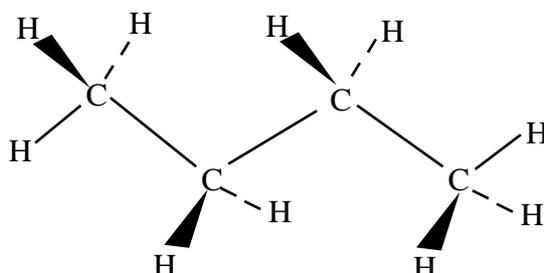
- Formule brute : CH₄
- Cela signifie qu'un atome de carbone est lié à quatre atomes d'hydrogène
- Les quatre atomes d'hydrogène sont au sommet d'un tétraèdre au centre duquel se trouve l'atome de carbone.
- LES ALCANES NE COMPORTENT QUE DES CARBONES TÉTRAÉDRIQUES
- Les liaisons C-H ont même longueur : 110 pm
- Les angles formés par deux quelconques de ces liaisons sont égaux et valent 109°28'.
- remarque : cette structure tétraédrique se retrouve dans le diamant.

b) Représentation de la molécule

5.2. Les premiers alcanes de la série

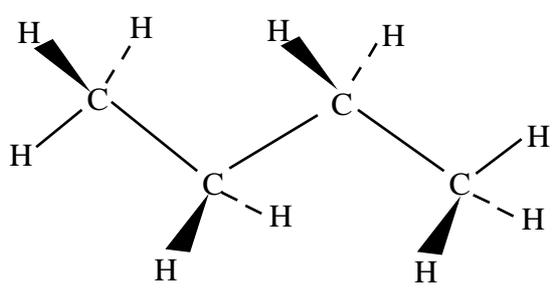
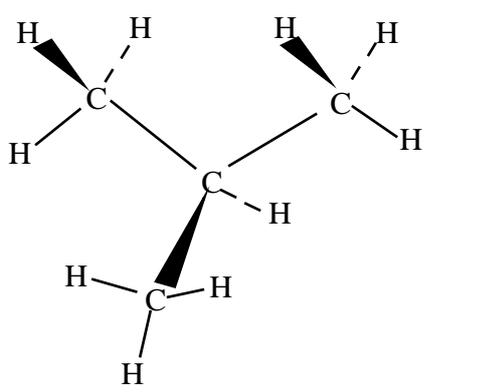
Nom	Formule brute	Formule développée	Formule semi-développée
Méthane	CH ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	CH ₄
Éthane	C ₂ H ₆	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	CH ₃ - CH ₃
Propane	C ₃ H ₈	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	CH ₃ - CH ₂ - CH ₃
Butane	C ₄ H ₁₀	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	CH ₃ - CH ₂ - CH ₂ - CH ₃

Représentation en perspective du butane :



Nous remarquons que tous ces hydrocarbures ont une formule brute du type C_nH_{2n+2}.
C'est la formule brute des alcanes.

5.3. Isomérisation de constitution

butane	isobutane (ou 2-méthylpropane)
C_4H_{10}	C_4H_{10}
	
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	$ \begin{array}{c} CH_3 - CH - CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array} $
Température de fusion : - 139 °C	Température de fusion : - 160,9 °C
Température d'ébullition : - 0,4 °C	Température d'ébullition : - 10,2 °C

On appelle isomères de constitution des corps purs composés qui ont la même formule brute mais des formules développées différentes.

Remarque : plus l'alcane a un nombre de carbones élevé, plus il a d'isomères (2 pour C_4 , 366 319 pour C_{20} , en théorie).

5.4. Nomenclature des alcanes

a) Les alcanes à chaîne linéaire

À l'exception des quatre premiers alcanes qui ont des noms consacrés par l'usage, tous les alcanes ont un nom systématique.

Le nom d'un alcane à chaîne linéaire se forme en associant un radical et la terminaison **ane**. Le radical indique le nombre de carbones de la chaîne :

- pent : 5 atomes de carbone,
- hex : 6 atomes de carbone,
- oct : 8 atomes de carbone et ainsi de suite.

Exemple : l'un des constituants de l'essence est un alcane en C_8 , on le nomme octane.

b) Les alcanes à chaîne ramifiée

Pour nommer un alcane à chaîne ramifiée, on utilise la règle suivante :

- 1°) On détermine la plus longue chaîne linéaire ou chaîne principale. Elle donne son nom à l'alcane.
- 2°) On identifie les ramifications greffées sur la chaîne principale. Ce sont des groupes alkyles.
 Nous retiendrons :

$CH_3 -$	groupe méthyle
CH_3-CH_2-	groupe éthyle
$CH_3-CH_2-CH_2-$	groupe propyle
etc ...	
- 3°) On numérote la chaîne principale en choisissant le sens de telle façon que le carbone portant le groupe alkyle ait le plus petit numéro ou, s'il y en a plusieurs, que leur somme soit la plus petite possible.

c) Les huit premiers hydrocarbures saturés de formule C_nH_{2n+2} à chaîne linéaire

n	Form. brute	Nom	Formule semi-développée	Formule développée	Vue 3D
1	CH ₄	méthane	CH ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	
2	C ₂ H ₆	éthane	H ₃ C—CH ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
3	C ₃ H ₈	propane	H ₃ C—CH ₂ —CH ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
4	C ₄ H ₁₀	butane	H ₃ C—CH ₂ —CH ₂ —CH ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
5	C ₅ H ₁₂	pentane	H ₃ C—CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
6	C ₆ H ₁₄	hexane	H ₃ C—CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
7	C ₇ H ₁₆	heptane	H ₃ C—CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
8	C ₈ H ₁₈	octane	H ₃ C—CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	

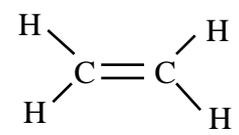
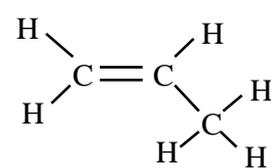
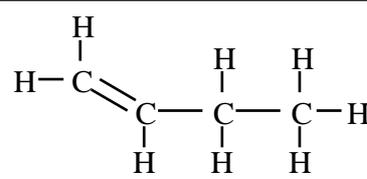
VI - LES ALCÈNES

C'est la deuxième grande famille d'hydrocarbures. Elle est caractérisée par la présence d'une liaison double carbone-carbone. On dit que les alcènes sont des hydrocarbures insaturés.

6.1. La molécule d'éthylène

L'éthylène est le plus simple de tous les alcènes. Sa formule brute est C_2H_4 . Les deux carbones sont liés par une liaison double. Il n'y a pas de libre rotation entre les deux carbones. La molécule est rigide et plane. Tous les atomes sont dans le même plan. Les angles des liaisons sont tous égaux à 120° . Le carbone est qualifié de **trigonal**.

6.2. Les premiers alcènes de la série

Nom	Formule brute	Formule développée	Formule semi-développée
Éthylène	C_2H_4		$CH_2 = CH_2$
Propène	C_3H_6		$CH_2 = CH - CH_3$
Butène	C_4H_8		$CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$

La formule brute des alcènes est : C_nH_{2n}

6.3. Isoméries

a) Isomérisie de constitution

Analogue à celle des alcanes, elle repose sur la structure de la chaîne carbonée : ramifications et emplacement de la liaison double. les formules semi-développées permettent de les distinguer :

i) $CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$ de formule brute C_4H_8

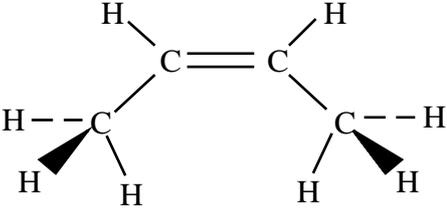
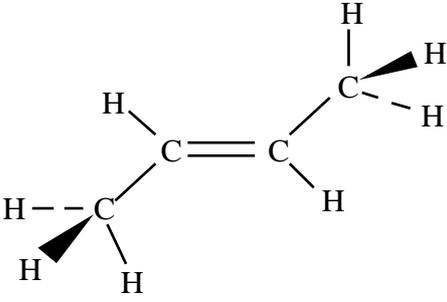
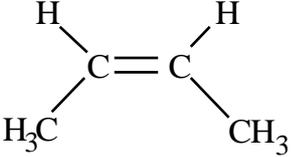
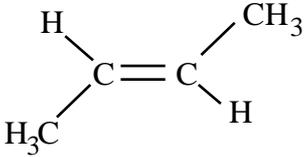
ii) $CH_3 - CH = CH - CH_3$ de formule brute C_4H_8

iii) $CH_2 = C - CH_3$ de formule brute C_4H_8
 $\quad \quad |$
 $\quad \quad CH_3$

i) et ii) diffèrent par l'emplacement de la liaison double.

iii) a une chaîne ramifiée

b) Stéréo-isomérisation

butène	butène
(Z) but-2-ène	(E) but-2-ène
C ₄ H ₈	C ₄ H ₈
CH ₃ - CH = CH - CH ₃	CH ₃ - CH = CH - CH ₃
	
	
Température de fusion : 4 °C	Température de fusion : 1 °C

Comme la double liaison double carbone-carbone n'autorise pas la libre rotation, il résulte l'existence de deux isomères pour le but-2-ène. Soit les deux groupements méthyle CH₃- sont du même côté de la double liaison soit ils sont du côté opposé de cette double liaison. Ces deux isomères sont appelés stéréo-isomères. Le premier est l'isomère **(Z)** (de l'allemand Zusammen : ensemble) le second est l'isomère **(E)** (de l'allemand Entgegen : opposés). On les appelle également isomère **CIS** (ciseaux) et **TRANS**.

6.4. Les règles de nomenclature

a) Les alcènes à chaîne linéaire

- 1°) Pour indiquer la présence de la liaison double C = C, la terminaison **ène** remplace la terminaison **ane** des alcanes.
- 2°) La position de la double liaison est donnée par le numéro du premier atome de carbone doublement lié rencontré dans le sens de la numérotation de la chaîne.
- 3°) La chaîne est numérotée de façon à attribuer à cette double liaison le plus petit numéro.

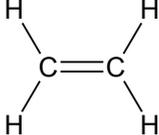
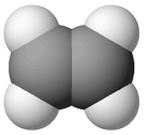
b) Les alcènes à chaîne ramifiée

- 1°) On détermine la plus longue chaîne linéaire contenant la double liaison. Elle donne son nom à l'alcène.
- 2°) On numérote la chaîne principale selon la règle des alcènes linéaires.
- 3°) On identifie les groupes alkyle.

c) Les stéréo-isomères

Lorsque les groupes alkyle sont disposés d'un même côté de la double liaison, le stéréo-isomère est appelé Z. Si les groupes alkyle sont disposés de part et d'autre de la double liaison, le stéréo-isomère est appelé E.

d) Les premiers alcènes linéaires de la famille des alcènes comportant de 2 à 6 carbones

n	Form brute	Nom	Formule semi-développée	Vue 3D
2	C ₂ H ₄	éthylène		

3	C_3H_6	propène		
4	C_4H_8	but-1-ène		
4	C_4H_8	but-2-ène		
5	C_5H_{10}	pent-1-ène		
5	C_5H_{10}	pent-2-ène		
6	C_6H_{12}	hex-1-ène		
6	C_6H_{12}	hex-2-ène		
6	C_6H_{12}	hex-3-ène		

VII - L'ESSENTIEL À RETENIR

- Les hydrocarbures ne renferment que les éléments carbone et hydrogène.
- Les alcanes ont pour formule brute C_nH_{2n+2} . Ils ne comportent que des liaisons simples.
- Les alcènes ont pour formule brute C_nH_{2n} . Ils comportent une seule double liaison $C=C$.
- Les isomères ont même formule brute mais une formule développée différente.
- Les stéréo-isomères ne diffèrent que par l'arrangement de leurs atomes dans l'espace.
- Des isomères ont des propriétés physiques différentes. Ce sont des composés différents.