# Chap1 : Les Alcanes (8h)

## 1-INTRODUCTION A LA CHIMIE ORGANIQUE

### 1.1-LES COMPOSES ORGANIAQUES

La chimie organique est la chimie des composés dites organisés qui possèdent tous l'élément carbone .

Le nombre de composés organiques est important, car il est aisé de synthétiser de nouvelles molécules .La structure des composés organiques est moléculaire. Les composés organiques sont regroupés en familles selon la nature des liaisons et des atomes en présence : Alcanes ; alcènes ;alcools en sont des exemples.

#### a) Les composés organiques naturels

Ils proviennent des animaux ou des végétaux comme la cellulose, le coton, céréales ; féculents ;fruits ;graisses...

#### b) Les produits organiques fossiles

Ils proviennent de la décomposition lente des matières végétales(Charbon) .Le pétrole et le gaz naturel qui proviennent de la fermentation du plancton (ensemble d'organismes animaux et végétaux qui flottent sur les eaux).

#### c)FORMULES DES COMPOSES ORGANIQUES

La plupart des corps rencontrés cette année ne contiennent que du carbone C de l'hydrogène H et de l'oxygène O.

Exemple :Soit un composé organique de formule $C_XH_YO_Z$ .L'analyse élémentaire fournit la composition centésimale suivante :%C=55,0% ;%H=8,92% et valeur approchée de la masse molaire $M=43,8g.mol^{-1}$

Comment déduire de ces renseignements la formule de ce composé organique $C_xH_yO_z$ ?

Ecrivons d'abord la formule globale du corps soit :$C_xH_yO_z$ et déterminons x ;y et z

- Pour une mole de composé ;nous avons x moles d'atomes de carbone soit une masse mC=12x.g et pour 100g de composé nous avons une masse mC=55,0g
- Pour une mole de composé ,nous avons y moles d'atomes d'hydrogène ,soit une masse mH=1.xg et pour 100g de composé nous avons une masse mO=100-(55,0+8,92)=36,08g

| | Carbone | Hydrogène | Oxygène |
|---|---|---|---|
| Pour une mole | 12. x | 1.y | 16.z |
| Pour 100 grammes | 55,0 | 8,92 | 36,08 |

- Du fait de la proportionnalité entre les masses des divers éléments dans une mole et dans 100g ,nous pouvons écrire :

$$\frac{12x}{55,0}=\frac{y}{8,92}=\frac{16z}{36,08}=\frac{12x+y+16z}{55,0+8,92+36,08}=\frac{M}{100}=\frac{43,8}{100}=0,438$$

- Soit x le nombre d'atomes de carbone : $x=\mathbf{43,8}\times\frac{55}{1200}=\mathbf{2}$
- Soit y le nombre d'atomes d'hydrogène : $y=8,92\times0,438\approx4$
- Soit z le nombre d'atomes d'oxygène : $Z=\mathbf{36,08}\times\frac{0,438}{16}\approx\mathbf{1}$ d'où la formule est : $C_2H_4O$ .

La proportionnalité en Masse molaire est : $\frac{M_C}{\%C}=\frac{M_H}{\%H}=\frac{M_O}{\%O}=\frac{M_{CxHyO}}{100}$ et donne les relations suivantes : $\frac{m_C}{m_{CO2}}=\frac{M_C}{M_{CO2}}$ et $\frac{m_H}{m_{H2O}}=\frac{M_{H2}}{M_{H2O}}$

Autre cas : Détermination des composition centésimales d'un composé E

Pour un échantillon E de masse $m_E$ d'un composé identifier.Sa combustion complète dans le dioxygène produit du dioxyde de carbone de masse $m_{CO2}$ et de l'eau de masse $m_{H2O}$.

$$C_XH_YO_Z + (x+\frac{1}{4}Y-\frac{1}{2}Z)\,O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{Y}{2}H_2O$$

Les pourcentages en masse de chaque composé est :$n_C$=nombre de moles de carbone ;$n_H$=nombre de mole de l'hydrogène .De cette équation ci-dessus : $n_C=n_{CO2}$ et $n_H=2nH_2O$ d'où les relations suivantes :

$$\%\mathbf{C} = \frac{m_c}{m_E}.100 = \frac{n_c.M_c}{m_E}.100 = \frac{n_{CO2}.M_c}{m_E}.100 = \frac{12.n_{CO2}}{m_E}.100$$

$$\%\mathbf{C} = \frac{\mathbf{12}.\boldsymbol{m_{CO2}}}{\boldsymbol{m_E}.\boldsymbol{M_{CO2}}}.\mathbf{100}$$

*et*

$$\%\mathbf{H} = \frac{mH}{m_E}.100 = \frac{n_H.M_H}{m_E}.100 = \frac{n_H.M_H}{m_E}.100 = \frac{1\times 2n_{H2O}}{m_E}.100$$

$$\%\mathbf{H} = \frac{\mathbf{2}.\boldsymbol{m_{H2O}}}{\boldsymbol{m_E}.\boldsymbol{M_{H2O}}}.\mathbf{100}$$

N.B : Si le composé ne contient que des C,H et O alors : $\%\boldsymbol{O} = \mathbf{100} - (\%\boldsymbol{C} + \%\boldsymbol{H})$

Exercice d'application

La combustion complète de 0,358g d'un composé A formé de carbone et d'hydrogène et d'oxygène produit 0,851g de dioxyde de carbone et 0,435g d'eau.

a)Donne la composition centésimale de A.

b)Trouver la masse molaire de A sachant que sa densité d=2,55 .

c)En déduire la formule brute de A .

Réponses

a) %C=$\frac{12\times 0,851}{0,358\times 44}$.100=64,82 %H=$\frac{2\times 435}{0,358\times 18}$.100=13,50 et %O=100-(64,82+13,5)=21,68

b) M=$\frac{M}{29}$ M=73,95g.mol$^{-1}$

c) La formule de A est:

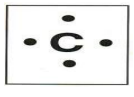
$\frac{12.X}{\%C}=\frac{74}{64,82}$= 4 ; $\frac{16Z}{21,68}$=0,74 ,Z=1 ↔ $C_4H_{10}O$

Exercice de maison : La caféine est formée des éléments C,H ,O et N. La composition centésimale est de :C :49,68% ;H :5,04% ;N :29,01%.La masse molaire connue à 5g.mol.$^{-1}$ près est 198g.mol$^{-1}$.Déterminer la formule brute de la caféine. Quelle est sa masse molaire exacte ?

On donne : $M_c$=12g.mol$^{-1}$ ;$M_O$=16g.mol$^{-1}$ ;$M_H$=1g.mol$^{-1}$ et $M_N$=14g.mol$^{-1}$

Réponses : %O=16,7% ; $\frac{12.x}{49,8}=\frac{Y}{5,04}=....=\frac{M}{100}$ ; $C_8H_{10}O_2N$ Masse molaire est M=194g/mol$^{-1}$

1.2.Le carbone

Le carbone de symbole C a pour numéro atomique Z=6. Sa structure électronique est $K^2L^4$ ;sa représentation de Lewis est : 

L'atome de carbone forme 4 liaisons de covalence pour satisfaire la loi de l'Octet. Le carbone est donc tétravalent.

1.3. La mise en évidence du carbone

Plusieurs procédés permettent d'obtenir le carbone : Par pyrolyse ou par la combustion

-Par pyrolyse ( Pyros=feu et Lyse=coupure) : La pyrolyse d'un composé est sa décomposition chimique lorsqu'il est porté à une très haute température.

L'équation générale de la pyrolyse des corps organiques :$C_XH_YO_Z \rightarrow XC + ZH_2O$

Exemple : Le sucre se fond pour donner le caramel et s'il est chauffé à fond, fait place à un résidu noir : c'est le carbone : $C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow 12C + 11H_2O$

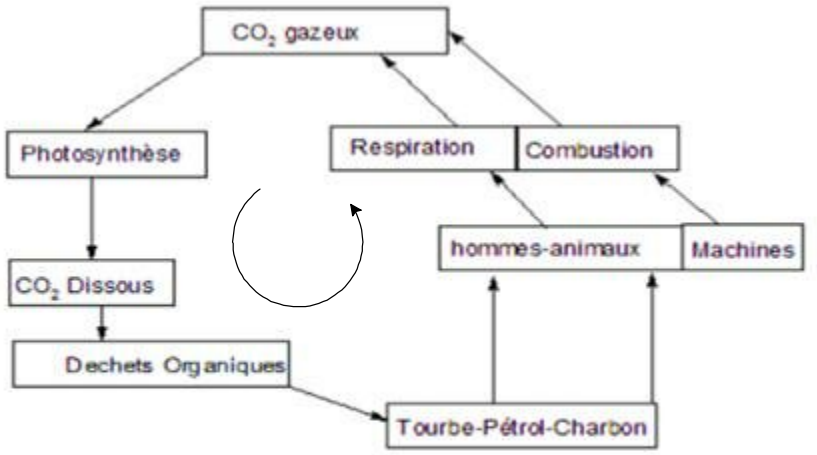
-Par combustion :La combustion d'une substance est sa réaction chimique avec le dioxygène accompagnée d'inflammation. La combustion peut être complète et produit dans ce cas du dioxyde de carbone Ou incomplète et produit du carbone :

$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$ Combustion **complète**

$CH_4 + O_2 \longrightarrow C + 2H_2O$ Combustion **incomplète**

## 1.4.Le cycle de carbone

Le carbone nécessaire à l'élaboration de la matière organique, provient essentiellement du $CO_2$ stocké dans l'atmosphère et dans les océans .La quantité de carbone disponible sur terre peut être considérée comme constante :certains processus vont générer le carbone (photosynthèse) d'autres vont le consommer (combustions ;respirations ;fermentations).Les divers transferts de matières mettant en jeu l'élément c
carbone constitue le cycle du carbone.




Cycle de carbone

## 2.1. Les alcanes

### 2 .1.1.Définition

Un alcane est un hydrocarbure saturé dont la carbonée est ouverte .La formule générale des alcanes est : $C_nH_{2n+2}$

### 2.1.2. Formation des chaines carbonées

Un atome de carbone peut se lier non seulement à des atomes d'hydrogène mais aussi à d'autres atomes de carbone et constituer ainsi une liaison de covalence C-C ou C-H.

### a)Le méthane

La molécule de méthane a pour formule $CH_4$.Quatre atomes H avec chacun un singulet et un atome de carbone formant ainsi quatre liaisons de covalence. Chaque atome d'hydrogène est entouré de deux électrons et l'atome de carbone de quatre doublets, vérifiant ainsi la règle de l'octet.

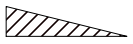


- Géométrie de la molécule

Cette représentation ne donne pas une image fidèle de la molécule de méthane car cette dernière est tétraédrique.
Les quatre atomes d'hydrogène formant un tétraèdre régulier (solide dont chaque face est un triangle équilatéral) et le centre de ce tétraèdre est occupé par l'atome de carbone.

- La longueur de la liaison C-H est de 110pm avec pm=$10^{-12}$m.
- Les quatre directions C-H sont disposées à 109° les urnes par rapport aux autres.

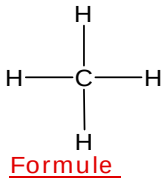
- La Convention de CRAM

 :représente une liaison en arrière du plan

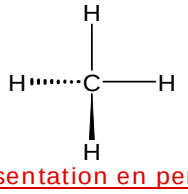
:représente une liaison en avant du plan

 :représente une liaison dans le plan

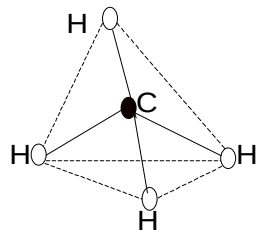
- Les Représentations




Formule développée



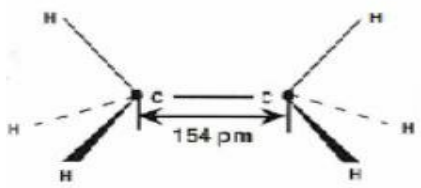

Représentation en perspective



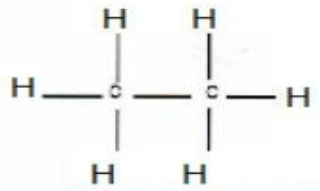

Représentation spatiale:Strucutre tétradrique

## b-L 'éthane

La formule brute de l'éthane est $C_2H_6$ et sa formule semi-développée $CH_3$-$CH_3$



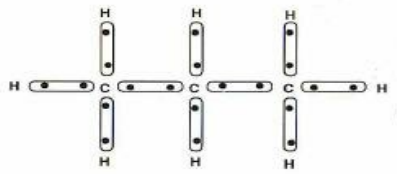

Représentation en perspective

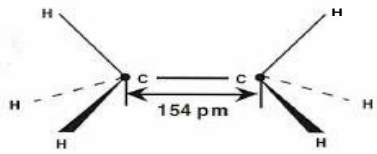


Formule développée

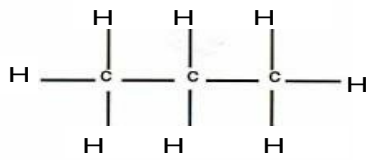
## c- Le propane

La construction de la molécule se fait de la même façon mais avec trois atomes de carbone. Le propane répondant à la formule brute $C_3H_8$ et à la formule semi-développée : $CH_3$-$CH_2$-$CH_3$






Représentation en perspective

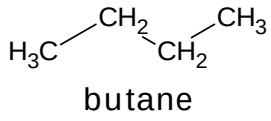


Formule développée

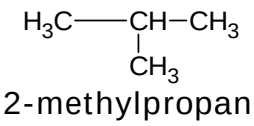
## d- Le butane et son isomère

La formule brute du butane est $C_4H_{10}$ et sa formule semi-développée est : $CH_3$-$CH_2$-$CH_2$-$CH_3$

A partir du butane, on peut déterminer plusieurs formules développées correspondant à une seule formule brute appelée isomères (dont le butane ramifié est Isobutane ) de formule semi-développée :



butane



2-methylpropane

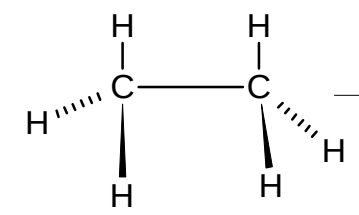
## 2.1.3. La libre rotation

Les deux atomes de carbone sont liés par une liaison ayant une symétrie de révolution autour de l'axe constitué par les deux atomes de carbone. Le groupe $CH_3$ peut donc librement tourner autour de l'axe constitué par la liaison.

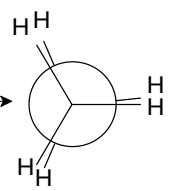
Dans une molécule d'alcane, il y a libre rotation autour de toute liaison C-C, pour cela on obtient des deux conformations : éclipsée et décalée représentée en projection de Newman.

Exemple

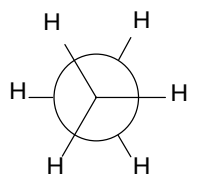
**Les deux conformations de $C_2H_6$**



Représentation en (CRAM) perspective de $C_2H_6$



Représentation de newman de la conformation **Eclipséé**



Représentation de newman de la conformation **decalée** ou **étoilée**

## 2.2.1. Nomenclature des alcanes

### a)Alcanes à chaine linéaire

Une chaine carbonée est linéaire ou simple si chaque atome de carbone est lié à 2 autres atomes de carbone. La présence de la terminaison « ane » dans le nom d'un composé caractérise un alcane.

Exemples :Méthane(1) ;Ethane(2) ;Propane(3) ;Butane(4) ;Pentane(5) ;Hexane(6) ;Heptane(7) ;Octane(8) ...

b) Cas des alcanes à chaines ramifiéeDans les composés précités, nous pouvons mettre en évidence au niveau de la molécule des groupements d'atomes qui portent le nom d'alkyle et ces derniers vont jouer un grand rôle dans la dénomination de ces composés.

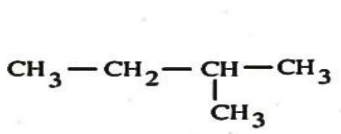
| Alkyles | méthyle | éthyle | Propyle | isopropyle | Butyle |
|---|---|---|---|---|---|
| Groupes | $CH_3$- | $CH_3$-$CH_2$- | $C_3H_7$- | $(CH_3)_2CH$- | $C_4H_9$- |

Nomenclature des alcanes

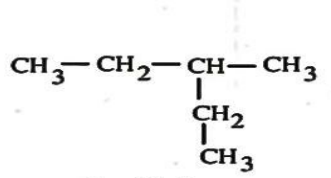
Pour donner le nom d'un alcane à chaine ramifiée ; on applique les règles suivantes :

- a-Rechercher la chaîne carbonée la plus longue, elle donnera au composé le nom de l'alcane correspondant.
- b-Numéroter les atomes de carbone de cette chaîne soit les atomes 1,2,3,4 ;...
- c-Repérer les groupes alkyles et leurs places sur la chaine.
- d-Décrire le nom de composé en un seul mot en plaçant les noms des substituants par ordre alphabétique et en précisant le numéro du carbone auquel il est rattaché.
- e -Utilisé le préfixe di ;tri ;tétra si le même substituant apparait 2 ;3 ; 4 ... fois .
- f-séparer deux nombres par une virgule ; un nombre et une lettre par un tiret.
- g-Dans la dénomination le groupe alkyle perd son « e »

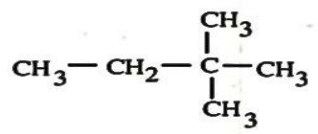
Exemple: Donnons les noms des composés suivants :



2-méthylbutane



3-méthylpentane



2,2-diméthylbutane

NB :L'ordre alphabétique détermine l'ordre des groupes alkyles(butyl ;éthyl ;méthyl ;propyl)

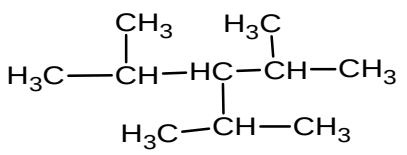
Exercice d'application :

1)Ecrire la formule semi-developpée de :

a)2,4-dimethylhexane ; b)5-éthyle, 2-methyloctane c) 1,1,2-trichloropropane

d)1 ;4-dibromo-2-méthylbutane e)1-éthyl-3-méthylcyohexane

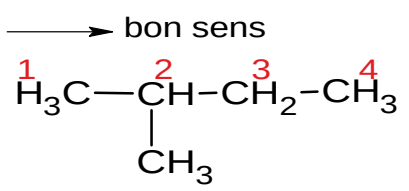
2)Le nom de la molécule



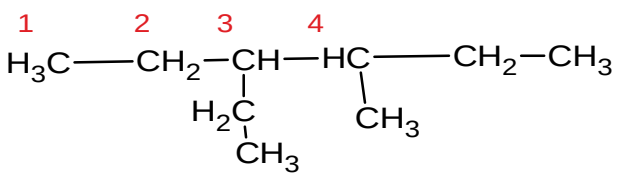
2,4-dimethyl-3-(propan-2-yl)pentane

Remarque

- Le sens de numérotation est important car les groupes alkyles doivent toujours se trouver sur un carbone de petit rang(ici 2 ).
- Si la numérotation était 4 ;3 ;2 ;1 le groupe méthyle aurait été sur le carbone 3 ;ce qui n'est pas valable.
- Lorsque des groupes alkyles sont à égal distance, le sens sera déterminé par l'ordre alphabétique.




**2-methylbutane**

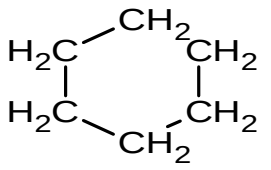


**3-ethyl-4-methylhexane**

Autres cas : Les cycloalcanes ou cyclanes ont une formule brute générale ($C_nH_{2n}$).

On ajoute le préfixe cyclo au nom de l'alcane linéaire ayant le même nombre d'atomes de carbone.

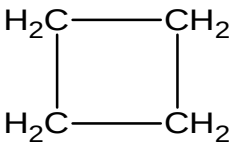
Exemple :Le cyclohexane



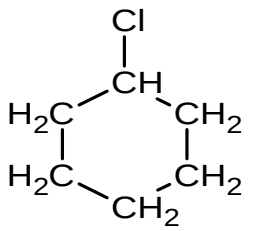
cyclohexane

Exercice d'application : Ecrire la formule semi-développée du :
cyclobutane ;1-Chlolocyclohexane.

Réponses



cyclobutane



chlorocyclohexane

## 2.2.2 PROPRIETES DES ALCANES

### 2.2.2.1 Propriétés physiques

Les quatre premiers alcanes sont gazeux ; les suivants sont liquides et au-delà d'une quinzaine d'atomes de carbone dans la molécule sont solides.

Les isomères ramifiés ont une température d'ébullition inférieure à celle de l'alcane linéaire à même nombre d'atomes de carbone. Tous les alcanes sont insolubles dans l'eau.

### 2.2.2.2 Combustions des alcanes

La combustion complète d'un alcane produit de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone et s'accompagne d'une forte libération d'énergie thermique .Pour le méthane : 890kJ

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$$

Si les proportions sont respectées le mélange détonne après l'approche d'une flamme. Ce phénomène est à la base des coups de « grisou » dans les mines de charbon.

L'équation chimique générale de la combustion complète d'un alcane est donnée par la formulation suivante :

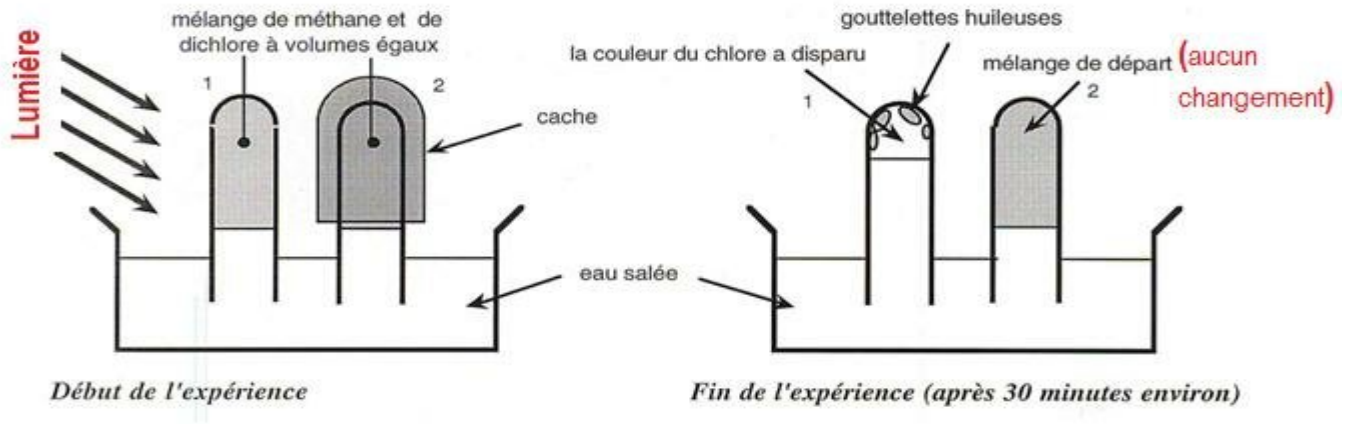
$$C_nH_{2n+2} + \frac{3_n+1}{2}\,O_2 \rightarrow n\,CO_2 + (n+1)\,H_2O$$

## 3.Réactions de substitution sur les alcanes

### 3.1.Chloration du méthane

#### a)Expérience

Un mélange à volume égaux de dichlore et de méthane est exposé à la lumière du jour.




- OBSERVATION

On observe à la fin de l'expérience dans l'éprouvette1 :

- une ascension de l'eau salée
- la disparition de la couleur jaune-vert du dichlore et
- l'apparition de gouttelettes huileuses sur les parois, tandis que dans l'éprouvette 2 aucune réaction ne s'est produite.

- INTERPRETATION

L'analyse chimique montre qu'il s'est formé quatre dérivés :

Le chlorométhane (gaz) : $CH_3Cl$, le dichlorométhane (liquide) $CH_2Cl_2$, le trichlorométhane (liquide) :$CHCl_3$ et le tétrachlorométhane (liquide) $CCl_4$ .

Dans la réaction chimique, décrite ci-dessus un atome a été remplacé par un autre ,ici les atomes de chlore se substituent à ceux d'hydrogène. Une telle réaction est dite de substitution.

On peut écrire les équations-bilan suivantes :

$$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl \quad * \quad CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl_2 + HCl$$

$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow CHCl_3 + HCl \quad * \quad CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow CCl_4 + HCl$$

Conclusion :Le chlorure d'hydrogène HCl se dissolvant dans l'eau de la cuve rend le milieu acide et ,on assiste à l'ascension du liquide. La lumière est donc nécessaire à cette réaction dite photochimique car elle apporte l'énergie de démarrage.

b) Bromation des alcanes

L'opération de Bromation des alcanes se fait bien sûr avec le brome Br ,un liquide rouge très volatil et toxique cette réaction est aussi une substitution avec d'obtention d'un gaz le bromure d'hydrogène ( HBr)

Exemple de la Bromation de l'heptane : $C_7H_{16} + Br_2 \rightarrow C_7H_{15}Br + HBr$

Exercice d'application : Donner les noms des formules suivantes :



3-Bromo,1-chloro,3-méthylpentane



1,1-dichloro,2,3,3-Trifluorobutane

c) Applications

Les réactions de combustion des alcanes ont un intérêt pratique et économique considérable.

Les alcanes peuvent subir des réactions de substitution comme la chloration, la Bromation ainsi que la fluoration .Ces dérivés interviennent dans la fabrication des solvants, des gaz propulseurs d'aérosols ; fluides (dans les réacteurs) ; le fréon des réfrigérateurs etc...Il faut noter que ces dérivés surtout les fréons provoquent la diminution de la couche d'ozone qui nous protège des rayons ultraviolets du soleil, en favorisant la transformation de l'ozone en dioxygène.

Pour cette raison leur utilisation est très réglementée et de nombreux pays interdisent l'emploi de félon comme gaz propulseur d'aérosol, en leur préférant le diazote.