

Niveau : 1<sup>ères</sup> CDE

Discipline : PHYSIQUE-  
CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE



THEME: CHIMIE ORGANIQUE

## TITRE DE LA LEÇON: LE BENZÈNE

### I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève de première D5 au L.M. d'Abengourou, très en retard se rend au CDI pour attendre le prochain cours. Il découvre au cours de ses lectures dans un magazine ceci : « Les hydrocarbures aromatiques doivent leur qualificatif à leurs odeurs fortes et caractéristiques. Leur exemple type est le benzène. Son utilisation sans masque est formellement interdite ».

De retour en classe, il partage l'information avec ses camarades de classe.

Ensemble, élèves décident sous la supervision de leur professeur, de s'informer sur le benzène, d'écrire les formules brutes et les formules développées d'autres composés aromatiques et d'exploiter les équation-bilans de quelques-unes des réactions chimiques.

### II. CONTENU DE LA LEÇON

#### 1. Structure de la molécule de benzène

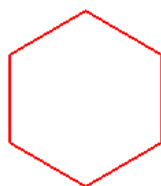
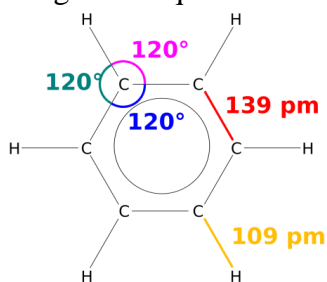
Le benzène est un hydrocarbure insaturé de formule brute  $C_6H_6$ .

À la température ordinaire, c'est un liquide incolore, assez volatil, d'odeur très forte.

Le benzène est un produit toxique et cancérigène donc très dangereux.

Il n'est pas miscible à l'eau. Sa densité est 0,88.

Sa structure géométrique est celle d'un hexagone régulier :

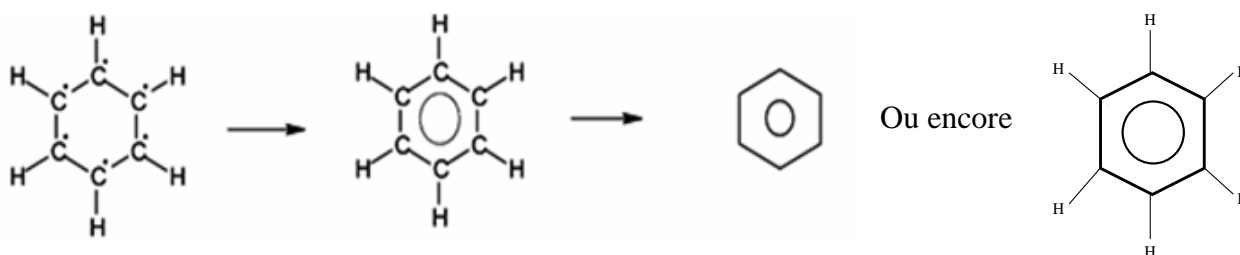


- La chaîne carbonée est **cyclique** : les atomes de carbone sont situés au sommet d'un hexagone régulier.
- La molécule de benzène est **plane** : tous les atomes du benzène sont situés dans le même plan.
- Les angles :  $\widehat{HCC} = \widehat{CCC} = 120^\circ$
- Les longueurs des liaisons :  $L_{C-H} = 110 \text{ pm}$ ;  $L_{C-C} = 140 \text{ pm}$ .

#### 2. Noyau benzénique

Dans la molécule de benzène chaque atome de carbone engage ses trois électrons dans les liaisons carbone-carbone et carbone-hydrogène : il y a un électron qui n'est pas engagé dans une liaison. Globalement six électrons sont disponibles et sont mis en commun pour former un nuage

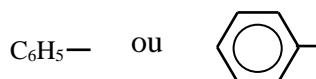
électronique s'étendant sur l'ensemble du cycle carboné. On dit que le nuage électronique formé par les six électrons est « délocalisé » sur les atomes de carbones constituant le cycle. L'ensemble des six atomes de carbone ainsi liés est appelé noyau benzénique.



**Remarque :**

Tout composé organique comportant au moins un noyau benzénique (ou aromatique) est appelé **composé aromatique**. Exemple : le benzène.

Lorsqu'on enlève un atome d'hydrogène au benzène, on obtient le groupe **phényl**.



**3. Autres composés aromatiques**

**3.1. Le phénol**

C'est un composé aromatique de formule brute  $C_6H_6O$ .

C'est un solide blanc à la température ordinaire.

Sa formule semi-développée est :  $C_6H_5 - OH$



Le phénol est utilisé dans la synthèse des résines, des matières plastiques, des insecticides, des explosifs, des colorants, des détergents et comme matière première dans la production de médicaments, tels que l'aspirine.

**3.2. Le styrène**

C'est un composé aromatique de formule brute  $C_8H_8$ .

Il est liquide à 20 °C et sous une pression de 1 atm. et est incolore.

Il est encore appelé **phényléthylène**.

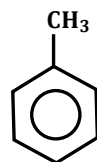
Sa formule semi développée est :  $C_6H_5 - CH = CH_2$



Le styrène est utilisé dans la synthèse des matières plastiques. (Exemple: le polystyrène).

**3.3. Le toluène**

Le toluène, appelé aussi **méthylbenzène**, est un composé aromatique liquide de formule brute  $C_7H_8$ .



Sa formule semi développée est :  $C_6H_5 - CH_3$  ou

Le toluène est très utilisé comme solvant ; il remplace en général le benzène, beaucoup plus toxique.

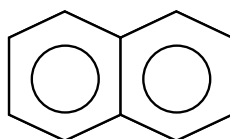
### 3.4. Le naphthalène

C'est un composé aromatique de formule brute  $C_{10}H_8$ .

C'est un solide blanc.

Sa molécule comporte deux noyaux benzéniques accolés par un côté.

Sa formule semi développée est :



On l'appelle communément naphthaline.

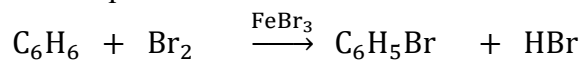
C'est un insecticide. Il est utilisé comme antimites.

## 4. Propriétés chimiques du noyau benzénique

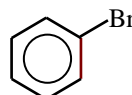
### 4.1. Réaction de substitution

#### 4.1.1. Bromation du benzène

En présence de catalyseur comme le bromure de fer III ( $FeBr_3$ ), le dibrome agit sur le benzène pour donner du **bromobenzène** selon l'équation :



Benzène

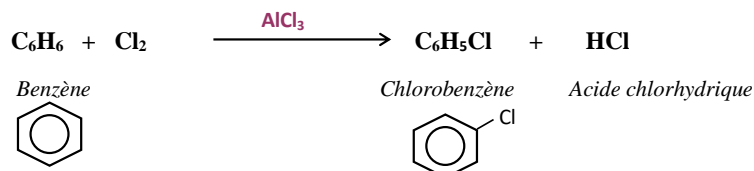


Bromobenzène

**N.B.** : Si le dibrome est en excès, on a une double substitution : on obtient le dibromobenzène.

#### 4.1.2. Chloration du benzène

Le dichlore agit sur le benzène, en présence de catalyseur comme le chlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ), pour donner du **chlorobenzène** selon l'équation :

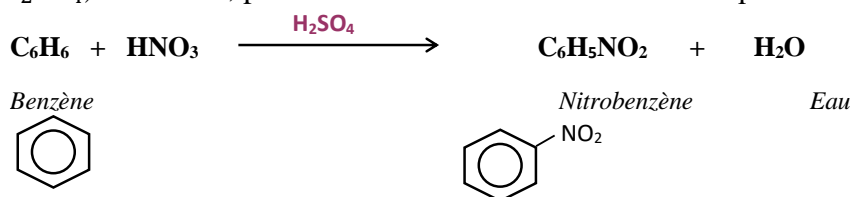


**N.B.** : Cette réaction se fait en l'absence de lumière pour plutôt éviter une réaction d'addition.

Si le dichlore est en excès, on a une double substitution :  $C_6H_5Cl + Cl_2 \rightarrow HCl + C_6H_4Cl_2$

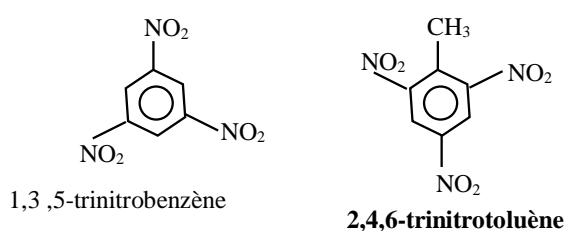
### 3.2.3 Nitration du benzène

L'acide nitrique (concentré) ( $HNO_3$ ) réagit sur le benzène, en présence de catalyseur comme l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) concentré, pour donner du nitrobenzène selon l'équation :



Si on laisse augmenter la température, on obtient le 1, 3 – dinitrobenzène et le 1, 3, 5 – trinitrobenzène (qui est un explosif)

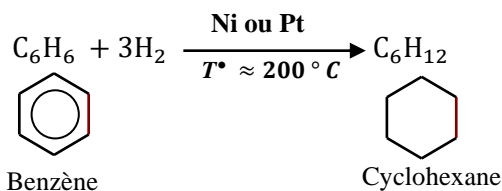
Dans les mêmes conditions, on peut obtenir, à partir du toluène, le trinitrobenzène, qui est un **explosif** connu sous le nom de T.N.T.



## 4.2. Réaction d'addition

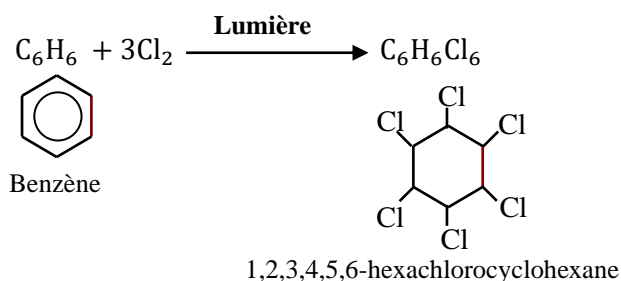
### 4.2.1. Addition du dihydrogène

Le dihydrogène agit sur le benzène, (*vers 200 °C et sous une pression de 40 bars*), en présence de catalyseur comme le nickel (Ni) ou le platine (Pt) divisés pour donner le **cyclohexane** selon l'équation :



### 4.2.2. Addition du dichlore

Le dichlore agit sur le benzène, en présence de lumière pour donner le **1, 2, 3, 4, 5, 6 – hexachlorocyclohexane** selon l'équation :



### Remarque :

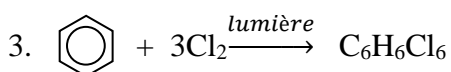
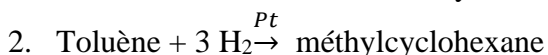
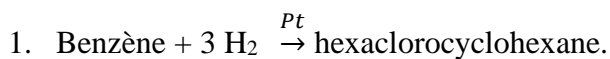
- Les réactions d'addition détruisent le noyau benzénique. Ainsi les produits obtenus ne sont pas des composés aromatiques bien qu'étant cycliques. On obtient en effet des molécules cycliques, saturées et non planes.
- Les réactions d'addition se font en une seule étape : c'est l'**addition en bloc**.

### Activité d'application

Complète les équations-bilans des réactions suivantes :



### **Solution**



### **5. Isomérisie ortho, méta et para**

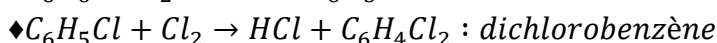
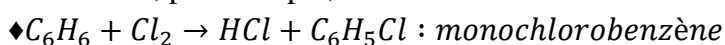
Dans le cas d'une double substitution, on obtient plusieurs isomères :

L'isomère 1,2 ou **ortho**,

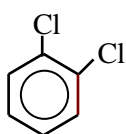
L'isomère 1,3 ou **méta**,

L'isomère 1,4 ou **para**,

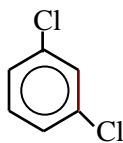
Dans le cas, par exemple, de la double substitution avec le dichlore, on a :



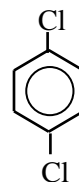
Le chlorobenzène compte trois isomères qui sont :



1,2 - dichlorobenzène  
ou  
**orthodichlorobenzène**



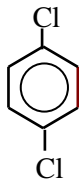
1,3-dichlorobenzène  
ou  
**métadichlorobenzène**



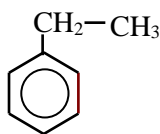
1,4-dichlorobenzène  
ou  
**paradichlorobenzène**

### Activité d'application

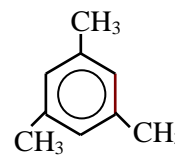
Nomme les composés suivants :



**A**



**B**



**C**

### **Solution**

A: paradichlorobenzène ; B: éthylbenzène ; C: 1,3,5-triméthylbenzène

### Situation d'évaluation

Au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur de Physique Chimie de la classe de 1<sup>ère</sup> D du L.M.Y.A. verse quelques gouttes de benzène dans un flacon contenant 750 mL de dichlore. Il expose le flacon à la lumière et on observe l'apparition de fumées blanches (montrant qu'une réaction a lieu).

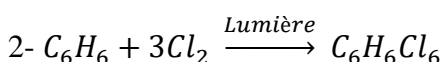
Données : - Volume molaire :  $V_m = 25 \text{ L/mol}$

- Masse molaire atomique en g/mol : C = 12 ; H = 1 ; Cl = 35,5.

- 1- Donne la nature de la réaction qui s'est produite.
- 2- Ecris l'équation-bilan de cette réaction puis nomme le produit obtenu.
- 3- Calcule la masse de benzène nécessaire pour que la réaction soit totale.

### **Solution**

1- C'est une réaction d'addition.



3-Masse de benzène nécessaire pour que la réaction soit totale.

$$m = M \cdot \frac{V_{Cl_2}}{3V_m} ; \quad m = 78 \times \frac{0,750}{25 \times 3} = 0,78 \text{ g}$$

## III. EXERCICES

### Exercice 1

Un hydrocarbure aromatique, ne possédant pas de liaisons multiples dans sa chaîne carbonée, a pour densité en phase gazeuse  $d = 3,65$  dans les conditions normales de température et de pression (CNTP).

1-Détermine :

- 1-1. sa masse molaire ;
- 1-2. sa formule brute.

2-Donne les noms des isomères de ce composé aromatique.

### **Solution**

1- 1.1 Masse molaire :  $M = 29d = 105,85 \text{ g/mol}$

1.2 Formule brute :  $C_6H_5-C_nH_{2n+1}$

$$M = 78 + 14n, \quad n = 2 ; \text{ sa formule brute est donc : } C_8H_{10}$$

2- Nom des isomères de ce composé :

Ethylbenène ; orthodiméthylbenzène ; métadiméthylbenzène ; paradiméthylbenzène

### Exercice 2

1. Un mélange gazeux toluène- dichlore est exposé à la lumière vive. Il se forme un seul produit, qui est un dérivé monochloré du toluène, et du chlorure d'hydrogène.

- 1.1. Donne le type de réaction qui se produit.
- 1.2. Écris l'équation- bilan de la réaction.

2. En présence de chlorure d'aluminium, on fait barboter du dichlore dans du toluène liquide et on obtient trois composés monochlorés, en proportions différentes, ainsi que du chlorure d'hydrogène.

- 2.1. Donne le type de réaction qui se produit.

2.2. Écris l'équation- bilan de la réaction.

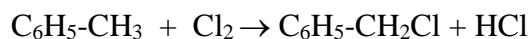
2.3. Donne les formules développées et les noms des produits obtenus.

### Solution

1.

1.1. C'est une substitution sur la chaîne latérale (dégagement de HCl).

1.2. Il agit de la chloration sur la chaîne latérale :

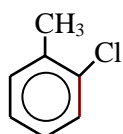


2.

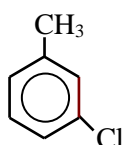
2.1. Il s'agit de la substitution sur le noyau benzénique (catalyse  $\text{AlCl}_3$ )

2.2.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_4\text{Cl-CH}_3 + \text{HCl}$

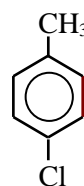
2.3. On obtient les trois chlorotoluène : ortho, méta et para



orthochlorotoluène



métachlorotoluène



parachlorotoluène

### Exercice 3

On réalise la réaction de substitution du dibrome sur le benzène. Soit  $n$  le nombre d'atomes de Br fixés par molécule de benzène. Lors de cette réaction, on obtient essentiellement un composé A contenant 51 % en masse d'élément brome. On donne : masses molaire en  $\text{g. mol}^{-1}$  de Br : 80.

1. Donne :

1.1. La formule brute du composé obtenu en fonction de  $n$ .

1.2. Sa masse molaire en fonction de  $n$ .

2. Détermine la formule brute et le nom de A.

Masses molaire en  $\text{g. mol}^{-1}$  : Br : 80.

### Solution

1.

1.1.  $n$  atomes de brome (Br) remplacent  $n$  atomes d'hydrogène (H) de la molécule de benzène ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ).

A a donc pour formule brute  $\text{C}_6\text{H}_{6-n}\text{Br}_n$ .

1.2. La masse molaire de A est :  $M = (78 + 79.n) \text{ g. mol}^{-1}$ .

$$2. \frac{M}{100} = \frac{80.n}{\% \text{ Br}} \Leftrightarrow \frac{78+79.n}{100} = \frac{80n}{51} \Rightarrow n = 1$$

La formule brute de A est donc  **$\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$** . C'est le **bromobenzène**.

Il s'agit d'une monobromation car un seul atome d'hydrogène est remplacé par un atome de brome.

#### Exercice 4

Afin de faire un peu d'histoire, votre professeur de Physique-Chimie vous apprend que le benzène est une molécule qui a été isolée pour la première fois dans une usine où l'on procédait à la pyrolyse de la houille. Il vous demande par la suite d'étudier la combustion de  $5\text{cm}^3$  de benzène contenu dans la houille.

La masse volumique du benzène est  $\rho=0,88\text{g/cm}^3$ .

Le volume molaire  $V_m=24\text{ L/mol}$ ,  $M_C = 12\text{g.mol}^{-1}$  et  $M_H = 1\text{g.mol}^{-1}$ .

1. Explique pourquoi la flamme est fuligineuse lorsqu'on fait la combustion du benzène à l'air libre.
2. Écris l'équation-bilan de la combustion complète du benzène.
3. Détermine :
  - 3.1 la masse de benzène utilisé ;
  - 3.2 le volume de dioxygène nécessaire.

#### **Solution**

1. La combustion est incomplète, défaut de dioxygène dans l'air.
2.  $\text{C}_6\text{H}_6 + \frac{15}{2} \text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
3. 3.1  $m = \rho \times V \rightarrow m = 0,88 \times 5 = 4,4\text{g}$   
3.2  $V = \frac{m}{\rho} \times \frac{V_m}{M} \rightarrow V = 4,06\text{L}$

#### Exercice 5

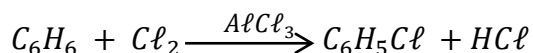
Au cours d'une séance de travaux pratiques de chimie, un groupe d'élèves de la 1<sup>ère</sup> D réalise la monochloration du benzène, en présence de chlorure d'aluminium  $\text{AlCl}_3$ . Cette réaction est conduite de telle sorte que son rendement par rapport au benzène est de 80% à partir de 3,0 g de benzène. Ayant des difficultés pour déterminer la quantité de matière du monochlorobenzène, ces élèves sollicitent ton aide.

Donnée\_: La masse molaire moléculaire du benzène est  $78\text{ g.mol}^{-1}$ .

1. Écris l'équation bilan de la réaction.
2. Détermine la masse de benzène qui a réagi.
3. En déduis la quantité de matière de monochlorobenzène obtenu.

#### **Solution**

1. Équation bilan de la réaction



2. Détermination la masse de benzène qui a réagi

Rendement  $r$  est tel que :

$$r = \frac{n_b(\text{réagi})}{n_b(\text{initial})} \times 100 = \frac{m_b(\text{réagi})}{m_b(\text{initial})} \times 100$$

$$\Rightarrow \boxed{m_b(\text{réagi}) = \frac{r \times m_b(\text{initial})}{100}} = \frac{80 \times 3}{100} = 2,4\text{g}$$

3. Déduction de la quantité de matière de monochlorobenzène

D'après l'équation bilan, on a :

$$\frac{n_b(\text{réagi})}{1} = \frac{n}{1} \Rightarrow n = n_b(\text{réagi}) \Rightarrow \boxed{n = \frac{m_b(\text{réagi})}{M_b}} = \frac{2,4}{78} = 0,031\text{ mol}$$



## IV. DOCUMENTATION

### Un peu d'histoire

En 1825, le scientifique britannique Michael Faraday isole, dans le liquide résiduel du fond des bouteilles d'éclairage, un composé qu'il nomme « *bicarburet of hydrogen* ». Il le caractérise, déterminant son point d'ébullition (80 °C), son point de fusion (5,5 °C), les proportions massiques de carbone et d'hydrogène (12:1) et testant sa réactivité avec différents réactifs, tels que le dichlore, le diiode, le potassium, l'acide nitrique et l'acide sulfurique.

La première synthèse du benzène revient au chimiste allemand Eilhard Mitscherlich qui le produit en 1833 par réaction de l'acide benzoïque et de la chaux. Mitscherlich baptise ce composé « *benzin* » en référence à la gomme benjoin, dont il a extrait l'acide benzoïque, mais l'éditeur Liebig lui préfère le nom « *benzol* », la terminaison -ol faisant référence à l'huile (*Öle* en allemand) ; le composé sera finalement dénommé « *Benzol* » en allemand, mais « benzène » en français et « *benzene* » en anglais. Le chimiste français Auguste Laurent propose de son côté le nom « phène » (du grec ancien φαίνω / *phainô*, « j'éclaire »), le composé étant issu du gaz d'éclairage ; cette racine restera dans le nom du radical phényle et dans celui de l'alcool dérivé, le phénol.

En 1845, le chimiste britannique Charles Mansfield, travaillant sous la direction d'August Wilhelm von Hofmann, l'isole dans le goudron de houille. Quatre ans plus tard, il lance la première production de benzène à l'échelle industrielle à partir de goudron de houille.

Marcellin Berthelot le synthétise à son tour en 1868 par trimérisation de l'acétylène

Source:

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Benz%C3%A8ne#:~:text=Il%20appartient%20%C3%A0%20la%20famille,volatile%20tr%C3%A8s%20inflammable%20et%20canc%C3%A9rog%C3%A8ne.>

### Quelques précautions à prendre avec le benzène

La combustion incomplète de composés riches en carbone produit du benzène. Ainsi les volcans ou les feux de forêt en produisent. Mais la majeure partie du benzène est issu de l'industrie pétrochimique qui le produit notamment par vapocraquage ou par reformage catalytique (déshydrogénation ou déshydroisomérisation).

Le benzène est inflammable et toxique. Classé cancérigène par l'Union européenne, son inhalation peut occasionner des somnolences, des vertiges, une accélération du rythme cardiaque, des maux de tête, des tremblements et, au pire, une perte de connaissance. Et lorsque le taux de benzène inhalé est élevé, il peut même entraîner la mort. Ainsi l'usage du benzène est strictement encadré. En France, par exemple, il est interdit de commercialiser des produits contenant plus de 0,1 % de benzène. Seule exception : les carburants qui peuvent en contenir jusqu'à 1 %.

Source: <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-benzene-5891/>