

**LE BENZENE**  
**ET LES COMPOSES AROMATIQUES**

# SOMMAIRE

DEDICACES

REMERCIEMENTS

PREREQUIS.....	5
OBJECTIFS SPECIFIQUES.....	5
PLAN.....	6
DEROULEMENT POSSIBLE.....	7
INTRODUCTION.....	7
I ) LE BENZENE.....	7
II) REACTIVITE DU BENZENE.....	9
III) LES COMPOSES AROMATIQUES.....	15
IV) UTILITE DU BENZENE ETDES COMPOSES AROMATIQUES.....	16
CONCLUSION.....	17
EVALUATION.....	18
CORRECTION DE L'EVALUATION.....	20
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	23

# INTRODUCTION

Les composés aromatiques sont des composés cycliques formés à partir du benzène et de ses dérivés. Le benzène est un carbure d'hydrogène liquide vendu parfois dans le commerce sous le nom de benzine. Il est peu abondant dans la nature. On le trouve en faible quantité dans certains pétroles. C'est un produit industriel très important ; ses nombreux dérivés trouvent des applications aussi bien dans le domaine des insecticides que dans ceux des fibres textiles synthétiques, des produits pharmaceutiques, des détergents, des explosifs... On le prépare à partir des pétroles ou des houilles.

Dans ce document nous allons aussi étudier leur structure et leurs applications.

Pour mener à bien cette étude nous allons procéder comme suit :

- Dans la première partie de cette fiche pédagogique, nous allons d'abord énumérer les pré-requis. Ensuite vont suivre les objectifs spécifiques. Enfin nous allons élaborer un plan.
- La deuxième partie sera essentiellement constituée des différentes séquences de la leçon, des activités des élèves, de celles du professeur et des traces écrites.
- Enfin la troisième partie sera constituée de l'évaluation suivie de sa correction. Les références bibliographiques mettront fin à ce document.

<b>C 4</b>	<b>LE BENZENE ET LES COMPOSES AROMATIQUES</b>	<b>3H</b>	<b>1<sup>ère</sup>s</b>
------------	---	-----------	-------------------------

### Pré requis

- Liaison covalente
- Réactions d'addition
- Réactions de substitution
- Couche de valence

### Objectifs spécifiques

Au terme de cette leçon l'élève doit être capable de :

- Rappeler la structure de la molécule de benzène.
- Ecrire les équations bilan des différentes réactions d'addition et de substitution
- Citer les noms des trois dérivés disubstitués du benzène
- Citer quelques composés à noyau aromatique.
- Prendre des mesures de sécurité pour la manipulation du benzène et des dérivés nitrés

# **PLAN**

**Introduction**

**I) Le benzène**

**I-1) structure de la molécule du benzène**

**I-2) Propriétés physiques du benzène**

**I-3) Propriétés chimiques du benzène**

**II) Réactivité du benzène**

**II-1) Réactions d'addition sur le benzène**

**II-1-1) Addition du dihydrogène**

**II-1-2) Addition du dichlore**

**II-2) Réactions de substitution**

**II-2-1) Chloration du benzène**

**II-2-2) Nitration du benzène**

**II-2-3) Sulfonation du benzène**

**II-2-4) Alkylation du benzène**

**III) les composés aromatiques**

**III-1) Exemples de composés aromatiques**

**IV) Utilité du benzène et des composés aromatique s**

**Conclusion**

# DÉROULEMENT

## POSSIBLE

## NOTES DE COURS

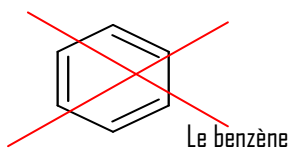
### Introduction du titre de la leçon :

**Question :** Rappeler la formule des alcanes, des alcènes et des alcynes.

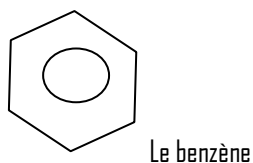
**Réponse attendue :**  $C_nH_{2n+2}$ ,  $C_nH_{2n}$  et  $C_nH_{2n-2}$  avec n un nombre entier naturel

**Question :** Rappeler la formule semi-développé et le nom du composé de formule brute  $C_6H_6$

**Réponse attendue :**



N'existe pas



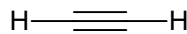
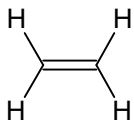
### Introduction

Parmi les composés organiques, un groupe de composés particulièrement importants est constitué par les composés aromatiques. Le terme aromatique leur a été attribué du fait de leur très forte odeur. Leurs molécules, insaturées, possèdent une structure et des propriétés particulières

Ces corps se prêtent non seulement à des réactions d'addition mais surtout à des réactions de substitution, malgré leurs insaturations.

**Question :** Rappeler la structure de l'éthylène et de l'acétylène.

**Réponse attendue :**



**Commentaire :** les liaisons carbone-carbone du benzène sont différentes de celles des alcanes, de celles des alcènes et de celles des alcynes.

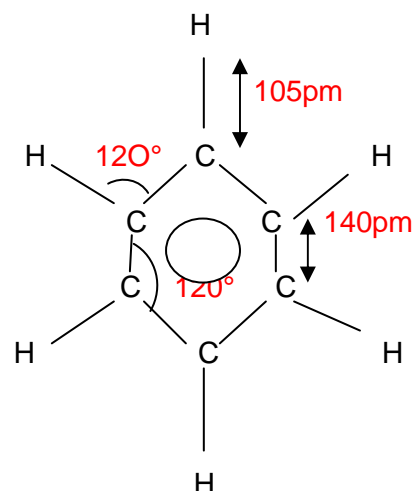
## 1) Le benzène

### I-1) Structure de la molécule du benzène

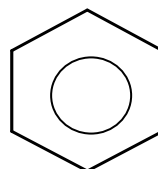
Des méthodes physiques telles que les rayons X ont permis de déterminer la structure de la molécule de benzène :

- C'est une molécule plane ; les centres des noyaux des douze atomes se trouvent dans un même plan.
- La chaîne carbonée est cyclique
- Les longueurs des liaisons carbone-carbone sont égales et mesurent 140pm. La chaîne carbonée forme donc un hexagone régulier
- Les longueurs des liaisons carbone- hydrogène sont égales et mesurent 105pm.
- Tous les angles de liaison sont égaux à 120°.

On représente schématiquement la molécule de benzène par la formule :



Ou par convention :



### Remarque

Le nuage électronique délocalisé explique la réactivité particulière du benzène

### **I -2) Propriétés physiques du benzène**

Le benzène, à la température de 20°C et à la pression atmosphérique, est un liquide incolore avec une odeur assez forte. Sa densité par rapport à l'eau est 0.9. Sa température de fusion est égale à 5.5°C et sa température d'ébullition est de 80.1°C. Le benzène n'est pas miscible à l'eau. C'est un solvant de nombreux corps tant minéraux (l'iode,...) qu'organiques (les graisses,...).

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

**Question :** qu'est ce qu'une liaison covalente ?

**Réponse attendue :** c'est la mise en commun de deux électrons célibataires par deux atomes.

### **I-3) Propriétés chimiques du 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 benzène.



## II) Réactivité du benzène

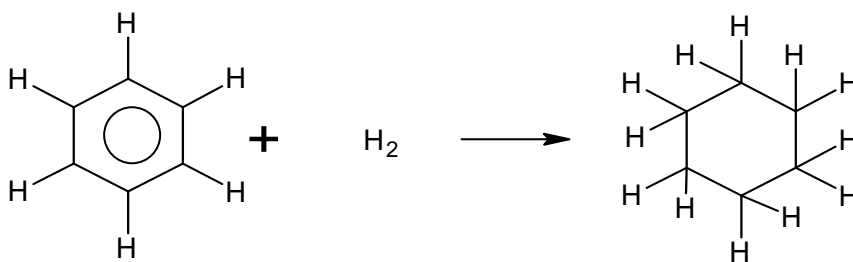
### II-1) Réactions d'addition sur le benzène

#### II-1-1) Addition du dihydrogène

**Question :** qu'est ce qu'une réaction d'addition ?

**Réponse attendue :** c'est une réaction dans la quelle il y a fixation d'atomes monovalents au niveau des liaisons insaturées.

En faisant passer un courant gazeux riche en hydrogène dans du benzène contenant un catalyseur d'hydrogénation, chaque molécule de benzène fixe trois molécules d'hydrogène. On obtient ainsi le cyclohexane.

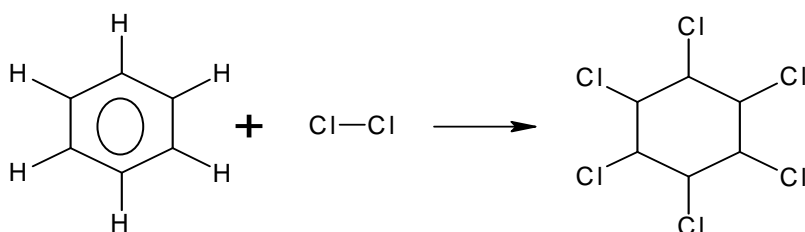
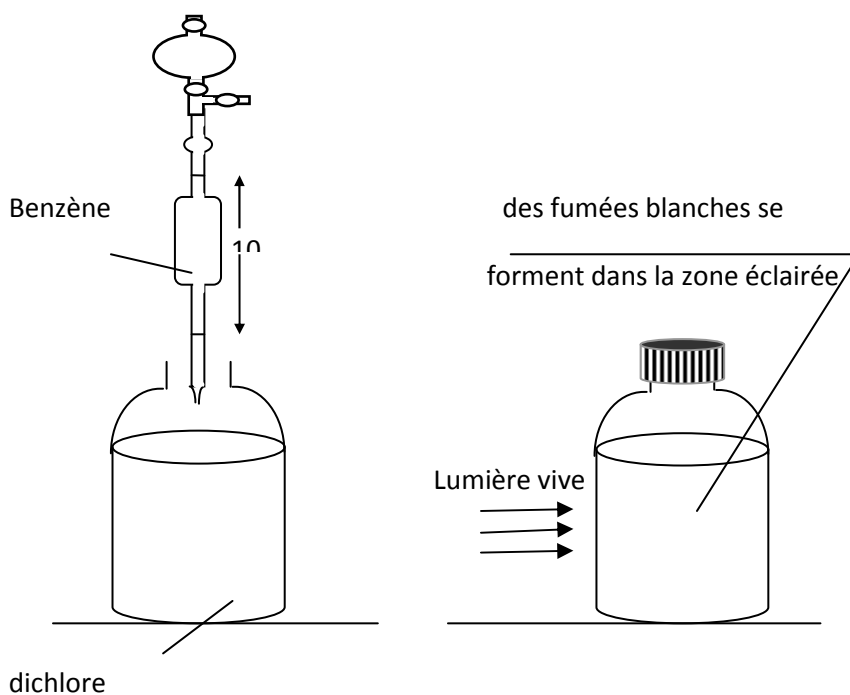


**Remarque 1 :** dans les conditions normales de températures et de pressions, le mélange de dihydrogène et de benzène ne réagit pas.

**Remarque 2 :** Les six atomes de carbone du cycle ne se trouvent plus dans le même plan.

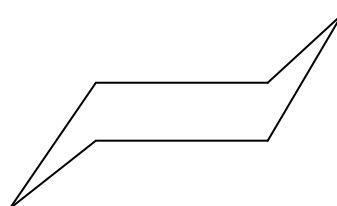
## II-1-2) Addition du dichlore

Dans un flacon contenant du dichlore, versons quelques gouttes de benzène. La réaction n'a lieu que lorsque nous exposons le mélange à la lumière : on observe aussitôt une fumée blanche remplissant le flacon et au bout de quelques instants des cristaux blancs se déposent sur les parois du flacon : il s'agit du 1, 2, 3, 4, 5, 6-hexachlorocyclohexane.



**Remarque :** Les six atomes de carbone du cycle ne se trouvent plus dans le même plan.

On distingue ainsi plusieurs types de conformations dont deux remarquables: la conformation chaise et la conformation bateau représentées ci-dessous :



conformation chaise



conformation bateau

**Question :** que peut-on dire de la structure du benzène après la réaction ?

**Réponse attendue :** on observe une disparition du noyau benzénique. la structure du benzène est modifiée.

**Question :** combien de liaisons ont les carbones du cyclohexane obtenu ?

**Réponse attendue :** les carbones du cyclohexane obtenu ont quatre liaisons : ils sont tétragonaux.

**Question :** qu'est ce qu'une réaction de substitution ?

**Réponse attendue :** une réaction de substitution est une réaction dans la quelle un atome d'hydrogène est remplacé par un atome ou groupe d'atomes.

## Conclusion

Les cycles carbonés aromatiques n'additionnent que les molécules symétriques ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2$ ...) jamais de molécules dissymétriques ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , ...). Les réactions d'addition sur le cycle carboné aromatique sont moins nombreuses que sur les chaînes carbonées insaturées.

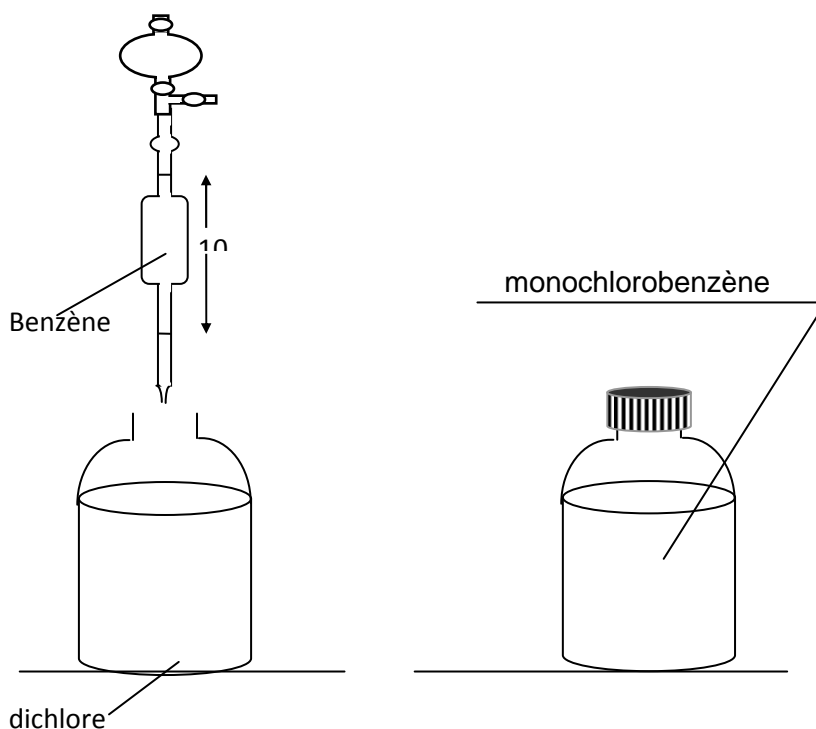
L'addition se fait en une seule étape : les six électrons du cycle s'engagent simultanément dans des liaisons covalentes C-Cl ou C-H. Le noyau benzénique est détruit.

## II-2) Réactions de substitution sur le benzène

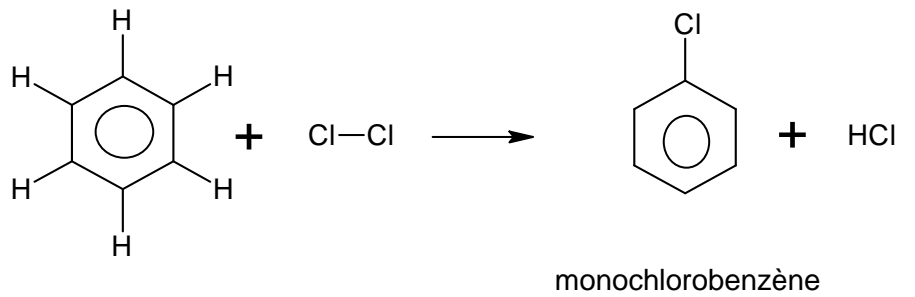
### II-2-1) Chloration du benzène

Afin d'éviter une réaction d'addition, opérons à l'abri de la lumière. En présence d'un catalyseur, le chlorure d'aluminium,  $\text{AlCl}_3$ , le dichlore réagit avec le benzène suivant une réaction de substitution:

- Lorsque le dichlore n'est pas en excès, on obtient une monosubstitution

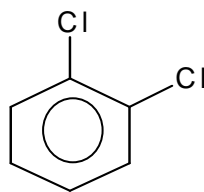
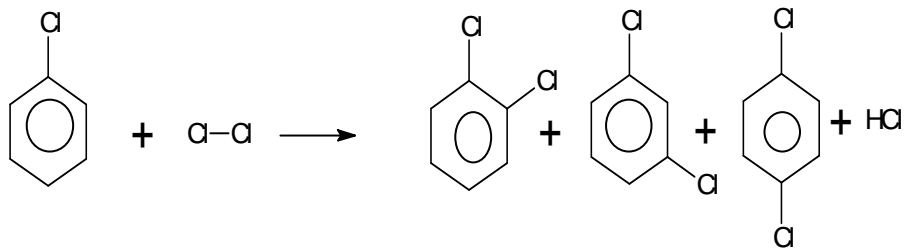


L'équation bilan de cette réaction est :

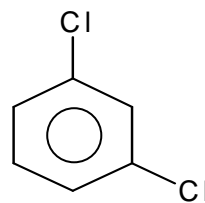


- Lorsque le dichlore est en excès et que la réaction se poursuit, on obtient une di, tri, tétra, penta puis une hexasubstitution.

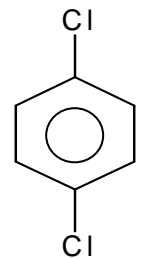
La réaction de disubstitution fournit un mélange de trois isomères.



1,2-dichlorobenzène



1,3-dichlorobenzène

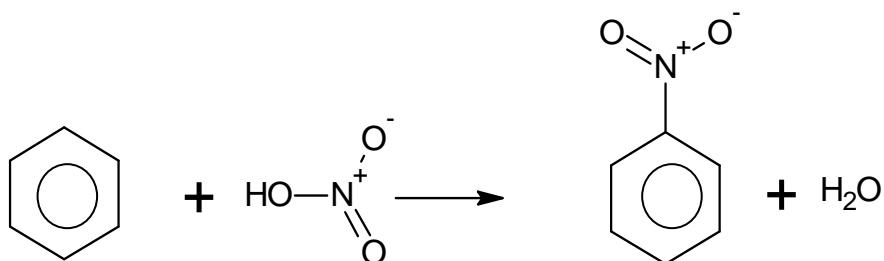
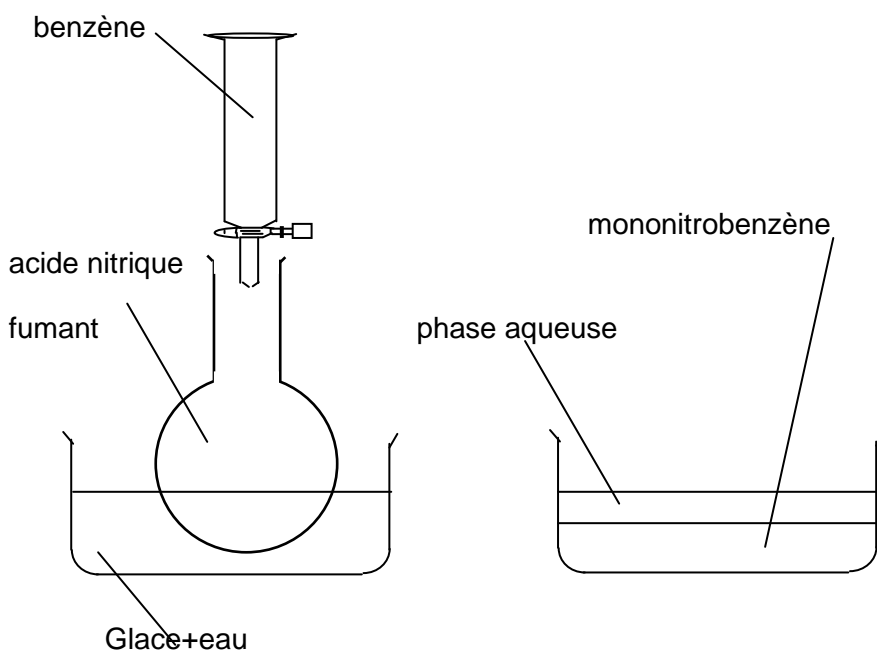


1,4-dichlorobenzène

## II-2-2) Nitration du benzène

Versons goutte à goutte, du benzène dans un ballon à fond rond contenant quelques  $\text{cm}^3$  d'acide nitrique fumant (concentré) maintenu dans de l'eau glacée. Agitons le mélange après chaque addition de benzène ; jusqu'à ce que la coloration brun-rouge qui apparaît ait disparu. La réaction dégage de la chaleur. Nous maintenons la température du milieu réactionnel en dessous de  $60^\circ\text{C}$ . Ensuite versons le mélange dans de l'eau froide. Nous observons deux phases liquides distinctes :

- La phase aqueuse supérieure contient l'acide nitrique n'ayant pas réagi.
- La phase inférieure est formée de mononitrobenzène  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ . C'est un composé huileux, jaune claire, ayant une odeur caractéristique (odeur de colle blanche)

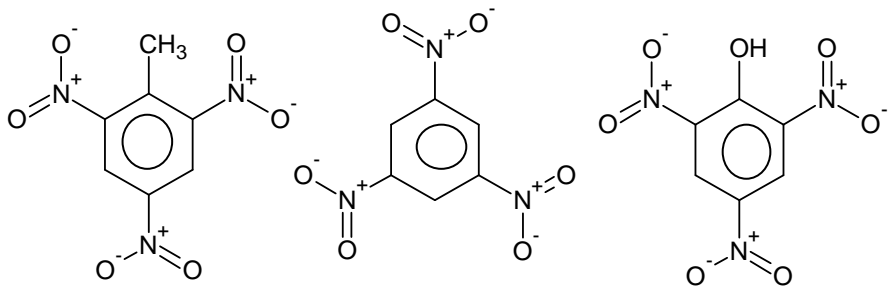


Au cours de cette réaction on a substitution d'un atome d'hydrogène du benzène par un groupement nitro  $-\text{NO}_2$ .

### Remarque

Les substitutions successives sont difficiles, mais si nous avons laissé la température s'élever jusqu'à 90°C nous aurions réalisé la substitution de deux groupes nitro à deux atomes d'hydrogène et nous aurions obtenu essentiellement un composé solide, le métadinitrobenzène.

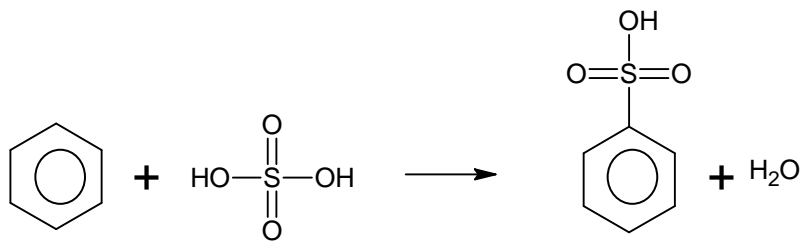
Les dérivés polynitrés (dont la molécule comporte plusieurs groupes nitro) sont des explosifs ; c'est le cas des produits suivants :



2,4,6-trinitrotoluène 1,3,5-trinitrobenzène 2,4,6-trinitrophénol

### II-2-2) Sulfonation du benzène

L'action de l'acide sulfurique concentré sur le benzène conduit à la formation du benzène monosulfoné selon l'équation bilan de la réaction suivante :



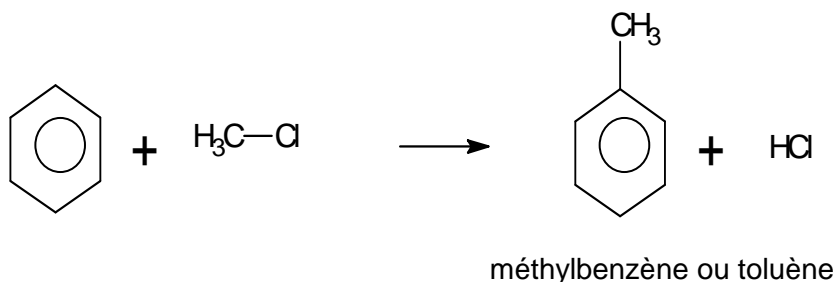
Benzène monosulfoné

ou acide benzène sulfonique

A chaud, on peut obtenir le dérivé disulfoné. Le dérivé trisulfoné ne peut être obtenu directement.

## II-2-4) Alkylation du benzène

Il y'a alkylation lorsqu'un groupe alkyle(R-X) se substitue à un atome d'hydrogène en présence d'un catalyseur, le chlorure d'aluminium



**Question :** que peut-on dire de la structure du benzène après ces réactions de substitutions ?

**Réponse attendue :** on observe une conservation du noyau benzénique après ces réactions de substitutions : la structure du benzène est conservée.

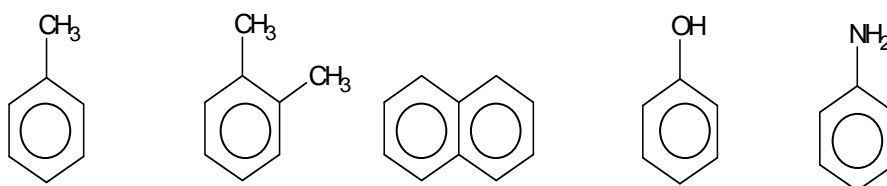
## Conclusion

Une réaction de substitution sur le benzène consiste à remplacer un atome d'hydrogène par un atome ou un groupe d'atome, tout en conservant le noyau benzénique. Les réactions de substitution sont faciles et variées : nitration, sulfonation, halogénéation... . Toutes conservent la structure très stable du noyau benzénique.

## III) les composés aromatiques

Les composés aromatiques comportent au moins un noyau benzénique.

### III-1) Exemples de composés aromatiques

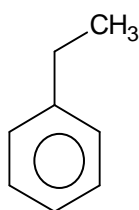


Toluène    1,2-diméthylbenzène    naphthalène    phénol    aniline

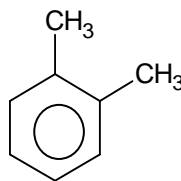
### Exercice d'application :

Trouver les formules semi-développées des composés ayant pour formules brutes  $C_8H_{10}$ .

### Correction :

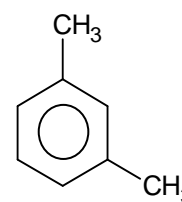


éthylbenzène



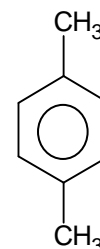
1,2-diméthylbenzène

ou O-xylène



1,3-diméthylbenzène

ou m-xylène



1,4-diméthylbenzène

ou p-xylène

### IV) Utilité du benzène et des composés aromatique s

Le phénol et l'aniline sont présents dans les goudrons de houille.

Ces deux composés aromatiques ont une grande importance industrielle : ils permettent la fabrication de composés aussi divers que des matières plastiques (bakélite, polyuréthannes), des nylons, des colorants, des produits pharmaceutiques et phytosanitaires (qui concernent la préservation de la santé des végétaux).

Les composés aromatiques sont aussi utilisés comme :

- Insecticide;  $C_6H_6Cl_6$  hexachlorocyclohexane
- Solvant;  $C_6H_5Cl$  monochlorobenzène
- Constituant dans la fabrication des parfums ;  $C_6H_5NO_2$  mononitrobenzène. Son principal usage est de servir d'intermédiaire dans la synthèse de composés organiques très intéressants, on l'utilise aussi pour fabriquer des parfums bon marché (sous le nom d'essence de mirbane) : on l'emploie alors à l'état de trace, car le mononitrobenzène est un composé très toxique. Il faut éviter d'en inhaler les vapeurs et de laisser le liquide en contact prolongé avec la peau.
- Explosifs ; les dérivés polynitrés : trinitrotoluène, trinitrobenzène, trinitrophénol
- Etc.



## **Conclusion**

Les réactions d'addition sont moins nombreuses avec les composés aromatiques qu'avec les autres chaînes carbonées insaturées (les alcènes et les alcynes). Les réactions de substitution sont en revanche beaucoup plus nombreuses et plus variées avec les composés aromatiques qu'avec les hydrocarbures saturés. Cette réactivité particulière des composés aromatiques est due à la présence du nuage électronique délocalisé sur le cycle carboné.

# EVALUATION

## Exercice 1

Quelles sont les formules développées des carbures d'hydrogène à chaînes carbonées non ramifiées, ne comportant que des simples et triples liaisons carbone-carbone, qui ont la même formule brute que le benzène?

## Exercice 2

A la formule brute  $C_9H_{12}$  correspondent huit composés aromatiques isomères ; les représenter et les nommer.

## Exercice 3

Ecrire les formules semi-développées des hydrocarbures dont les noms suivent :

- a) 1, 3, 5-trinitrobenzène
- b) Orthodipropylbenzène
- c) 1, 3, 5-trichlorobenzène
- d) 2, 4, 6-trichlorotoluène
- e) 2, 4, 6-trinitrotoluène

## Exercice 4

Donner les noms et les formules des composés obtenus par les réactions suivantes :

- a) benzène +  $3H_2 \longrightarrow$  A
- b) toluène +  $3H_2 \longrightarrow$  B
- c) benzène +  $Cl_2 \longrightarrow$  D + HCl
- d) D +  $Cl_2 \longrightarrow$  E + HCl

## Exercice 5

On réalise la chloration du benzène, en présence de chlorure d'aluminium  $AlCl_3$ . La réaction est conduite de telle façon que son rendement par rapport au benzène est de 80%. A partir de 3,0g de benzène, combien a-t-on obtenu de monochlorobenzène (donner le résultat en mole et en gramme) ?

On donne masse molaire du benzène = 78 g/mol

## Exercice 6

Un flacon de verre de volume 10L contient du dichlore à la pression normale et à la température de 27°C.

On introduit dans le flacon quelques gouttes de benzène puis on l'expose au soleil.

- 1) Ecrire l'équation de la réaction qui se produit
- 2) Nommer le produit obtenu. Quel est le nom de cette réaction ?
- 3) Calculer la masse du produit obtenu sachant que le benzène est en excès.

On donne : masse molaire Cl : 35.5 g/mol ; R = 8.31 constante des gaz parfaits.

### **Exercice 7**

Un corps A de masse molaire 78g/mol renferme en masse 92.3% de carbone et 7.7% d'hydrogène.

- 1) Trouver la formule brute du composé.
- 2) Ce composé réagit avec le dihydrogène et donne du cyclohexane.
  - a) Nommer le corps A et donner sa formule développée.
  - b) Ecrire l'équation de la réaction. Quel est le nom de la réaction correspondant?
- 3) Quel volume de dihydrogène mesuré dans les CNTP faut-il utiliser au cours de la réaction si on utilise 19.5g du composé A ?

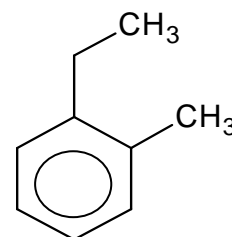
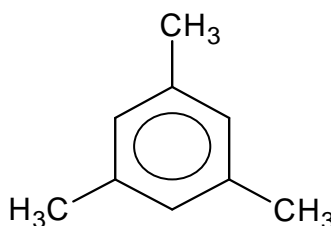
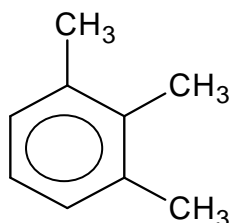
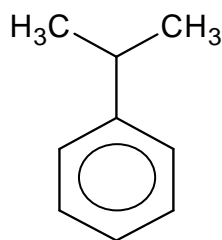
# CORRECTION DE L'ÉVALUATION

## Exercice 1

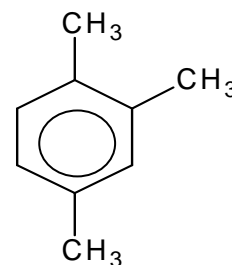
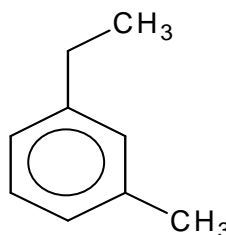
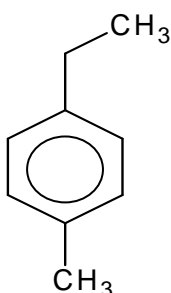
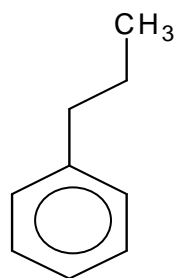
Les formules développées des carbures d'hydrogène à chaînes carbonées non ramifiées, ne comportant que des simples et triples liaisons carbone-carbone, qui ont la même formule brute que le benzène sont:

- $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH}$
- $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2$
- $\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$

## Exercice 2

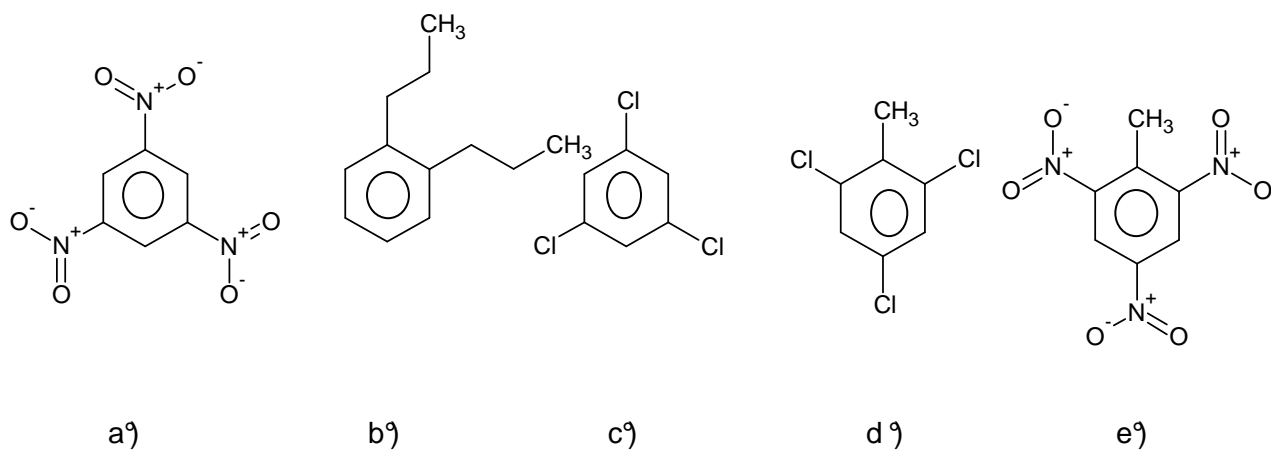


2-phénylpropane 1,2,3-triméthylbenzène 1,3,5- triméthylbenzène 1-éthyl,2-méthylbenzène

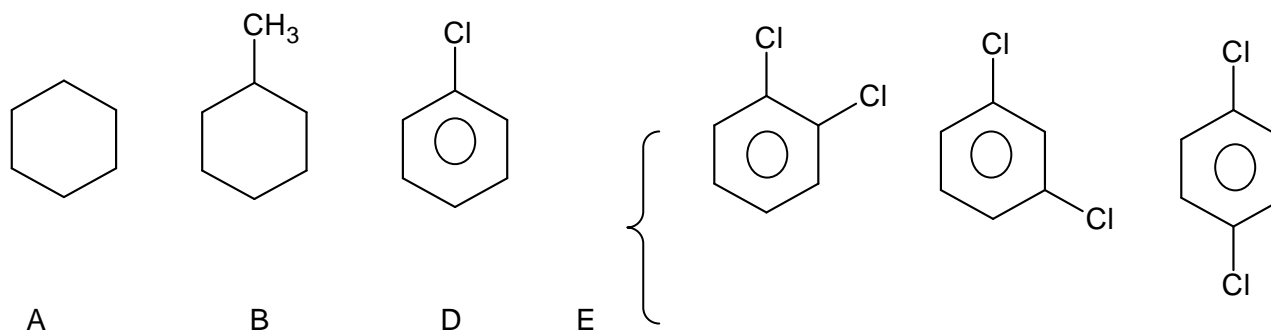


1-phénylpropane 1-éthyl,4-méthylbenzène 1-éthyl,3-méthylbenzène 1,2,4- triméthylbenzène

### Exercice 3

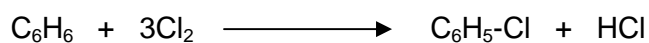


### Exercice 4



### Exercice 5

La réaction s'écrit :



Le nombre de mole du benzène est :

$$n_b = m_b/M_b \implies n_b = 3.0/78 \implies n_b = 0.0385 \text{ mole}$$

Le nombre de mole du monochlorobenzène est :

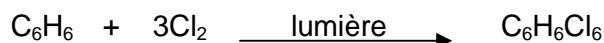
$$n_m = n_b \cdot (80/100) \implies n_m = 0.0308 \text{ mole}$$

La masse de monochlorobenzène est :

$$m_m = n_m \cdot M_m \implies m_m = 0.0308 \cdot 112.5 \implies m_m = 3.47 \text{ g}$$

### Exercice 6

1) l'équation de la réaction qui se produit est :



2) le produit obtenu est : 1, 2, 3, 4, 5, 6 -hexachlorocyclohexane.

La réaction est une réaction d'addition.

3) Calcule de la masse du produit obtenu sachant que le benzène est en excès.

$$n(\text{Cl}_2) = 3 n(\text{C}_6\text{H}_6)$$

$$PV = n(\text{Cl}_2)RT \quad \text{et} \quad n(\text{C}_6\text{H}_6) = m/M$$

$$\Longrightarrow PV = 3 (m/M) \cdot RT \quad \Longrightarrow m = (PVM) / 3(RT)$$

$$\Longrightarrow m = (10^5 \cdot 0.01 \cdot 291) / 3(8.31 \cdot 300)$$

$$\Longrightarrow m = 38.9 \text{ g}$$

### Exercice 7

1) détermination de la formule brute du composé A :

$$\text{A: } \text{C}_x\text{H}_y? \quad \text{on a : } 12x + y = 78 \text{ g/mole}$$

$$x = (78 \cdot 92.3) / (12 \cdot 100) \quad \Longrightarrow \quad x = 6$$

$$y = (78 \cdot 7.7) / (100) \quad \Longrightarrow \quad y = 6$$

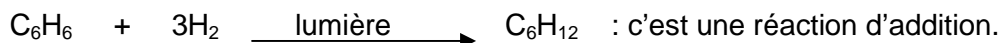
Le corps A à pour formule brute:  $\text{C}_6\text{H}_6$

2) a) Nom du corps A et sa formule développée.

Le corps A est appelé benzène

Sa formule développée est :

b) la réaction et le nom de la réaction :



3) le volume de dihydrogène mesuré dans les CNTP utiliser au cours de la réaction si on utilise 19.5g du composé A est :

$$PV_A = n_A RT \quad n_A = m_A / M_A$$

$$\Longrightarrow V_A = (m_A RT) / (PM_A) \quad \Longrightarrow \quad V_A = (19.5 \cdot 8.31 \cdot 298) / (10^5 \cdot 78)$$

$$\Longrightarrow V_A = 6.2 \text{ L}$$

$$n_H = 3n_A \quad \text{et} \quad n_H = V_H/V_0 \quad \Longrightarrow \quad V_H = 3 \cdot n_A \cdot V_0$$

$$\Longrightarrow V_H = 3 \cdot 22.4 \cdot (19.5/78) \quad \Longrightarrow \quad V_H = 16.8 \text{ L}$$

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE**

- ❖ Germain, G et alliés. (1988), chimie première, Magnard, L ONDRE
- ❖ Durupthy, A et alliés. (1989), chimie première, Hachette, France
- ❖ Dia, AS et alliés. (2006), chimie première, Clairafrique, Dakar
- ❖ Cros, A et alliés. (1985), chimie première, Belin, France
- ❖ Programme officiel de physiques et chimie 2008