

# La synthèse d'espèces chimiques

## تصنيع الانواع الكيميائية



Une unité de production de l'industrie chimique : production d'acide nitrique

### ✚ Situation-problème :

L'industrie chimique synthèse de nombreuses espèces chimiques : certaines sont des copies de celles qu'on trouve dans la nature, d'autres ont été inventés.

La synthèse d'une espèce chimique se réalise selon un protocole expérimental bien précis.

- Quelle est la nécessité de la chimie de synthèse ?
- Quels types d'espèces chimiques sont produites par la chimie de synthèse ?
- Selon quel protocole expérimental se réalise la synthèse d'une espèce chimique au laboratoire ?

### ✚ Objectifs :

- Connaître l'importance de la chimie de synthèse ;
- Suivre un protocole expérimental de synthèse d'une espèce chimique ;
- Interpréter, discuter et présenter les résultats d'une analyse comparative
- Proposer une méthode expérimentale pour comparer deux espèces chimiques
- Savoir que l'on peut synthétiser une espèce chimique identique à espèce naturelle
- Respecter les consignes (sécurité, protection de l'environnement)

# I. Nécessité de la chimie de synthèse

## 1. Définition

La **synthèse d'une espèce chimique** est **une transformation** au cours de laquelle **des espèces chimiques réagissent ensemble** dans **des conditions de température et de pression particulières**, **pour donner une ou plusieurs espèces chimiques différentes**.

- Les **espèces chimiques nécessaires à la synthèse** sont appelées : **les réactifs** de la synthèse.
- Les **espèces chimiques obtenues** sont appelées : **les produits** de la synthèse.

## 2. Intérêts de la chimie de synthèse :

Les espèces chimiques sont synthétisées **pour des raisons écologiques et économiques**

- **La synthèse pour satisfaire la demande :**

Lorsque **la demande d'un produit est énorme** et que la quantité de ce produit dans la nature est **insuffisant**, donc il est impératif de le synthétiser.

- **La synthèse pour préserver les ressources naturelles :**

Pour **ne pas voir disparaître** certains produits naturels, des produits de synthèse sont créés.

- **La synthèse pour créer des matériaux plus performants**

Pour fabriquer des produits **de bonne qualité**. Des produits nouveaux **aux propriétés physiques et mécaniques supérieures**, remplacent des produits naturels traditionnellement utilisés

- **La synthèse pour produire des substances moins chères : pour diminuer le coût d'obtention**

Les substances de synthèses sont produites avec **un coût nettement plus faible** que celui de l'extraction des substances naturelles. ( la synthèse est moins coûteuse que l'extraction )

- **La synthèse pour fabriquer des substances artificielles qui n'existent pas dans la nature, afin de répondre à des besoins spécifiques**

Ex : le nylon , le polystyrène , le téflon , les matières plastiques ...

- **La synthèse pour permettre des progrès dans le domaine de la santé, de l'agriculture, de l'alimentation, de cosmétique ...**

Ex : Les médicaments, les engrais chimiques pour accroître la production agricole, les tissus, les produits d'hygiène et d'entretien, les produits de beauté etc.

- **La synthèse pour Préserver l'environnement qui serait détruit par l'extraction intensive d'espèces chimiques naturelles**

Devant la demande mondiale, l'extraction d'espèces chimiques naturelles serait une catastrophe écologique si ces espèces n'étaient pas synthétisées

## 3. Conclusion

- La chimie de synthèse permet de créer **des substances adaptées aux besoins de l'homme ou de l'environnement, plus performants et plus efficaces** que celles trouvées dans la nature
- On peut distinguer **deux types de la chimie de synthèse** :
- On s'intéresse à quatre paramètres :

Paramètres	Chimie Lourde	Chimie fine
<b>La matière première</b>	❖ Facile à trouver et bien sûr en grande quantité	▪ Chimie de base ▪ Espèces chimiques naturelles
<b>Le coût d'obtention</b>	❖ Faible	❖ Très élevé
<b>Le volume de production</b>	❖ Elevé (on parle en million de tonnes)	❖ Faible
<b>La vitesse de production</b>	❖ élevée	❖ Lente
<b>Exemples</b>	✓ les matières plastiques, ✓ synthèse de l'ammoniac, ✓ synthèse de l'aluminium...	✓ médicaments, ✓ quelques produits cosmétiques, ✓ synthèse des composantes électroniques...

## II. Synthèse d'une espèce chimique

### 1. Synthèse d'une espèce chimique en utilisant le chauffage à reflux

#### ✚ **Activité : synthèse de l'acétate de linalyle**

##### ❖ **Principe de la synthèse**

L'**acétate de linalyle** est un liquide incolore à l'odeur de lavande. C'est un arôme qui entre dans la composition de l'huile essentielle de lavande.

Le **linalol** et l'**anhydride acétique** sont deux espèces chimiques issues de l'industrie chimique. Ils constituent les **matières premières** de la synthèse de l'huile essentielle de lavande : lorsqu'on fait réagir de l'anhydride éthanóique avec du linalol, on obtient de l'**acétate de linalyle** (ou acétate de 3,7-diméthyl-1,6-octadièn-3-ol) et de l'**acide acétique**. On peut écrire symboliquement cette transformation :



Données :

	Linalol	Anhydride éthanóique	Acétate de linalyle	Acide acétique
Densité	0,87	1,08	0,89	1,18
$\theta_{\text{eb}}$ (°C)	199	139,5	220	85
Solubilité dans l'eau	Assez faible	Très soluble	Très faible	Très soluble

##### ❖ **Protocole expérimental :**

#### ✓ **Etape 1 : Synthèse de l'espèce chimique**

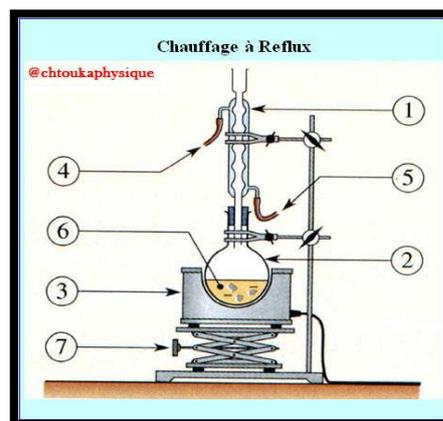
① Sous la hotte, munis de gants et de lunettes, et à l'aide d'une éprouvette graduée **bien sèche**, placer successivement dans un ballon **bien sec** :

- 5 mL de linalol ;
- 10 mL d'anhydride acétique ;
- Ajoutez quelques grains de pierre ponce.

② Placer le plus rapidement possible le réfrigérant à boules sur le ballon et faire circuler l'eau (à faible débit) ;

③ Placez le ballon dans un bain-marie et porter le mélange à ébullition douce pendant 35 minutes ;

④ Après 35 minutes, arrêter le chauffage et retirer le ballon du bain-marie. Laisser refroidir quelques minutes puis terminez de le refroidir en le plongeant dans un cristalliseur rempli, à moitié, d'eau froide ;



#### ✓ **Etape 2 : Extraction de l'espèce chimique**

⑤ Introduire doucement par le sommet de la colonne réfrigérante à l'aide d'une éprouvette graduée 25 mL d'eau froide, ce qui permet de rincer la colonne et de détruire par **hydrolyse l'excès d'anhydride acétique** présent dans le mélange puis retirer le réfrigérant à boules du ballon .

⑥ Boucher puis agitez le tout et **transvasez dans une ampoule à décanter** en retenant la pierre ponce ;

⑦ **Séparez et conservez la phase organique** (moins dense que la phase aqueuse) ;

⑧ **Ajoutez à la phase organique**, restée dans l'ampoule à décanter, 50 mL d'une solution saturée en **hydrogénocarbonate de sodium** pour **neutraliser le mélange** c'est-à-dire **transformer l'acide acétique en acétate de sodium**, attendre quelques minutes pour que le dégagement gazeux se ralentisse. Fermer l'ampoule à décanter **et agiter pour mettre en contact les phases** en n'oubliant pas de **dégazer** l'ampoule à décanter plusieurs fois (**écouter les consignes du professeur**). Laisser décanter.

⑨ **Éliminer la phase aqueuse** et **laver de nouveau la phase organique avec 20 mL d'eau**.

⑩ Laisser décanter, **éliminer la phase aqueuse** et **verser la phase organique dans un erlenmeyer propre, sec et bouché**.

### ✓ Etape 3 : Séchage de la phase organique

1. Ajouter, à la phase organique, 3 ou 4 spatules de sulfate de magnésium anhydride, boucher et agitez doucement.
2. Laisser décanter puis filtrez ou recueillir la phase organique surnageant dans un flacon fermé.
3. Conserver le liquide obtenu pour réaliser une chromatographie sur couche mince (ou CCM).

#### ❖ Exploitation :

1. D'après l'énoncé, déterminer les réactifs et les produits
2. Légendez le schéma du montage expérimental.
3. Quel est le rôle de la pierre ponce
4. À quoi sert l'élément 1 du montage ?
5. Pourquoi faut-il chauffer ?
6. Pourquoi le réfrigérant doit-il rester ouvert à son extrémité supérieure.
7. Expliquez en une phrase l'intérêt du chauffage à reflux.
8. Le but de cette technique est **de synthétiser l'acétate de linalyle**, définir le mot "**synthèse**" en utilisant les mots suivants : "**réactifs**"; "**produits**"; "**transformation chimique**"
9. Que signifie le terme **hydrolyse** ? quel est son rôle ?
10. Pourquoi ajoute-on **la solution hydrogencarbonate de sodium** au mélange?
11. Quelle est la nature du gaz qui s'échappe sachant qu'il trouble l'eau de chaux ?
12. Dessinez l'ampoule à décanter lors de l'étape d'extraction de l'espèce chimique et y placer la phase aqueuse et la phase organique (justifier votre réponse). Indiquer dans quelle phase se trouve **l'acétate de linalyle**,
13. Quel est l'intérêt de deuxième lavage ?
14. Quel est le rôle du séchage ?
15. Comment récupérer le produit ?
16. Que peut-on proposer pour analyser le résultat de la synthèse et vérifier qu'il s'agit bien de l'espèce chimique attendue ?

#### ❖ Interprétation :

1. Les réactifs et les produits :

Les réactifs		Les produits	
Nom	Formule	Nom	Formule
Anhydride éthanoïque	$C_4H_6O_3$	Acétate de linalyle	$C_{12}H_{20}O_2$
Linalol	$C_{10}H_{18}O$	Acide acétique	$C_2H_4O_2$

#### 2. Le montage à reflux

1. Réfrigérant à boules ; 2. Ballon ; 3. Chauffe-ballon ; 4. Sortie d'eau tiède  
5. entrée d'eau froide ; 6. Mélange réactionnel ; 7. Support élévateur

3. Le rôle de la pierre ponce est de **réguler l'ébullition et homogénéiser le mélange**. Ce qui permet d'éviter **tout risque de sur-ébullition**
4. Le réfrigérant à boules sert à **condenser / à liquéfier les vapeurs** des substances qui s'échappent du mélange
5. Il faut chauffer le milieu réactionnel pour **accélérer la réaction chimique** entre les réactifs
6. Le réfrigérant à boules est ouvert à son extrémité supérieure pour éviter **la surpression**
7. **Le chauffage à reflux** est utilisé pour :
  - **Accélérer la réaction chimique** (travailler à une température élevée et à pression atmosphérique)
  - **éviter les pertes de réactifs et de produits**. Les réactifs et les produits qui se vaporisent retombent dans le mélange réactionnel lorsqu'ils se condensent.
8. La synthèse d'une espèce chimique est **une transformation chimique** au cours de laquelle **des réactifs** permettent l'obtention **d'un produit** (l'espèce chimique recherchée)
9. L'hydrolyse signifie la décomposition chimique d'une substance par l'action directe ou indirecte de l'eau, de façon qu'il apparaisse de nouvelles molécules.  
Ici, le but de cette opération c'est d'éliminer **L'anhydride acétique** restant dans le mélange (qui n'a pas complètement réagi avec le linalol).  
**L'anhydride acétique s'hydrolyse au contact de l'eau en donnant l'acide acétique**

10. On ajoute **la solution hydrogénocarbonate de sodium** au mélange pour éliminer **l'acide acétique formé**

11. Or le gaz qui se dégage trouble l'eau de chaux, donc il s'agit **de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>**

12. La phase supérieure est la phase organique, car **elle est moins dense que l'eau (d < 1)**, la phase inférieure est la phase aqueuse.

**l'acétate de linalyle** se trouve **dans la phase organique**

13. L'intérêt du **deuxième lavage** consiste à **enlever toute acidité au produit**. on **le purifie**

14. On élimine toute trace d'eau possible

15. **Le produit est solide**, alors il suffit de **filtrer** le mélange réactionnel **sous vide**

16. Pour analyser le résultat de synthèse et vérifier qu'il s'agit bien de l'espèce chimique attendue, on peut utiliser la technique **de la chromatographie sur couche mince ( CCM ) / sur papier**.

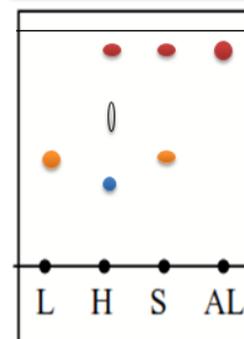
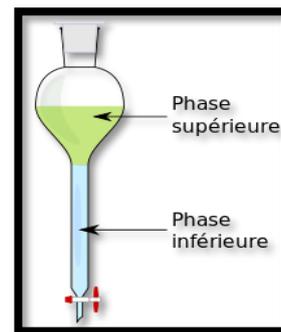
Pour cette expérience, voici les éléments de la chromatographie :

**Phase mobile : L'éluant est composé 80 % d'acétate d'éthyle et à 20 % de cyclohexane)**

**Phase fixe / stationnaire : Plaque de silice / Papier filtre** : on dépose sur la ligne de dépôt les espèces chimiques suivantes :

**L : Linalol pur; A L : Acétate de Linalyle pur; H : Huile essentielle de lavande (issue du TP précédant / leçon 1 ) ; S : produit de la Synthèse** Après l'éluion ( la migration ) et la révélation , on obtient le chromatogramme ci-contre .

D'après le chromatogramme on constate que le produit de la synthèse S Contient deux espèces chimiques **l'Acétate de Linalyle et linalol**



Chromatogramme@chtoukaphysique

## 2. Conclusion

- **La synthèse** d'une espèce chimique est **une transformation chimique** au cours de laquelle **les réactifs** permettent d'obtenir **un produit** ( espèce chimique recherché )
- Pour réaliser une synthèse, il doit suivre **un mode opératoire ( protocole expérimental )**.
- Ici nous avons utilisé **le chauffage à reflux**, cette technique permet de chauffer le mélange réactionnel, à **pression atmosphérique, sans perte des réactifs et des produits.**, dans un ballon surmonté d'un réfrigérant à eau.
- **Le chauffage** est utilisée pour **accélérer la transformation chimique**.
- Du fait de **l'augmentation de la température**, certaines espèces chimiques **se vaporisent**, pour cela **le reflux empêche la perte de réactif ou de produit par vaporisation.**  
Ces espèces chimiques montent alors dans **le réfrigérant à boules**. De l'eau froide s'écoule en permanence dans ce réfrigérant, au contact des parois **les gaz refroidissent et se liquéfient** sous formes de gouttelettes sur les parois du réfrigérant et finissent par retomber dans le ballon à réaction.
- Lors de la synthèse, on peut distinguer trois étapes fondamentales :
  - **Etape 1 : Synthèse de l'espèce chimique : La transformation chimique ( la réaction chimique )**
  - **Etape 2 : Extraction de l'espèce chimique synthétisée**
  - **Etape 3 : Identification de l'espèce chimique synthétisée** : après avoir synthétisée une espèce chimique, il faut s'assurer que l'on a obtenue **l'espèce désirée**. Alors on réalise souvent une **identification** par **ses caractéristiques physiques ou l'analyse chromatographique CCM**

## ✚ Exercice de synthèse : L'arôme de jasmin

### Tableau de données :

Espèce chimique	Alcool benzylique	Acide acétique	Acétate de benzyle	Eau salée
Solubilité dans l'eau	Faible	Totale	faible	Totale
Solubilité dans l'eau salée	faible	totale	nulle	
Masse volumique ( $\text{g.cm}^{-3}$ )	1,04	1,05	1,06	1,25

### ✚ Partie A : La synthèse :

La chimie de synthèse s'avère indispensable pour pallier les insuffisances des productions naturelles ou les coûts élevés de production de certaines espèces chimiques naturelles.

120 000 pétales de rose sont nécessaires à la production de 15 mL d'huile essentielle pure de rose. Pour obtenir seulement 1 kg d'huile essentielle pure de jasmin il faut environ 8 millions de bourgeons de jasmin récoltés à la main. Les chimistes ont donc cherché à synthétiser ces espèces présentes dans la nature.

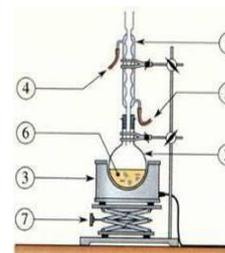
On se propose d'étudier la synthèse de l'acétate de benzyle, molécule à l'odeur de jasmin.

#### ❖ Protocole expérimental :

Placer dans un ballon 12,0 cm<sup>3</sup> d'alcool benzylique, 15,0 cm<sup>3</sup> d'acide acétique, quelques gouttes d'acide sulfurique (pour accélérer la réaction) et quelques grains de pierre ponce.

Réaliser un montage de chauffage à reflux. Chauffer pendant 30 minutes.

1. En quoi consiste une synthèse chimique ?
2. Pourquoi est-on amené à synthétiser l'acétate de benzyle (l'arôme de jasmin) alors qu'il existe dans la nature ? (donner au minimum 2 raisons)
3. Indiquer ce que représente chaque numéro de la légende du montage à reflux schématisé ci-contre.
4. A l'aide des masses volumiques données, calculer les masses d'alcool benzylique et d'acide acétique versés dans le ballon.
5. On voit sur les flacons les pictogrammes ci-dessous. Quelles sont les significations de ces pictogrammes et consignes de sécurité à respecter pour réaliser la synthèse ?



Alcool benzylique	Acide sulfurique et acide acétique

### ✚ Partie B : L'extraction

#### ❖ Protocole expérimental :

Après avoir refroidi le mélange réactionnel, verser le contenu du ballon dans une ampoule à décanter, ajouter 50 mL d'une solution aqueuse saturée de chlorure de sodium (densité 1,25). Après avoir agité et laissé décanter, recueillir la phase contenant l'acétate de benzyle. Lors de la synthèse, on admettra que tous les réactifs n'ont pas complètement réagi et qu'il en reste dans le mélange réactionnel.

1. Pourquoi utilise-t-on de l'eau salée ?
2. Représenter l'ampoule à décanter et indiquer la position relative des phases organiques et aqueuse. Indiquer dans quelle phase (organique ou aqueuse) sont les différentes espèces chimiques à l'aide des données en début d'énoncé.
3. Quelle phase récupère-t-on ?

### ✚ Partie C : Caractérisation de l'espèce chimique synthétisée

On désire analyser l'espèce chimique synthétisée par chromatographie sur couche mince. Pour cela, on dépose sur la plaque quatre échantillons :

- de l'alcool benzylique pur (A)
- de l'acétate de benzyle commercial (B) ;
- de la phase liquide récupérée en fin de synthèse (C) ;
- de l'extrait naturel de jasmin (D).

Le chromatogramme obtenu est représenté ci-contre ;

1. A-t-on synthétisé de l'acétate de benzyle ? Est-il pur ?
2. L'acétate de benzyle est-il présent dans l'extrait de jasmin ? Justifier.
3. Que dire de la composition de l'extrait naturel de jasmin

