

Extraction, séparation et identification d'espèces chimiques

Préambule :

Depuis la plus haute Antiquité, l'homme utilise des colorants, des parfums et des arômes.

Ceux-ci ont d'abord été extraits de produits naturels, d'origine animale ou végétale.

Parmi les substances couramment extraites de nos jours figurent, les huiles essentielles qui sont des substances aromatiques utilisées à des fins alimentaires, cosmétiques ou médicinales.

I. Qu'est-ce qu'une extraction ?

Ce que l'on recherche lorsqu'on fait du thé, c'est le goût et les arômes qui sont contenus dans les feuilles. Pour obtenir un bon thé, il faut faire passer ces **substances** des feuilles à l'eau (elles sont donc **dissoutes** dans l'eau). C'est une infusion.

Le chimiste dira que l'on a **extrait** les colorants et arômes du thé **par un solvant** (ici l'eau).

Une **extraction** consiste à retirer (**extraire**) une ou des **espèces chimiques** d'un milieu.

Suivant les milieux, il existe plusieurs techniques d'extraction qui dépendent des propriétés physiques ou chimiques de l'espèce à extraire.

II. Corps purs et mélanges

1. Définitions

◇ Un mélange est constitué de plusieurs espèces chimiques.

◇ Un corps pur est constitué d'une seule espèce chimique.

Exemples de mélanges : **eau minérale, jus de fruit, soda, air, acier, ...**

Exemples de corps pur : **dioxygène, cuivre, fer, eau, ...**

2. Comment caractériser une espèce chimique ?

Une espèce chimique est caractérisée par sa formule chimique, (ex : H_2O , CO_2) et par un ensemble de grandeurs physiques, telles que :

Δ températures de changement d'état (T_{fus} , T_{eb} ...)

Δ masse volumique ρ

Δ densité d

Δ solubilité...

3. Naturelles ou synthétiques ?

Les espèces chimiques peuvent être **naturelles** (on les « trouve » dans la nature ou on les extrait d'un mélange) ou **synthétiques** (fabriquées par l'homme).

Certaines espèces chimiques synthétiques sont absolument identiques à celles que l'on trouve dans la nature.

D'autres n'existent pas dans la nature ; elles sont exclusivement fabriquées par les chimistes : ce sont des espèces chimiques **artificielles** (ex : **paracétamol, nylon, les plastiques en général, ...**)

III. Propriétés physiques des espèces chimiques :

Une espèce chimique (corps pur) est caractérisée par des valeurs déterminées de certaines **grandeurs physiques** liées à cette espèce.

1. La solubilité :

On obtient une **solution** (un mélange homogène) en dissolvant un corps, le **soluté**, dans un liquide qui sert ainsi de **solvant**

La solubilité d'une espèce chimique dans un solvant est égale à la masse maximale de cette espèce que l'on peut dissoudre par litre de solution. Elle s'exprime en **gramme par litre (g.L^{-1} ou g/L)**

La solubilité dépend entre autre de la température.

$$S = \frac{m}{V}$$

2. La masse volumique :

La masse volumique ρ d'une espèce chimique est égale au rapport de la masse m d'un échantillon de cette espèce chimique par son volume V .

La masse volumique s'exprime à l'aide de la relation :

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ avec les unités } \left\{ \begin{array}{l} \text{Masse } m \text{ en kg} \\ \text{Volume } V \text{ en m}^3 \\ \rho \text{ en kg/m}^3 \text{ ou kg.m}^{-3} \end{array} \right.$$

Exemples : $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \text{ g.cm}^{-3} = 1 \text{ kg.L}^{-1} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

$\rho_{\text{cyclohexane}} \approx 0,77 \text{ g.cm}^{-3}$

Application : Détermine la masse m d'un volume $V = 30 \text{ L}$ d'éthanol avec $\rho_{\text{éthanol}} = 0,79 \text{ g.cm}^{-3} = 0,79 \text{ kg.L}^{-1}$

on a $m = \rho \times V$ d'où $m = 0,79 \times 30 = 23,7 \text{ kg}$

La masse d'éthanol est 23,7 kg

3. La densité par rapport à l'eau :

C'est le quotient de la masse d'un échantillon d'une espèce chimique par la masse du même volume d'eau. Elle permet de savoir si l'espèce est plus **dense** ou moins **dense** que l'eau. On peut aussi les comparer entre elles.

Exemples : cyclohexane : $d = 0,77$ dichlorométhane : $d = 1,3$ (sans unité)

Masse de 1,0 mL d'eau $m = 1,0 \text{ g}$

Masse de 1,0 mL de cyclohexane $m = 0,77 \text{ g}$

Masse de 1,0 mL de dichlorométhane $m = 1,3 \text{ g}$

Le cyclohexane est **plus dense** que le dichlorométhane.

Autre expression de la densité par rapport à l'eau d'une espèce A : $d = \frac{\rho_A}{\rho_{\text{eau}}}$

On peut également calculer la masse d'un échantillon avec la formule

$$m = d \times V \times \rho_{\text{eau}}$$

IV. Les techniques d'extraction.

◇ Extraction par solvant (voir AE)

Pour effectuer l'extraction d'un composé (par exemple, le soluté le plus intéressant), le chimiste choisit un deuxième solvant dans lequel ce soluté est bien plus soluble que dans le premier : c'est l'**extraction liquide - liquide** ou **extraction par un solvant**.

En choisissant ce deuxième solvant plus **volatil** (c'est à dire de température d'ébullition plus faible) que le premier, on peut l'éliminer facilement et isoler ainsi la substance extraite.

Exemple : Solubilité du diiode en fonction du solvant

On observe que le diiode est plus de 80 fois plus soluble dans le cyclohexane que dans l'eau.

Solvant	Solubilité à 25°C (g.L ⁻¹)
eau	0,34
cyclohexane	28

Ce type d'extraction **repose sur** plusieurs critères :

la non-miscibilité de ses deux solvants et leur différence de densité

la différence de solubilité de l'espèce considérée entre les deux solvants.

Si deux solvants ne sont pas miscibles, ils forment deux phases bien distinctes : la phase supérieure est formée par le liquide le moins dense, alors que la phase inférieure l'est par le liquide le plus dense.

Le diiode est un soluté plus soluble dans le cyclohexane que dans l'eau et le cyclohexane et l'eau ne sont pas miscibles : on peut donc l'extraire d'une solution aqueuse à l'aide du cyclohexane.

Activité : Peut-on identifier des composés chimiques à l'aide des caractéristiques ?

Document 1 : Caractéristiques physiques de la glycérine et de l'éthanol

Glycérine	Ethanol (alcool à 95 °)
Aspect à température ambiante : liquide	Aspect à température ambiante : liquide
Couleur : incolore	Couleur : incolore
Température de fusion : 18 °C	Température de fusion : -114 °C
Température d'ébullition (à 1013hPa) : 290 °C	Température d'ébullition (à 1013hPa) : 78 °C

Document 2 : La masse d'un volume $V = 50,0$ mL de deux liquides purs A et B est donnée :

Une fiole jaugée de 50,0 mL a une masse à vide de 39,2 g.

Une fiole jaugée de 50,0 mL remplie du liquide A a une masse de 79,6 g.

Une fiole jaugée de 50,0 mL remplie du liquide B a une masse de 103,5 g.

Document 3 : Densité d

La densité d'un corps est égale au rapport de la masse volumique du corps sur celle de l'eau ($\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ g.L}^{-1}$) pour une même température.

1. Proposer une démarche expérimentale afin d'identifier la glycérine.
2. Sachant que la densité de la glycérine est $d = 1,26$, calculer la masse volumique ρ de la glycérine.
3. En déduire la masse de 50,0 mL de glycérine. Identifier alors la glycérine parmi A et B.

Activité : Peut-on identifier des composés chimiques à l'aide des caractéristiques ?

Document 1 : Caractéristiques physiques de la glycérine et de l'éthanol

Glycérine	Ethanol (alcool à 95 °)
Aspect à température ambiante : liquide	Aspect à température ambiante : liquide
Couleur : incolore	Couleur : incolore
Température de fusion : 18 °C	Température de fusion : -114 °C
Température d'ébullition (à 1013hPa) : 290 °C	Température d'ébullition (à 1013hPa) : 78 °C

Document 2 : La masse d'un volume $V = 50,0$ mL de deux liquides purs A et B est donnée :

Une fiole jaugée de 50,0 mL a une masse à vide de 39,2 g.

Une fiole jaugée de 50,0 mL remplie du liquide A a une masse de 79,6 g.

Une fiole jaugée de 50,0 mL remplie du liquide B a une masse de 103,5 g.

Document 3 : Densité d

La densité d'un corps est égale au rapport de la masse volumique du corps sur celle de l'eau ($\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ g.L}^{-1}$) pour une même température.

1. Proposer une démarche expérimentale afin d'identifier la glycérine.
2. Sachant que la densité de la glycérine est $d = 1,26$, calculer la masse volumique ρ de la glycérine.
3. En déduire la masse de 50,0 mL de glycérine. Identifier alors la glycérine parmi A et B.

Activité: découverte de la solubilité.

Une élève s'interroge sur la masse de sel qu'elle peut dissoudre dans un verre d'eau. Elle fait une expérience consistant à dissoudre une masse donnée de sel dans un certain volume d'eau. Elle n'a pas le temps de terminer et poursuit ces expériences le lendemain.

Elle fait un tableau résumant les expériences:

Jour	Jour 1: T = 20 °C, temps nuageux		Jour 2: T = 30 °C très ensoleillé, pas de nuage	
Masse de sel	35 g	75g	80 g	75 g
Volume d'eau	20 cL	20 cL	20 cL	20 cL
Observations	Le sel se dissout bien	Il reste des cristaux au fond du verre	Le sel ne se dissout pas bien. Il reste des cristaux	Le sel se dissout bien.

1. De quels paramètres semblent dépendre la solubilité du sel dans l'eau?
2. Sachant qu'à 20°C on peut dissoudre au maximum 72 g de sel dans le verre d'eau (20 cL), calculer la solubilité du sel en g.L⁻¹. Est-ce cohérent avec les manipulations de cette élève?

Activité: découverte de la solubilité.

Une élève s'interroge sur la masse de sel qu'elle peut dissoudre dans un verre d'eau. Elle fait une expérience consistant à dissoudre une masse donnée de sel dans un certain volume d'eau. Elle n'a pas le temps de terminer et poursuit ces expériences le lendemain.

Elle fait un tableau résumant les expériences:

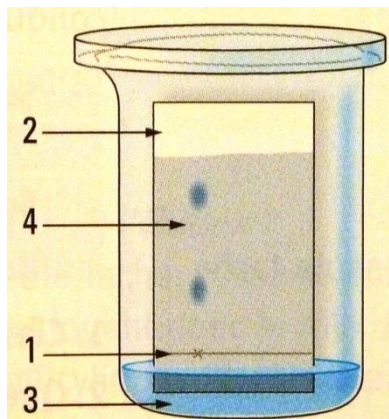
Jour	Jour 1: T = 20 °C, temps nuageux		Jour 2: T = 30 °C très ensoleillé, pas de nuage	
Masse de sel	35 g	75g	80 g	75 g
Volume d'eau	20 cL	20 cL	20 cL	20 cL
Observations	Le sel se dissout bien	Il reste des cristaux au fond du verre	Le sel ne se dissout pas bien. Il reste des cristaux	Le sel se dissout bien.

1. De quels paramètres semblent dépendre la solubilité du sel dans l'eau?
2. Sachant qu'à 20°C on peut dissoudre au maximum 72 g de sel dans le verre d'eau (20 cL), calculer la solubilité du sel en g.L⁻¹. Est-ce cohérent avec les manipulations de cette élève?

♦ La technique chromatographique (voir AE)

Définition : La **chromatographie** est une technique d'analyse basée sur la **séparation** des différents corps purs constituant un mélange. Elle peut permettre d'**identifier** des constituants d'un mélange par comparaison.

Schéma du montage d'une chromatographie sur couche mine (CCM) :



- 1 = ligne de dépôt
- 2 = support, appelé « phase fixe »
- 3 = éluant, appelé « phase mobile »
- 4 = chromatogramme

- L'éluant monte sur la plaque par capillarité en entraînant les différents constituants des dépôts. Les espèces se séparent car leur vitesse d'élution diffèrent.
- Si deux tâches du chromatogramme sont à la même hauteur, on en déduit que les espèces chimiques associées sont identiques.

Définition : Sur un chromatogramme, chaque tâche obtenue est identifiée par sa hauteur h de migration. On définit ainsi le **rapport frontal R** d'une espèce chimique :

$$R = \frac{h}{H}$$

Avec h , distance parcourue par l'espèce chimique, en cm
 H , distance parcourue par l'éluant, en cm

Exemple : Sur ce chromatogramme, l'échantillon « 1 » est composé de trois corps purs, dont l'un est identique au corps pur déposé en « 2 ». Le rapport frontal du composé « B » vaut $R = \frac{2}{4} = 0,5$