

collection dirigée par Xavier MERLIN

METHOD'

physique-chimie

3^e édition

Seconde

90 méthodes

118 exercices corrigés



Lydie CLOLUS
Grégory LEY

Chapitre 1

Corps purs, mélanges et identification d'espèces chimiques

Aujourd'hui au programme : que du lourd ! Eh oui les choses sérieuses commencent... Je vais dans un premier temps vous redéfinir très précisément ce qu'est un corps pur puis un mélange (programme de 3^e). Ensuite, il va falloir non seulement que vous fassiez de la chimie mais aussi des maths... Mais si, vous allez retrouver avec grand plaisir ces légendaires « conversions » qui vous cassent tant le moral depuis le collège... Vous n'allez pas bien sûr convertir des ampères en kiloampères ou des millivolts en kilovolts (que de bons souvenirs...). Vous allez tout simplement faire « mumuse » avec les unités de la grandeur physique masse volumique (rien que le nom fait froid dans le dos...), je vais vous faire calculer des pourcentages massiques et volumiques... Bref, il va falloir être précis et rigoureux dans vos calculs ! No stress, no fear but METHOD' ! Suivez le guide !

Comme je le disais, nous allons travailler ou plutôt VOUS allez travailler sur l'une des parties du programme les plus importantes : savoir séparer et identifier des espèces chimiques ! La star mise à l'honneur s'appelle « la chromatographie »... Son nom n'est pas franchement très heureux, mais son utilité est incontournable pour le jeune Padawan chimiste que vous êtes. Il est donc essentiel de bien emmagasiner tout ce que je vais vous raconter car toutes ces méthodes vous seront très utiles en Première et en Terminale ! Eh oui le « bac » avance à grands pas...

Je vous fatigue un p'tit peu avec mon baratin ? Comment ça oui ?...

Ok, c'est parti pour une avalanche, que dis-je, un tsunami de méthodes !

METHODE 1 : Savoir distinguer un corps pur d'un mélange d'espèces chimiques

■ Principe

Un corps pur est constitué d'une seule espèce chimique tandis qu'un mélange est constitué par au moins deux espèces chimiques différentes.

Par exemple, l'eau distillée est un corps pur car elle est constituée uniquement de molécules d'eau H_2O tandis que l'air est un mélange car il est constitué, entre autres, de dioxygène O_2 , de diazote N_2 , de dioxyde de carbone CO_2 ...

Un mélange homogène est un mélange dont on ne peut pas distinguer les différentes espèces chimiques constituant le mélange. On obtient une seule phase. Exemple, le sirop et l'eau constitue un mélange homogène.

Un mélange hétérogène est un mélange dans lequel on peut observer plusieurs phases distinctes. On dit aussi que les espèces chimiques sont non miscibles. Par exemple, l'eau et l'huile ne se mélangent pas, on observe deux phases distinctes.

METHODE 2 : Caractériser une espèce chimique à l'aide de la masse volumique

■ Principe

La masse volumique correspond au rapport de la masse de l'espèce par le volume.

$$\rho_{\text{espèce}} = \frac{m_{\text{espèce}}}{V}$$

La masse « m » en **kg** et le volume « V » en **m³**.

La masse volumique de l'eau vaut $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \text{ g.cm}^{-3} = \mathbf{1\ 000 \text{ kg.m}^{-3}}$.

Retenez aussi que la masse volumique d'une espèce chimique **dépend** de la **température** et de la **pression**.

Bien souvent, les conversions vous tétanisent, vous crispent, pour faire simple vous prennent la tête... Et pourtant, convertir des unités est d'une facilité déconcertante... Il y a des automatismes à prendre. Voici une méthode très efficace pour arriver à vaincre vos peurs : que la force soit avec vous...

Convertir l'unité du volume :

$$1,0 \text{ L} = 1,0 \text{ dm}^3 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1,0 \text{ mL} = 1,0 \text{ cm}^3$$

$$1,0 \text{ m}^3 = 1\ 000 \text{ L}$$

$$1,0 \text{ L} = 1\ 000 \text{ mL} = 1\ 000 \text{ cm}^3$$

Voici un petit tableau « synthèse » sur les unités de volume pour être sûr que ce soit bien digéré...

m³			dm³			cm³
	hL	daL	L	dL	cL	mL

Convertir l'unité de la masse volumique : rien ne vaut un bon exemple pour comprendre !

La masse volumique du butanol est $\rho_{\text{butanol}} = 810 \text{ kg/m}^3$. Comment fait-on pour la convertir en g/cm^3 ?

Il faut, dans un premier temps, **convertir les kg en g** :

$$1,0 \text{ kg} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ g}$$

$$\rho_{\text{butanol}} = 810 \text{ kg/m}^3 = 810 \cdot 10^3 \text{ g/m}^3.$$

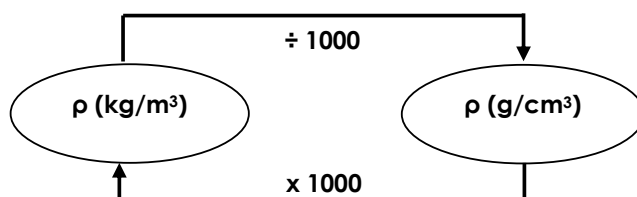
Il faut, dans un deuxième temps, **convertir les m^3 en cm^3** :

$$1,0 \text{ m}^3 = 1,0 \cdot 10^6 \text{ cm}^3$$

$$\rho_{\text{butanol}} = 810 \cdot 10^3 \text{ g/m}^3 = \frac{810 \cdot 10^3}{10^6} \text{ g/cm}^3 = 810 \cdot 10^3 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3.$$

Au final, $\rho_{\text{butanol}} = 810 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3 = \mathbf{0,810 \text{ g/cm}^3}$.

Pour les champions du monde en maths, voici un tableau « synthèse » pour convertir les unités de la masse volumique :



■ Exemple 1 : Identification d'une solution inconnue

On dispose au laboratoire de chimie d'une bouteille contenant une solution inconnue. On mesure un volume $V = 20,0 \text{ cm}^3$ de cette solution à l'aide d'une éprouvette graduée et on mesure sa masse à l'aide d'une balance préalablement tarée. La balance électronique affiche $m = 13,2 \text{ g}$.

Donnée : masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \text{ g.cm}^{-3}$.

- 1) Calculer la valeur de la masse volumique de la solution inconnue.
- 2) A l'aide des informations fournies dans le tableau, identifier la solution inconnue.

Espèces chimiques	Masse volumique (g.cm^{-3})
Pentane	0,63
Ethanol	0,79
Hexane	0,66
Dichlorométhane	1,3

Correction

$$1) \rho_{\text{solution}} = \frac{m_{\text{solution}}}{V_{\text{solution}}} = \frac{13,2}{20} \text{ donc } \rho_{\text{solution}} = 0,66 \text{ g.cm}^{-3}.$$

2) La solution inconnue est donc l'hexane.

■ Exemple 2 : Conversion

Convertir la masse volumique de la butylamine $\rho_{\text{butylamine}} = 0,76 \text{ g/cm}^3$ en kg/m^3 .

Correction

Il faut, dans un premier temps, **convertir les g en kg** : $1,0 \text{ g} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

$$\rho_{\text{butylamine}} = 0,76 \text{ g/cm}^3 = 0,76 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ kg/cm}^3.$$

Il faut, dans un deuxième temps, **convertir les cm^3 en m^3** : $1,0 \text{ cm}^3 = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

$$\rho_{\text{butylamine}} = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ kg/cm}^3 = 7,6 \cdot 10^{-4} / 10^{-6} = 7,6 \cdot 10^{-4} \times 10^6 \text{ kg/m}^3 = 7,6 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{butylamine}} = \mathbf{760 \text{ kg/m}^3}.$$

■ Exemple 3 : Conversion

Convertir la masse volumique du pentène $\rho_{\text{pentène}} = 640 \text{ kg/m}^3$ en g/cm^3 .

Correction

Il faut, dans un premier temps, **convertir les kg en g** : $1,0 \text{ kg} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ g}$

$$\rho_{\text{pentène}} = 640 \text{ kg/m}^3 = 640 \cdot 10^3 \text{ g/m}^3 = 6,4 \cdot 10^5 \text{ g/m}^3.$$

Il faut, dans un deuxième temps, **convertir les m^3 en cm^3** : $1,0 \text{ m}^3 = 1,0 \cdot 10^6 \text{ cm}^3$

$$\rho_{\text{pentène}} = 6,4 \cdot 10^5 \text{ g/m}^3 = \frac{6,4 \cdot 10^5}{10^6} = 6,4 \cdot 10^5 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^3 = 6,4 \cdot 10^{-1} \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\text{butylamine}} = \mathbf{0,64 \text{ g/cm}^3}.$$

METHODE 3 : Savoir exploiter les températures de changement d'état

■ Principe

La **température de fusion** correspond au passage, de l'espèce chimique, de l'état solide à l'état liquide. La température de fusion est **indépendante** de la **pression**. La température de fusion se mesure à l'aide d'un **banc Köfler**.

La **température d'ébullition** correspond au passage, de l'espèce chimique, de l'état liquide à l'état gazeux. La température d'ébullition **dépend** de la **pression**.

■ Exemple : Etude d'une étiquette

Les étiquettes de certains produits chimiques donnent les informations suivantes :

Acétophénone pure

Température de fusion : $T_f = 20,5^\circ\text{C}$
Température d'ébullition : $T_{eb} = 202^\circ\text{C}$
Masse volumique : $\rho = 1,03 \text{ g/cm}^3$



Acide pyruvique pur

Température de fusion : $T_f = 11^\circ\text{C}$
Température d'ébullition : $T_{eb} = 165^\circ\text{C}$
Masse volumique : $\rho = 1,27 \text{ g/cm}^3$



Diéthyle oxyde pur

Température de fusion : $T_f = -116^\circ\text{C}$
Température d'ébullition : $T_{eb} = 35^\circ\text{C}$
Masse volumique : $\rho = 0,71 \text{ g/cm}^3$



- 1) A 20°C, dans quel état physique se trouvent les espèces chimiques ?
- 2) Un été de canicule, la température au sein du laboratoire de chimie peut dépasser les 37°C. Faut-il prendre des précautions particulières pour les produits chimiques étudiés ? Justifier.

Correction

1) A une température de 20°C :

- Acétophénone pur : état solide car $T_{\text{fusion}} > 20^\circ\text{C}$.
- Diéthyle oxyde pur : état liquide car $T_{\text{fusion}} < 20^\circ\text{C}$.

2) A une température de 37°C :

- Acétophénone pur passe de l'état solide à liquide puisque $T_{\text{fusion}} < 37^\circ\text{C}$.
- Acide pyruvique pur : état liquide car $37^\circ\text{C} > T_{\text{fusion}}$.
- Diéthyle oxyde pur passe de l'état liquide à l'état gazeux étant donné que $T_{\text{ébullition}} < 37^\circ\text{C}$.

Il faut conserver ces deux produits chimiques au frais comme dans un réfrigérateur par exemple.

METHODE 4 : Savoir mettre en œuvre une chromatographie sur couche mince CCM

■ Principe

La chromatographie est une méthode de séparation et d'identification des constituants d'un mélange.

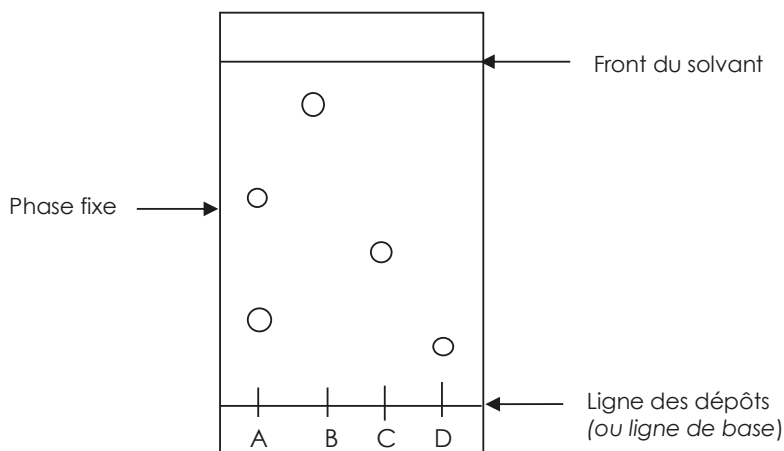
Pour réaliser une chromatographie sur couche mince CCM, il faut :

- un éluant appelé phase mobile ;
- un support solide appelé phase fixe ;
- des échantillons de référence ;
- les échantillons à analyser ;
- la cuve à chromatographie.

Au cours de la chromatographie, l'éluant migre **par capillarité** le long de la phase fixe. Plus une espèce chimique **est soluble** dans l'éluant, plus elle **migre** rapidement et haut le long de la phase fixe. Inversement, une espèce chimique **peu soluble** dans l'éluant **migrera peu ou pas**.

La révélation du chromatogramme permet de faire apparaître les différentes tâches. On peut utiliser la révélation aux vapeurs de diiode, la révélation au permanganate de potassium, ou encore la révélation à l'aide d'une lampe à UV (ultraviolet).

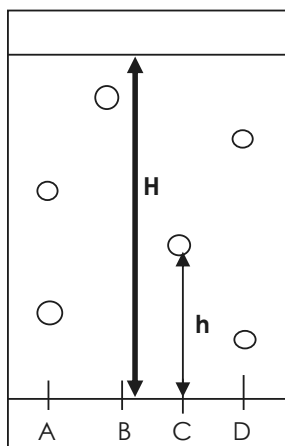
Schéma d'un chromatogramme



L'espèce chimique D est peu soluble dans l'éluant, tandis que l'espèce chimique B est très soluble dans l'éluant.

L'espèce chimique C est une espèce chimique pure puisqu'il n'y a qu'une seule tâche. L'espèce chimique A n'est pas une espèce chimique pure. C'est un mélange car elle fait apparaître 2 tâches.

Le rapport frontal, noté R_f , est une grandeur sans unité.



Rapport frontal :

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

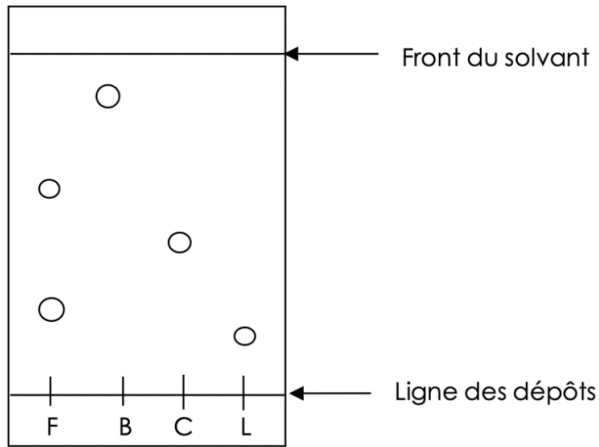
- ♦ **H** : hauteur de la ligne des dépôts au front du solvant en cm.
- ♦ **h** : hauteur de la ligne des dépôts à la tâche en cm.

Le rapport frontal **dépend** de l'éluant et de la phase fixe.

■ Exemple 1 : Etude d'une chromatographie

Afin d'extraire les pigments contenus dans le poivron rouge, on broie des petits morceaux de poivron dans un mortier en présence d'un solvant organique comme la propanone. On filtre et on réalise une chromatographie sur couche mince du filtrat.

Le chromatogramme obtenu est le suivant :



F : filtrat analysé

Echantillons témoins

B : bétanine (violet)

C : caroténoïdes (jaune)

L : lycopène (orange)

- Identifier les pigments contenus dans le poivron rouge. Expliquer.
- Calculer le rapport frontal de chaque pigment contenu dans le poivron rouge.

Correction

a) Par identification à l'aide des échantillons témoins, on peut affirmer que le poivron rouge contient du caroténoïdes pigment de couleur jaune et du lycopène pigment de couleur orange.

b) Rapport frontal du caroténoïde : $h = 1,5 \text{ cm}$ et $H = 4,3 \text{ cm}$.

$$R_f = \frac{h}{H} = \frac{1,5}{4,3} \text{ donc } R_f = 0,35$$

Rapport frontal du lycopène : $h = 3 \text{ cm}$ et $H = 4,3 \text{ cm}$.

$$R_f = \frac{h}{H} = \frac{3,0}{4,3} \text{ donc } R_f = 0,70.$$

■ Exemple 2 : Les pigments de la betterave

Afin d'extraire les pigments de la betterave, on écrase de fins morceaux de betterave dans un mortier. On filtre et on réalise une chromatographie sur couche mince. Le chromatogramme obtenu est présenté ci-dessous :