

TP 1.1 – Cocktail et vinaigrette

Objectifs :

- ▶ Connaître le vocabulaire associé aux corps purs et mélanges.
- ▶ Connaître et manipuler la verrerie de base en chimie.
- ▶ Comprendre la notion de masse volumique.

Contexte : En cuisine, mélanger deux liquides peut amener à des résultats différents selon les combinaisons. Préparer un cocktail ou une vinaigrette ce n'est pas la même chose !

→ **Quels notions physiques et chimiques utilise-t-on pour décrire les propriétés d'un mélange ?**

Document 1 – Un peu de vocabulaire

La matière est constituée d'**entités chimiques** microscopiques : atomes, molécules, ions. Une **espèce chimique** est constituée d'un très grand nombre d'entités chimiques identiques.

- Un **corps pur** est constitué de une seule espèce chimique.
- Un **mélange** est constitué de plusieurs espèces chimiques.

Document 2 – Type de mélange


Un mélange est **homogène** si on ne peut pas distinguer ses constituants. Un mélange homogène est constitué d'**une seule phase**.

Un mélange est **hétérogène** si on peut distinguer ses constituants. Un mélange hétérogène est constitué de **plusieurs phases**.

On dit que deux liquides sont **miscibles** s'ils forment un **mélange homogène**.

Inversement, deux liquides sont **non miscibles** s'ils forment un **mélange hétérogène**.


Miscible vient du latin « misceo », qui veut dire mélanger.

 Sur la paillasse se trouve une pissette d'eau distillée, l'huile et le sirop se trouve sur la paillasse centrale. Dans les tubes à essais, verser :

- Tube 1 : eau.
- Tube 2 : eau + huile.
- Tube 3 : eau + sirop.

 Il faut faire attention à ne pas remplir les tubes à essais, quelques centimètres suffisent.

 Utiliser les bouchons pour agiter doucement les différents mélanges.

 Attendre un peu, puis schématiser le résultat obtenu dans chaque tube à essais. Schéma 1 : tube + eau légendée ; Schéma 2 : tube + eau + huile au dessus ; Schéma 3 : tube + sirop + eau au dessus.

1 — Décrire le contenu des tubes en utilisant le vocabulaire des documents 1 et 2.

Le tube 1 contient un corps pur. Le tube 2 contient un mélange hétérogène, on peut distinguer l'eau et l'huile. Le tube 3 contient un mélange homogène.

2 — Indiquer si l'eau et l'huile sont miscibles. En déduire si le sirop et l'huile sont aussi miscibles.

L'eau et l'huile ne sont pas miscibles (mélange hétérogène). Donc le sirop et l'huile ne sont pas miscibles.

Document 3 – Notion de masse volumique


La **masse volumique** est une grandeur qui représente la masse par unité de volume d'un échantillon de matière. Plus un objet a une masse volumique élevée, plus cet objet est dense.

Si l'échantillon a une masse m et un volume V , sa masse volumique est définie par

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

Données :

- $\rho(\text{eau liquide}) = 1,00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$
- $\rho(\text{huile}) = 0,92 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$
- $\rho(\text{sirop}) > 1,00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

 La masse volumique d'un échantillon est toujours la même, quelque soit sa taille ou sa forme. Par contre la masse volumique dépend des conditions de température et de pression.


3 — En utilisant les informations sur la masse volumique du document 3, formuler une hypothèse qui expliquerait pourquoi l'huile flotte au dessus de l'eau.

L'huile flotte au dessus de l'eau, car elle a une masse volumique plus petite que la masse volumique de l'eau.

4 — Expliquer pourquoi l'huile devrait aussi flotter au dessus du sirop d'après cette hypothèse.

La masse volumique de l'huile est plus faible que celle du sirop, elle va donc flotter au dessus.

 Vérifier l'hypothèse en versant dans un tube à essais l'huile et le sirop.

 En utilisant les connaissances accumulées sur la masse volumique, essayer de préparer un tube à essai avec trois étages de liquide distincts.

TP 1.2 – Répression des fraudes

Objectifs :

- ▶ Déterminer la masse volumique d'un échantillon.
- ▶ Mettre en oeuvre un protocole expérimental.
- ▶ Rédiger une problématique, un protocole et une conclusion.

Contexte : La DGCCRF (Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes) dispose de 11 laboratoires répartis dans tout le pays. Les personnes qui travaillent dans ces laboratoires sont sollicitées pour vérifier la pureté de certains échantillons.

▶ Deux missions vous sont confiées par la DGCCRF.

Pour chaque mission **vous devrez rédiger un rapport avec :**

- Le problème que l'on cherche à résoudre (problématique).
- Les protocoles et schémas des expériences réalisées.
- Les calculs et les mesures réalisées, avec les causes d'erreurs possibles.
- Une conclusion argumentée en utilisant les données fournies par les documents.

→ Pour la rédaction, faites en sorte que chaque rapport soit compréhensible par un élève de seconde qui ne connaîtrait pas le sujet.

Document 1 – Masse volumique

Chaque espèce chimique possède une masse volumique ρ qui lui est propre. Pour un échantillon, elle est définie par le rapport entre la masse m et le volume V de cet échantillon :

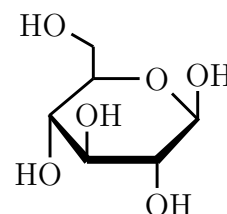
$$\rho = \frac{m}{V}$$

- La masse s'exprime en g. Le volume s'exprime en mL ou L.
- La masse volumique s'exprime en g/mL ou g/L.

Pour mesurer une masse volumique, il faut donc mesurer la masse et le volume d'un échantillon.

Document 2 – Glucose

Le glucose est un composé chimique de formule brute $C_6H_{12}O_6$. Le sucre que l'on consomme tous les jours est un corps pur composé de glucose. Il se présente sous la forme d'un solide blanc inodore. De par son côté addictif, le sucre est utilisé dans de nombreuses préparations agro-alimentaires.



Document 3 – Écart relatif

Pour comparer une valeur mesurée et une valeur théorique, on calcule l'écart relatif ER entre ces deux valeurs en %

$$ER = \frac{|\text{mesurée} - \text{théorique}|}{\text{théorique}} \times 100$$

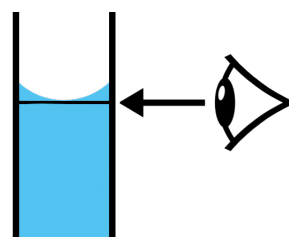
Si cet écart est faible, typiquement $ER \leq 5\%$, on a un bon accord entre théorie et expérience.

Document 4 – Matériel disponible

Vous disposez de

- 1 balance
- 1 pipette jaugée de 10 mL
- 1 éprouvette graduée de 50 mL
- 1 bécher de 50 mL

Document 5 – Mesure d'un volume

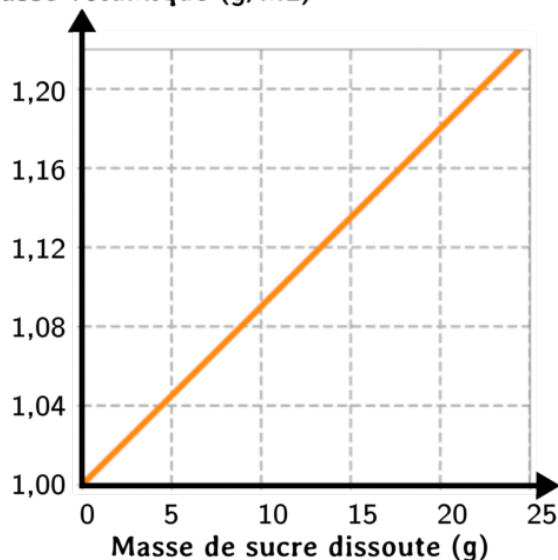


On mesure toujours le volume d'un liquide en repérant le bas du ménisque (la courbe) formé par le liquide.

Document 6 – Mélange eau-glucose

Le glucose peut être dissous dans l'eau. La masse volumique du mélange eau-glucose dépend de la masse de sucre dissoute.

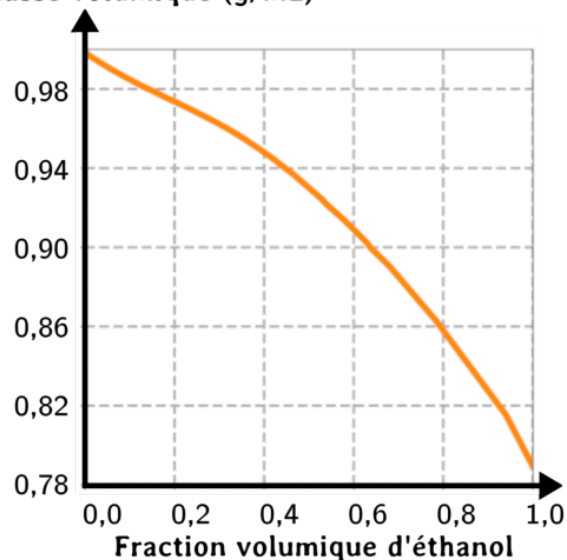
Masse volumique (g/mL)



Document 7 – Mélange eau-éthanol

L'eau et l'éthanol sont deux liquides miscibles. La masse volumique du mélange eau-éthanol dépend du pourcentage d'éthanol.

Masse volumique (g/mL)



Mission 1 : Alcool pharmaceutique

L'entreprise « SHACOL », fabricant de solution hydroalcoolique, accuse son fournisseur de lui avoir donné de l'alcool pharmaceutique avec une fraction volumique d'éthanol inférieure à 0,70.

Vous disposez d'un flacon d'alcool transmis par le fournisseur.

Rédiger un rapport pour établir quelle entreprise a raison.

Mission 2 : Sirop

L'association de consommateur « UFC-que choisir », soupçonne une marque de sirop de mentir sur la quantité de sucre présente dans un sirop. La marque annonce que le sirop contient une masse de sucre dissoute de 20 g.

Vous disposez d'un flacon du sirop de la marque.

Rédiger un rapport pour établir si la marque a menti.

TP 1.3 – Identifier des solides et des liquides

Contexte : Pour pouvoir identifier des espèces chimiques, on peut utiliser trois méthodes :

- **Mesurer des propriétés physiques** et les comparer à des valeurs de références.
- **Réaliser des tests chimiques.**
- **Réaliser une chromatographie sur couche mince (CCM).**

Aujourd'hui on va s'intéresser aux deux premières méthodes d'identification.

On cherche à déterminer expérimentalement, avec la plus grande précision possible, la masse volumique d'échantillons métalliques mis à votre disposition.

→ **S'agit-il d'aluminium, de cuivre, de zinc ou de fer ?**

Document 1 – Propriétés physiques de quelques métaux

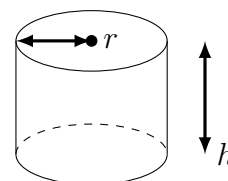
Métal	Aspect à $T = 20\text{ °C}$	Masse volumique (g/cm^3) à $T = 10\text{ °C}$
Aluminium	Solide gris brillant	2,700
Cuivre	Solide orange brillant	8,960
Zinc	Solide gris sombre	7,150
Fer	Solide gris brillant	7,860

Document 2 – Volume d'un cylindre

Pour calculer le volume d'un cylindre de hauteur h et de rayon r , on utilise la relation suivante :


$$V = \pi \times r^2 \times h$$

Si h et r sont mesurées en cm, le résultat s'exprimera en cm^3 .



Document 3 – Protocole de mesure de la masse volumique d'un cylindre

- ▶ mesurer la masse m du cylindre sur une balance ;
- ▶ mettre $\simeq 20\text{ mL}$ d'eau dans une éprouvette graduée ;
- ▶ mettre le cylindre dans l'éprouvette graduée, mesurer le volume eau + cylindre ;
- ▶ le volume ajouté est le volume du cylindre ;
- ▶ calculer la masse volumique $\rho = m/V$ du cylindre.

 Mesurer la masse volumique de chaque échantillon à l'aide du matériel disponible. Le volume de tous les cylindres est identique.

m (g)	26,1	8,0	20,2	21,5
ρ (g/cm^3)				

1 — En utilisant les données du document 1, déterminer la nature des échantillons.

On a mesuré un volume $V = 10,0 \times 2,0 \times 0,2 \text{ cm}^3 = 4,0 \text{ cm}^3$ et une masse $m = 34,0 \text{ g}$. L'échantillon a donc une masse volumique

$$\rho = \frac{30,0}{4,0} \text{ g/cm}^3 = 7,5 \text{ g/cm}^3$$

Comme l'échantillon est brillant et gris, on en déduit qu'on a du fer.

Les eaux minérales sont des mélanges homogènes contenant plusieurs ions de natures et de masses différentes. Les eaux minérales sont en général impropres à une consommation régulière, mais elles peuvent servir dans des régimes spécifiques.

→ **Comment déterminer les ions présents dans des eaux minérales ?**


Document 4 – Composition de trois eaux minérales

Vichy St Yorre		Mont Roucous		Cristalline	
Minéralisation : mg pour 1 L		Minéralisation : mg pour 1 L		Minéralisation : mg pour 1 L	
HCO ₃ ⁻	4 368	HCO ₃ ⁻	1	HCO ₃ ⁻	228
Cl ⁻	322	Cl ⁻	2	Cl ⁻	15
Na ⁺	1 708	Na ⁺	3,2	Na ⁺	8,4
SO ₄ ²⁻	174	SO ₄ ²⁻	6,9	SO ₄ ²⁻	11
K ⁺	110	F ⁻	< 0,1	K ⁺	2,3
Ca ²⁺	90	Ca ²⁺	2,7	Ca ²⁺	549
F ⁻	1	NO ₃ ⁻	1,8	NO ₃ ⁻	< 1
Mg ²⁺	11	Mg ²⁺	0,3	Mg ²⁺	6,9

Document 5 – Tests caractéristiques de certains ions

Ion à tester	Réactif utilisé	Résultat du test positif
Cl ⁻	Solution de nitrate d'argent	Précipité blanc
SO ₄ ²⁻	Solution de chlorure de baryum	Précipité blanc
Ca ²⁺	Solution d'oxalate d'ammonium	Précipité blanc
Mg ²⁺	Solution d'hydroxyde de sodium	Précipité blanc

On a trois béchers (A, B, C) contenant des eaux minérales, que vous voulez identifier.

 Réaliser le protocole suivant :

- ▶ Verser dans 4 tubes à essais quelques mL d'eau d'un bécher.
- ▶ Réaliser un test différent dans chaque tube à essais à l'aide des 4 réactifs.
- ▶ Noter si un précipité se forme et son abondance dans le tableau suivant (–, +, ++, +++).
- ▶ Répéter pour les deux autres bécher.

Test réalisé	Bécher A	Bécher B	Bécher C
Nitrate d'argent			
Chlorure de baryum			
Oxalate d'ammonium			
Hydroxyde de sodium			

2 — En utilisant les documents 4 et 5, donner l'eau minérale contenue dans chaque bécher.

TP 1.4 – Séparer et identifier des espèces chimiques

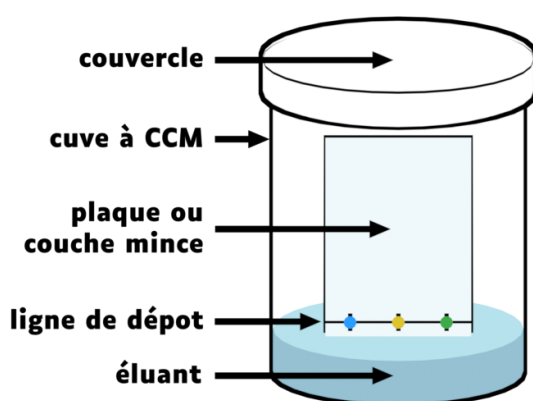
Objectifs :

- Réaliser et analyser une Chromatographie sur Couche Mince.

Comp.	Items	D	C	B	A
VAL	Comparer des valeurs mesurées avec des valeurs de références.				

Contexte : En Europe, les colorants alimentaires sont désignés par un préfixe E suivi d'un numéro. Ces colorants se retrouvent dans de nombreux produits. On cherche à déterminer les colorants présent dans des M&M's à l'aide d'une **Chromatographie sur Couche Mince (CCM)**.

Document 1 – Chromatographie sur Couche Mince (CCM)



↑ Schéma expérimental d'une CCM.

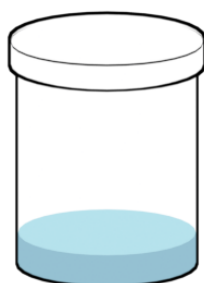
La **chromatographie sur couche mince (CCM)** permet de séparer et d'identifier des espèces chimiques dans un mélange.

Le principe est le suivant : on dépose les espèces à identifier sur une plaque, appelée **phase stationnaire**. On fait tremper une partie de la plaque dans un liquide appelé **éluant**.

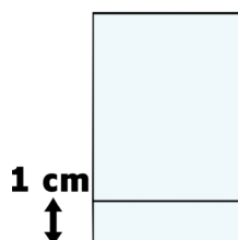
Par capillarité, l'éluant va monter le long de la plaque et les espèces déposées sur la plaque vont être poussées par l'éluant pendant sa montée.

En fonction de leurs propriétés, les espèces chimiques seront poussées plus ou moins haut sur la plaque, ce qui permettra de les identifier. La fiche ainsi formée est appelée un **chromatogramme**.

Document 2 – Réalisation d'une CCM



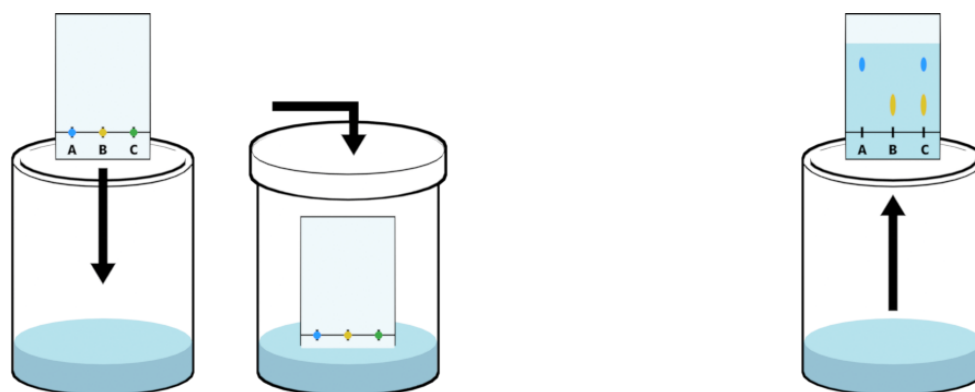
Remplir la cuve à CCM avec environ 1 cm d'éluant.



Tracer au crayon à papier un trait à 1 cm du bord inférieur.





À l'aide d'un cure-dent, déposer chaque échantillon sur un emplacement bien délimité.




Poser doucement la plaque dans la cuve en la tenant par les côtés et fermer la cuve. **Il ne faut jamais déplacer la cuve** et attendre que l'éluant monte.

Quand le front de l'éluant s'approche du haut, sortir la plaque. Tracer une ligne indiquant la hauteur où l'éluant est monté.

 Placer un M&M's dans chaque tube à essais et les recouvrir d'eau. Attendre que le colorant se soit dissous dans l'eau et récupérer les M&M's.

 Réaliser le protocole du document 2, avec un dépôt de colorant jaune, un dépôt de colorant bleu et deux dépôts des solutions préparées précédemment.

 Schématiser le chromatogramme obtenu, en indiquant clairement les différentes tâches, la ligne de dépôt et le front de l'éluant.

1 — Pourquoi doit-on placer la ligne de dépôt au dessus du niveau de l'éluant ?

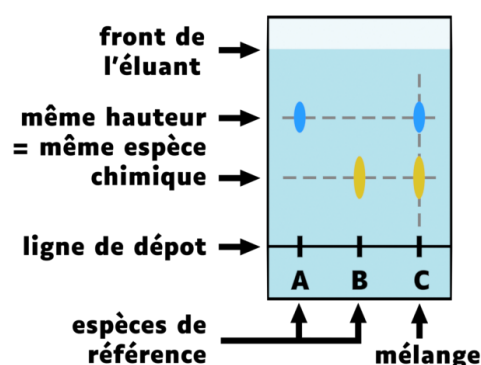
Si on la place en dessous, le dépôt va se diluer dans l'éluant et ne montera pas sur la plaque.

2 — Pourquoi ne doit-on pas déplacer la cuve pendant la montée de l'éluant ?

Si on déplace la cuve, l'éluant va monter de manière irrégulière, ce qui va fausser l'analyse des résultats.

Document 3 – Lecture d'un chromatogramme

- **Lecture verticale** : si le dépôt d'un échantillon se sépare en plusieurs tâches, il s'agit d'un mélange. Le nombre de tâches indique le nombre d'espèces chimiques qui composent le mélange.
- **Lecture horizontale** : sur une même plaque, une même espèce chimique migre toujours à la même hauteur. Et donc si deux tâches sont à **la même hauteur, alors elles sont la même espèce chimique**.



↑ schéma d'un chromatogramme

Document 4 – Colorants alimentaires

- **E102 : jaune de tartrazine.** Son usage doit s'accompagner en France de la mention « peut avoir des effets indésirables sur l'activité et l'attention chez les enfants ».
- **E133 : bleu brillant.** Un enfant de 40 kg peut ingérer jusqu'à 240 mg de bleu brillant en une journée. Au-delà le conseil européen indique que ce produit peut être toxique.

3 – En analysant le chromatogramme que vous avez obtenu avec les colorants et en s'aidant du document 3, indiquer si les colorants sont des corps purs ou des mélanges.

Pour le bleu et le jaune, on a des corps purs (une seule tâche). Pour le vert on a un mélange, car le dépôt s'est séparé en deux tâches.

4 – En utilisant le chromatogramme, donner la composition des colorants présents sur la couche externe des M&M's.

Le jaune et le bleu du M&M's ne montent pas à la même hauteur que les dépôts de colorant jaune E102 et bleu E133. Donc ce sont des espèces chimiques différentes.

Composition des huiles essentielle d'orange et de citron

Contexte : Les huiles essentielles sont obtenues à partir de végétaux pressés ou par distillation fractionnée. Les huiles essentielles sont riches en molécules odorantes.

→ **Comment décrire la composition d'une huile essentielle à l'aide d'une CCM ?**

Document 5 – Huile essentielle de citron et d'orange

L'huile essentielle d'orange (HEO) et l'huile essentielle de citron (HEC) sont obtenues en pressant les zestes d'une orange et d'un citron respectivement.

Document 6 – Odorat et molécules odorantes

Chez les humains, Les molécules odorantes sont captées par des neurones de l'épithélium olfactif, puis ces neurones transmettent l'information nerveuse au cerveau qui y associe une odeur.

Voilà quelques exemples de molécules odorantes :

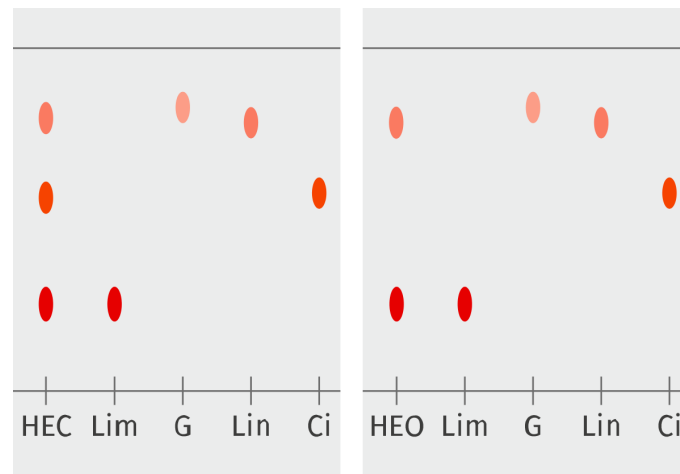
- le **limonène** (Lim), est associé à une odeur d'orange.
- le **linalol** (Lin), est associé à une odeur fraîche et florale.
- le **géraniol** (G), est associé à une odeur de rose.
- le **citral** (Ci), est associé à une odeur de citron.

5 – Quelles molécules odorantes peut-on trouver dans l'huile essentiel de citron et d'orange ?

D'après les descriptions du document 6, on s'attend à trouver du limonène dans l'huile essentielle d'orange et du citral dans l'huile essentielle de citron.

Document 7 – Résultat d'une CCM

On a réalisé deux CCM pour déterminer la composition des huiles essentielles d'orange et de citron.



6 — En analysant les chromatogrammes, donner la composition des huiles essentielles de citron et d'orange (HEC et HEO).

On trouve du limonène, du géraniol et du citral dans l'HEC (tâches à la même hauteur). On trouve du limonène et du géraniol dans l'HEO.

Activité 1.1 – Composition de l'atmosphère

Objectifs :

- Comprendre comment on décrit la composition d'un mélange.
- Connaître la composition de l'air.

Contexte : L'atmosphère est un mélange de plusieurs gaz : dioxygène, diazote, dioxyde de carbone, etc.

→ **Comment décrire la composition d'un mélange ?**

Document 1 – Fraction volumique

Soit une espèce chimique E de volume V_E , dans un mélange de volume total V . La **proportion** ou **fraction volumique** de l'espèce chimique E est

$$p_v(E) = \frac{V_E}{V}$$

C'est une grandeur sans unité, comprise entre 0 et 1. On peut aussi l'exprimer en pourcentage, compris entre 0 % et 100 %. Par définition $10\% = \frac{10}{100} = 0,10$.

Document 2 – Composition de l'atmosphère

L'air contient 78 % de diazote N_2 et 21 % de dioxygène O_2 . Les autres gaz qui composent l'air sont l'argon Ar (0,9 %), le dioxyde de carbone CO_2 (0,04 %), les gaz nobles et le méthane CH_4 (0,000 2 %).

1 — Calculer le volume occupé par le diazote N_2 dans une salle de cours de 600 m^3 .

Le diazote occupe 78 % du volume, soit $V_{N_2} = 0,78 \times 600\text{ m}^3 = 468\text{ m}^3$.

2 — Même question pour le dioxygène O_2 .

Cette fois $V_{O_2} = 0,21 \times 600\text{ m}^3 = 126\text{ m}^3$.

Document 3 – Respiration et dioxyde de carbone

Quand on respire, on inspire du dioxygène O_2 qui est transformé en dioxyde de carbone CO_2 que l'on expire.

Pendant une séance de cours d'une heure, le volume de dioxyde de carbone CO_2 double à cause de la respiration, si la salle n'est pas aérée.

3 — Calculer la proportion volumique de dioxyde de carbone CO_2 après une heure de cours.

Le volume de dioxyde de carbone a doublé, on a donc une proportion deux fois plus élevée, soit 0,08 %.

Document 4 – Fraction massique

Soit une espèce chimique E de masse m_E , dans un mélange de masse totale m . La **proportion** ou **fraction massique** de l'espèce chimique E est

$$p_m(E) = \frac{m_E}{m}$$

C'est une grandeur sans unité, comprise entre 0 et 1. On peut aussi l'exprimer en pourcentage, compris entre 0 % et 100 %.

Document 5 – Cloche en bronze

Les cloches traditionnelles des temples coréens sont en bronze. Le bronze est un **alliage**, un mélange homogène entre deux métaux. Le bronze est constitué de 20 % d'étain Sn et de 80 % de cuivre Cu en masse. Une cloche traditionnelle pèse plusieurs centaines de kilogramme.



4 – Exprimer les proportions massiques du cuivre et de l'étain dans une cloche en bronze sous la forme d'une division entre deux entiers les plus petits possibles.

$$20\% = \frac{20}{100} = \frac{1}{5} \text{ pour l'étain. } 80\% = \frac{80}{100} = \frac{4}{5} \text{ pour le cuivre.}$$

5 – Calculer la masse cuivre dans une cloche traditionnelle de masse $m = 500 \text{ kg}$

La masse de cuivre vaut $0,8 \times 500 \text{ kg} = 400 \text{ kg}$.

6 – Même question pour l'étain.

La masse d'étain vaut $0,2 \times 500 \text{ kg} = 100 \text{ kg}$.

7 – Est-ce que l'on pourrait calculer les fractions volumiques de cuivre et d'étain à partir des fractions massiques ?

Non, car on ne sait pas quel est le volume de la cloche, ni quels sont les volumes de cuivre et d'étain dans la cloche.

Activité 1.2 – Mesure de la masse volumique de l'air

Objectifs :

- ▶ Calculer la masse volumique de l'air.


Contexte : L'atmosphère est un mélange de plusieurs gaz : dioxygène, diazote, argon, etc.

→ **Comment calculer la masse volumique de l'air à partir de sa composition ou d'une expérience ?**

Document 1 – Mesure de la masse volumique de l'air

On peut mesurer la masse volumique de l'air en dégonflant un ballon dans une bouteille d'eau. La bouteille d'eau permet de mesurer le volume d'air expulsé. En pesant le ballon avant et après le dégonflage, on peut calculer la masse d'air expulsée.



 Schématiser les 3 étapes de l'expérience réalisée. Schéma du ballon sur la balance avec m_1 , schéma du ballon vidé dans une éprouvette graduée avec l'air qui prend la place de l'eau, schéma du ballon sur la balance avec m_2 .

 Remplir le tableau ci-dessous

Grandeur	Masse du ballon plein m_1	Masse du ballon dégonflé m_2	Volume d'air expulsé V
Valeur	483,2 g	481,4 g	1,5 L

1 – Calculer la masse de l'air expulsé du ballon.

La masse d'air expulsée est $m = m_2 - m_1 = 1,8$ g.

2 – Calculer la masse volumique mesurée $\rho_{\text{mes}}(\text{air})$.

Soit une masse volumique

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1,8}{1,5} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 1,2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Document 2 – Masse volumique d'un mélange

Pour un mélange de gaz, la masse volumique du mélange est simplement la somme des masses volumiques de chaque gaz pondérée par la fraction volumique de chaque gaz du mélange. Pour l'air, on aura donc

$$\rho(\text{air}) = p_v(\text{O}_2)\rho(\text{O}_2) + p_v(\text{N}_2)\rho(\text{N}_2) + p_v(\text{Ar})\rho(\text{Ar}) + p_v(\text{CO}_2)\rho(\text{CO}_2)$$

Document 3 – Fraction volumique des gaz composant l'air

Données :

- $p_v(\text{O}_2) \simeq 20 \% = 0,20$
- $p_v(\text{CO}_2) = 0,04 \%$
- $p_v(\text{N}_2) \simeq 80 \%$
- $p_v(\text{Ar}) = 0,9 \%$

Document 4 – Masse volumique des gaz composant l'air

Données :

- Masse volumique du CO_2 : $\rho(\text{CO}_2) = 1,87 \text{ g/L}$
- Masse volumique du O_2 : $\rho(\text{O}_2) = 1,35 \text{ g/L}$
- Masse volumique du N_2 : $\rho(\text{N}_2) = 1,18 \text{ g/L}$
- Masse volumique de Ar : $\rho(\text{Ar}) = 1,78 \text{ g/L}$

3 — Calculer la masse volumique théorique de l'air $\rho_{\text{theo}}(\text{air})$.

$$\rho_{\text{theo}}(\text{air}) = (0,21 \times 1,35 + 0,78 \times 1,18 + 0,0004 \times 1,87 + 0,009 \times 1,78) \text{g/L} = 1,22 \text{ g/L}$$

4 — Comparer la valeur théorique et la valeur mesurée. Est-ce qu'elles sont égales ? Est-ce qu'elles sont cohérentes ?

On trouve deux valeurs légèrement différentes, $1,2 \text{ g/L}$ et $1,22 \text{ g/L}$, mais elles sont cohérentes avec la précision des mesures réalisées pendant l'expérience.