Introduction aux transformations

I Vocabulaire général					
3					
I/B Classification par composition					
5					
6					
I/E Transformations de la matière					
II Quantification des systèmes					
8					
8					
II/C Fractions molaire et massique					
10					
10					
11					
14					
14					
nsif ou intensif					
ion (ou des réac- transformation					

TM1.1 : Atome, noyau et nuage 3 TM1.2 : Loi du gaz parfait 12 TM1.2 : Symbole d'un élément 3 TM1.2 : Loi de DALTON 13 TM1.3 : Ion 4 TM1.1 : Dilution 11 TM1.4 : Molécules 4 TM1.1 : Dilution 11 TM1.5 : États ou phases de la matière 5 TM1.2 : Loi de DALTON 13 TM1.6 : Solutés et solutions 6 Notations 13 TM1.7 : Système physico-chimique 6 Notations 6 TM1.8 : Équation-bilan 7 TM1.1 : État de la matière 6 TM1.9 : Nombres steechiométriques 7 TM1.2 : Signe dans réaction bilan 7 TM1.11 : Transformations nucléaires 7 TM1.2 : Signe dans réaction bilan 7 TM1.12 : Transformations chimiques 8 TM1.1 : Symbole d'élément et composition 3 TM1.13 : Mole 8 TM1.1 : Symbole d'élément et composition 3 TM1.14 : Masse molaire 8 TM1.3 : Atomes d'un clou 8 TM1.15 : Fractions molaire et massique 9 TM1.4 : Masse volumique 9 TM1.16 : Masse volumique et densité 10 TM1.6 : Masse volumique
☐ TM1.19 : Pression d'un gaz 12 ☐ TM1.8 : Concentration molaire 11 ☐ TM1.20 : Gaz parfait 12 ☐ TM1.9 : Pression dans une seringue 12 ☐ TM1.21 : Volume molaire 13 ☐ TM1.10 : Volume molaire 13 ☐ TM1.22 : Pression partielle 13 ☐ TM1.11 : Pressions partielles 13 ☐ TM1.23 : Intensivité et extensivité 14 ☐ TM1.12 : Pressions partielles par DALTON 13 ♣ Propriétés ✔ Points importants
▶ Propriétés 9 TM1.1 : Activité chimique

I | Vocabulaire général

I/A

Atomes et molécules

I/A)1

Les atomes

Définition TM1.1 : Atome, noyau et nuage

L'atome est un constituant **neutre** de la matière, comportant un **noyau central** entouré d'un **nuage électronique**.

Noyau

Il est composé de particules nommées **nucléons** dont il existe deux sortes :

- \diamond les protons, de charge +e et de masse $m_p = 1,673 \times 10^{-27} \,\mathrm{kg}$;
- \diamond les neutrons, de charge nulle et de masse $m_n = 1.675 \times 10^{-27} \,\mathrm{kg}$.

La taille du noyau d'un atome est de l'ordre de 10^{-15} m, soit 1 fm (femtomètre).

Nuage électronique

Il est composé

 \diamond d'**électrons**, de charge -e et de masse $m_e = 9.1 \times 10^{-31} \,\mathrm{kg}$.

Un atome avec son nuage électronique fait une taille de l'ordre de $10^{-10}\,\mathrm{m}$ soit $0,1\,\mathrm{nm}$.



Définition TM1.2 : Symbole d'un élément

Pour représenter un atome de façon symbolique, on utilise son symbole d'élément, noté X ici dans le cas général, accompagné de deux nombres :

♦ Son **numéro atomique**, soit le nombre de **protons** contenus dans le noyau. Il est noté Z, et définit l'élément;

♦ Le **nombre de nucléons**, également appelé le **nombre de masse**, noté A.

On écrit alors

 ${}_{\rm Z}^{\rm A}{\rm X}$



Remarque TM1.1 : Nombre d'électrons et de masse

Un atome étant neutre, indiquer son nombre de protons suffit : le nuage électronique sera constitué d'autant d'électrons que de protons dans le noyau.

De plus, les électrons étant ≈ 1000 fois plus légers que les nucléons, on les néglige souvent dans le calcul de la masse d'un atome, d'où l'appellation **nombre de masse** pour A.



Application TM1.1 : Symbole d'élément et composition

Donner la composition des atomes suivants :

- \diamondsuit L'atome de bore $^{10}_{5}\mathrm{B}$
 - 5 protons, et 10 5 = 5 neutrons
- \diamondsuit L'atome d'oxygène $^{16}_{~8}\mathrm{O}$
 - 8 protons et 16 8 = 8 neutrons;
- \diamond L'atome de fer $^{56}_{26}$ Fe

26 protons et 56 - 26 = 30 neutrons;

- \diamond L'atome de plomb $^{208}_{82}$ Pb
 - 82 protons et 208 82 = 126 neutrons.

I/A) 2 Les ions



Définition TM1.3 : Ion

Un ion est un atome qui a **perdu ou gagné un ou plusieurs électrons**. On indique leur charge en haut à droite de l'élément chimique. On a alors deux types d'ions :

- ♦ les cations qui sont chargés **positivement**, c'est-à-dire que c'est un atome qui a **perdu** un ou plusieurs électrons;
- ♦ les **anions** qui sont chargés **négativement**, c'est-à-dire que c'est un atome qui a **gagné** un ou plusieurs électrons.



Application TM1.2 : Compositions d'ions

Donner le nombre de protons et d'électrons des ions suivants :

♦ L'ion sodium ₁₁Na⁺

11 protons, et donc 10 électrons.

♦ L'ion chlorure ₁₇Cl⁻

17 protons et donc 18 électrons.

♦ L'ion fer ₂₆Fe²⁺
26 protons, 24 électrons.

 \diamond L'ion oxyde $_{16}O^{2-}$

16 protons et 18 électrons.

I/A) 3 Les molécules



Définition TM1.4 : Molécules

Les molécules ou les ions polyatomiques sont des assemblages d'atomes liés entre eux grâce à des liaisons chimiques. Ces liaisons chimiques se créent dès que l'énergie des atomes « liés » est plus faible que la somme des énergies des atomes séparés.

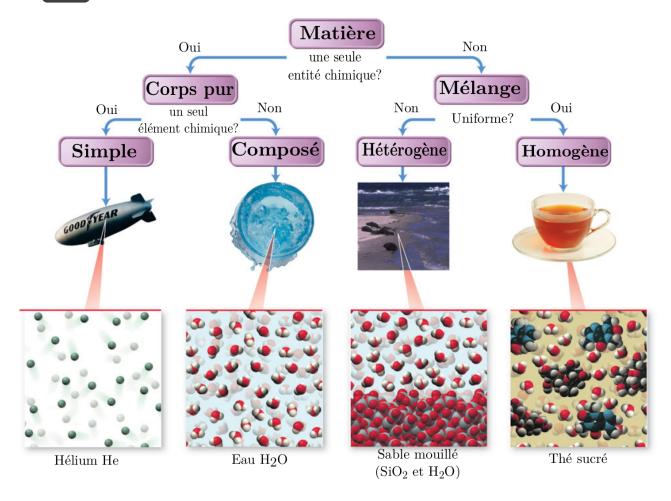
Ainsi, des atomes engagés dans une molécule sont **plus stables** que s'ils étaient seuls, d'où l'existence des molécules.



Exemple TM1.1: Molécules

- \Diamond Le méthane est l'assemblage d'un atome de carbone et de 4 atomes d'hydrogène, écrit CH_4 ;
- \diamondsuit Le dioxygène est la molécule composée de deux atomes d'oxygène liés entre eux, écrit $\mathcal{O}_2.$

I/B Classification par composition



I/C États de la matière

♥ Définition TM1.5 : États ou phases de la matière



Définition d'une phase

Zone de l'espace où les grandeurs physiques locales (pression, température, ...) varient de manière continue. Lorsque le corps évolue d'une phase à l'autre, on parle de **transition de phase**.

Phase ordonnée ou non

- ◇ Désordonnée : les entités la composant peuvent bouger les unes par rapport aux autres
- ♦ Ordonnée : les entités sont fixes les unes par rapport aux autres.

Différentes phases

- ♦ Solide : un solide a une forme propre, un volume propre, et peut être ordonné (cristal) ou non (verre) ;
- ◇ Liquide : un liquide est dense mais désordonné, et prend la forme de son contenant;
- ♦ Gazeux : un gaz est très peu dense et désordonné, et occupe tout le volume acessible ;

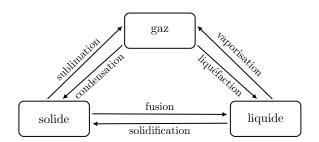


FIGURE TM1 – Vocabulaire transitions de phase



Définition TM1.6 : Solutés et solutions

- ♦ Solution : résultat de la dissolution d'un composé chimique dans un liquide nommé solvant.
- ♦ Soluté : espèce chimique en solution.
- ♦ Solution aqueuse : soluion dont le solvant est l'eau

Avant dissolution, l'espèce en question peut être un solide, un liquide ou un gaz. Elle peut être constituée d'ions ou de molécules.



Exemple TM1.2 : Solutions

On peut dissoudre:

- ♦ De l'acide chlorhydrique gazeux dans de l'eau;
- ♦ De l'éthanol liquide dans de l'eau;
- ♦ Du sel (NaCl, solide ionique) dans de l'eau (les ions Na⁺ et Cl⁻ sont alors dissociés);
- ♦ Du sucre (solide moléculaire) dans de l'eau;
- ♦ Du diiode dans de l'acétone...



Notation TM1.1: État de la matière

Les états des composés chimiques sont indiqués généralement en indice et toujours entre parenthèses. On note :

- \Diamond (g) pour un gaz;
- \diamondsuit (liq) ou (l) pour un liquide;
- \diamond (s) pour un solide;
- ♦ (aq) pour un soluté.



- \diamond Par exemple $O_2(g)$;
- \diamond Par exemple $H_2O_{(1)}$;
- \diamond Par exemple Fe(s);
- ♦ Par exemple Na_(aq)⁺.

La dissolution du sel $NaCl_{(s)}$ dans l'eau donne une solution composée d'eau liquide $H_2O_{(l)}$, d'ion sodium $Na_{(aq)}^+$ et d'ion chlorure $Cl_{(aq)}^-$.



Systèmes physico-chimiques



Définition TM1.7 : Système physico-chimique

On appelle système physico-chimique tout système physique constitué d'un très grand nombre de particules microscopiques, séparé de l'extérieur par une surface de contrôle, matérielle ou fictive. Selon le type d'échanges *via* la surface de contrôle, on dit qu'il est :

Type	Échange de matière	Échange d'énergie
Ouvert	✓	✓
Fermé	X	✓
Isolé	X	X



I/E Transformations de la matière



♥ Définition TM1.8 : Équation-bilan

La matière peut subir des transformations de différentes natures, qui sont traduites par des **équations-bilan**, qui indique :

- ♦ les éléments de départ (**réactifs**) et les éléments de fin (**produits**);
- ♦ les phases de chaque constituant;
- ♦ les proportions dans lesquelles ils apparaissent.



♥ Définition TM1.9 : Nombres stœchiométriques

Les coefficients devant les espèces sont appelés **nombres stœchiométriques**. Ils sont généralement entiers pour représenter la réalité physico-chimique d'une réaction, mais peuvent être fractionnaires par simplicité mathématique.



Notation TM1.2 : Signe dans réaction bilan

Le signe entre les réactifs et produits peut être une flèche simple de gauche à droite ou de droite à gauche, les deux flèches ensemble ou un signe égal, selon les propriétés de la réaction :

- ♦ = quand on fait un bilan de matière sans supposer le sens réel de la réaction;
- ♦ → pour indiquer que la réaction ne peut se faire dans l'autre sens ;
- ♦ ⇒ si les deux sens sont possibles et s'équilibrent

Ces notions précises font l'objet des chapitres suivants.



Exemple TM1.4 : Signe dans réaction bilan

$$\begin{aligned} \text{Reactifs} & \longrightarrow \text{Produits} \\ \text{aA} + \text{bB} & \Longrightarrow \text{cC} + \text{dD} \\ \text{CH}_4(g) + 2 \, \text{O}_2(g) = \text{CO}_2(g) + 2 \, \text{H}_2\text{O}(g) \end{aligned}$$



Attention TM1.1: Équation bilan

- ♦ Après l'écriture d'une réaction, il faut toujours vérifier qu'elle est équilibrée, tant en nombre d'atome qu'en nombre de charges.

I/E) 1

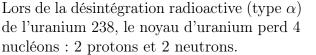
Transformations nucléaires



Définition TM1.10: Transfo. nucl.

Au cours d'une transformation nucléaire, un ou plusieurs noyaux atomiques sont modifiés.





$$^{238}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow ^{234}_{90}\mathrm{Th} + ^{4}_{2}\mathrm{He}$$

1. Il est possible de faire apparaître les espèces nécessaires à la réaction au-dessus de la flèche.





I/E) 2 Transformations physiques



Définition TM1.11: Transfo. phys.

Au cours d'une transformation physique, unes espèce chimique subit une transition de phase (i.e. un changement d'état de matière) sans modification du noyau ou des liaisons entre atomes.

Exemple TM1.6: Transfo. physique

Sublimation du dioxyde de carbone solide

$$CO_2(s) \longrightarrow CO_2(g)$$

$\left[\mathrm{I/E}\right]3$

Transformations chimiques



Définition TM1.12: Transfo. chimiq.

Au cours d'une **transformation chimique**, il y a réorganisation des atomes d'une ou plusieurs substances. On observe la formation et la rupture d'une ou plusieurs liaisons.

Exemple TM1.7: Transfo. chimique

Combustion du méthane :

$$CH_4(g) + 2O_2(g) = CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

II | Quantification des systèmes

II/A La mole

Les molécules réagissent dans des proportions bien précises, notamment pour conserver le nombre d'atome. Or, on se rend vite compte que les nombres sont très grands et difficiles d'appréhension. Pour simplifier les calculs, on définit une grandeur plus utilisable, la **mole**.



Définition TM1.13 : Mole

La quantité de matière d'un système se note n et se définit par

$$n = \frac{N}{N_A}$$
 en **moles**, mol

avec N le nombre d'entités dans l'échantillon, et \mathcal{N}_A est une constante nommée **nombre** d'Avogadro telle que

$$\mathcal{N}_A = 6,022\,140\,76 \times 10^{23}\,\mathrm{mol}^{-1}$$

Application TM1.3: Atomes d'un clou



Soit un clou de masse $m=6\,\mathrm{g}$. Sachant qu'un atome de fer pèse $m_{\mathrm{Fe}}=9.37\times10^{-26}\,\mathrm{kg}$, déterminer le nombre d'atomes de fer, puis la quantité de matière de fer.

$$N = \frac{m}{m_{\text{Fe}}} \quad \text{A.N.} : \underline{N = 6,4 \times 10^{22}}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{n = \frac{N}{N_A}} \quad \text{A.N.} : \underline{n = 1,1 \times 10^{-1} \, \text{mol}}$$

II/B Masse molaire



Définition TM1.14 : Masse molaire

La masse molaire d'une entité de masse m_1 , notée M, est la masse de \mathcal{N}_A de ces entités, c'est-à-dire la masse totale m_{tot} d'un échantillon par rapport à son nombre de moles n:

$$M = m_1 \mathcal{N}_A \Leftrightarrow M = \frac{m_{\text{tot}}}{n}$$

Unité

Elle s'exprime en $g \cdot \text{mol}^{-1}$.



♥ Propriété TM1.1 : Masse molaire

La masse molaire d'une **molécule** est la **somme** des masses molaires de ses atomes.

$$M(X_xY_y) = xM(X) + yM(Y)$$



Application TM1.4: Masses molaires

Sachant que $M(H) = 1.0 \,\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$ et $M(O) = 16.0 \,\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$, déterminer la masse molaire de l'eau. Déterminer ensuite la quantité de matière dans 1 kg d'eau.

$$M(H_2O) = 2M(H) + M(O)$$

$$\Leftrightarrow M(H_2O) = 18.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$n_{\rm H_2O} = \frac{m_{\rm H_2O}}{M({\rm H_2O})}$$
 $\Leftrightarrow n = 55.6 \,\mathrm{mol}$

II/C Fractions molaire et massique



♥ Définition TM1.15 : Frac° molaire, massique

Pour un **mélange homogène** avec des espèces X_i de quantités de matières n_i , on définit :

- \diamond Fraction molaire: $x_i = \frac{n_i}{\sum n_i} = \frac{n_i}{n_{\text{tot}}}$
- \diamond Fraction massique : $w_i = \frac{m_i}{\sum m_i} = \frac{m_i}{m_{\text{tot}}}$



En tant que fractions, on a évidemment

$$\sum x_i = 1 = \sum w_i$$



Application TM1.5: Fractions molaires et massiques

L'air est constitué, en quantité de matière, à 80% de diazote N_2 et à 20% de dioxygène O_2 . On a $M(N_2) = 28.0 \,\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$ et $M(O_2) = 32.0 \,\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$.

En déduire les fractions molaires puis les fractions massiques.

On a

$$n_{\text{tot}} = n_{\text{N}_2} + n_{\text{O}_2}$$
 et $m_{\text{tot}} = m_{\text{N}_2} + m_{\text{O}_2}$

Or, par lecture de l'énoncé on a

$$x_{\text{N}_2} = \frac{n_{\text{N}_2}}{n_{\text{tot}}} = 0.80$$
 et $x_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{O}_2}}{n_{\text{tot}}} = 0.20$

Et par définition,

$$m_{\rm N_2} = M({\rm N_2}) n_{\rm N_2} = M({\rm N_2}) x_{\rm N_2} n_{\rm tot}$$

et $m_{\rm O_2} = M({\rm O_2}) n_{\rm O_2} = M({\rm O_2}) x_{\rm O_2} n_{\rm tot}$

$$w_{\rm N_2} = \frac{M({\rm N_2})x_{\rm N_2}n_{\rm tot}}{M({\rm N_2})x_{\rm N_2}n_{\rm tot} + M({\rm O_2})x_{\rm O_2}n_{\rm tot}}$$

$$\Leftrightarrow w_{\rm N_2} = \frac{M({\rm N_2})x_{\rm N_2}}{M({\rm N_2})x_{\rm N_2} + M({\rm O_2})x_{\rm O_2}}$$

$$A.{\rm N.} : \underline{w_{\rm N_2} = 0.78}$$

$$et \quad w_{\rm O_2} = 1 - w_{\rm N_2}$$

$$\Leftrightarrow w_{\rm O_2} = \frac{M({\rm O_2})x_{\rm O_2}}{M({\rm N_2})x_{\rm N_2} + M({\rm O_2})x_{\rm O_2}}$$

$$A.{\rm N.} : w_{\rm O_2} = 0.22$$

Masse volumique



Définition TM1.16 : Masse volumique et densité

Masse volumique

La masse volumique notée ρ d'un échantillon est le rapport de la masse m sur le volume qu'elle occupe V:

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

en
$$kg \cdot m^{-3}$$
 ou $g \cdot L^{-1}$ ou $g \cdot cm^{-3}$

Densité

La densité d'un corps est le rapport de sa masse volumique par rapport à celle de l'eau:

$$\boxed{d = \frac{\rho}{\rho_{\text{\tiny eau}}}} \quad \text{avec} \quad \rho_{\text{\tiny eau}} = 1.0 \, \text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$$



Application TM1.6: Masse volumique

Calculer la masse d'un volume $V=0.5\,\mathrm{L}$ d'acétone de masse volumique $\rho=0.79\,\mathrm{g\cdot cm^{-3}}$

Exprimé en cm³ on a

$$V = 0.5 L = 0.5 \times 1000 cm^3 = 500 cm^3$$

soit

$$\boxed{m = \rho V} = \underline{395\,\mathrm{g}}$$

Espèces en solution

II/E)1Concentration molaire



Définition TM1.17 : Concentration molaire

On appelle concentration molaire d'une solution le rapport entre la quantité de matière de soluté n et le volume V de la solution. Elle se note c ou [X] avec X une espèce :

$$c = \frac{n}{V}$$
 en $\text{mol} \cdot L^{-1}$



Application TM1.7: Concentration molaire

On dissout une masse $m=2.00\,\mathrm{g}$ de sel NaCl(s) dans $V=100\,\mathrm{mL}$ d'eau.

Déterminer la concentration en Na⁺ dans la solution.

On donne $M(\text{NaCl}) = 58.44 \,\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

L'équation de dissolution du sel dans l'eau est

$$NaCl(s) \longrightarrow Na^{+}(aq) + Cl-(aq)$$

Donc une mole de sel donne une mole de cation sodium et une mole d'anion chlorure : $n_{\text{NaCl}} =$ $n_{\rm Na^+} = n_{\rm Cl^-}$. Or,

$$n_{\text{NaCl}} = \frac{m}{M(\text{NaCl})} = 3.42 \times 10^{-2} \,\text{mol} \Rightarrow \boxed{\left[\text{Na}^{+}\right] = \frac{n_{\text{Na}^{+}}}{V} = 0.342 \,\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = \left[\text{Cl}^{-}\right]}$$

II/E) 2 Concentration massique



♥ Définition TM1.18 : Concentration massique

On appelle **concentration massique** d'une solution le rapport entre la masse de soluté m et le volume V de la solution. Elle se note c_m et on a :

$$c_m = \frac{m}{V}$$
 en $g \cdot L^{-1}$

On relie concentration massique c_m et molaire c par

$$c_m = cM$$



Application TM1.8: Concentration molaire

On dissout une masse $m=2,00\,\mathrm{g}$ de sel NaCl(s) dans $V=100\,\mathrm{mL}$ d'eau.

Déterminer la concentration massique en Na⁺ dans la solution.

On donne $M(\text{NaCl}) = 58,44 \,\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et $M(\text{Na}) = 22,99 \,\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

On a vu qu'une mole de sel donne une mole de Na et une mole de Cl, mais

$$m_{\rm X} = n_{\rm X} M_{\rm X}$$

Or la quantité de matière est

$$n_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{M(\text{NaCl})} = 3.42 \times 10^{-2} \,\text{mol} = n_{\text{Na}^+}$$

On a donc

$$c_{m,\text{Na}^{+}} = \frac{m_{\text{Na}^{+}}}{V} = \frac{n_{\text{Na}^{+}} M_{\text{Na}^{+}}}{V} c_{\text{Na}^{+}} \times M_{\text{Na}^{+}} = 7.86 \,\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$





♥ Propriété TM1.3 : Dilution

On peut diminuer la concentration c d'une solution de volume V en ajoutant du solvant jusqu'à un volume V'. La concentration c' obtenue est alors

$$\boxed{cV = c'V'} \Leftrightarrow \boxed{\frac{c}{c'} = \frac{V'}{V}}$$

Démonstration TM1.1 : Dilution

La quantité de matière de soluté ne change pas avec l'ajout de solvant, autrement dit n est constant. On a donc

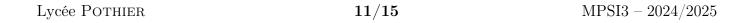
$$c = \frac{n}{V}$$
 et $c' = \frac{n}{V'}$

d'où le résultat.

II/F Espèces gazeuses

II/F) 1 Pression d'un gaz

Les espèces gazeuses remplissent l'espace qui leur est attribué et les entités les composant se meuvent les unes par rapport aux autres, en s'entrechoquant. Elles frappent notamment les surfaces avec lesquelles elles sont en contact; ce qu'on appelle la **pression** c'est cette **force surfacique**.





♥ Définition TM1.19 : Pression d'un gaz

Un gaz est un ensemble de molécules en mouvement, qui exerce une **pression** p équivalent à une **force surfacique** :

$$p = \frac{F}{S}$$

Unités

- \Diamond 1 Pa = 1 N·m⁻²
- \diamond 1 bar = 1 × 10⁵ Pa

L'air exerce une pression variant avec l'altitude, puisque la gravité est plus forte au sol qu'en hauteur : le choc des particules au niveau de la mer est plus fort qu'en haut d'une montagne.

Pour de faibles altitudes, elle est de ≈ 1 bar, soit 10^5 N·m⁻². C'est une **très grande force** qui cause notamment des phénomènes d'adhésion en cas de vide autre part.

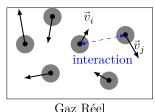
II/F) 2 Modèle du gaz parfait

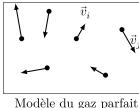


Définition TM1.20 : Gaz parfait

Un gaz parfait est un modèle limite décrivant un gaz pour lequel :

- ♦ les particules gazeuses sont considérées comme ponctuelles;
- ♦ il n'y a pas d'interaction entre les particules





♥ Loi TM1.1 : Loi du gaz parfait

Lorsque la pression est assez faible ($\lesssim 1\,\mathrm{bar}$) et à des températures assez élevées, les grandeurs physiques décrivant un gaz sont reliées par la formule

$$\boxed{pV = nRT} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} p \; \text{en Pa} \\ V \; \text{en m}^3 \\ n \; \text{en mol} \\ T \; \text{en Kelvin (K)} \end{cases}$$

avec

 $\underline{R = 8,314 \, \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}}$ la constante des gaz parfaits



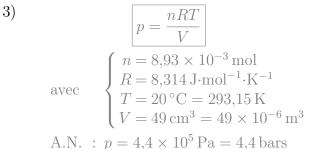
Application TM1.9: Pression dans une seringue

On considère une seringue cylindrique de $10\,\mathrm{cm}$ le long et de $2.5\,\mathrm{cm}$ de diamètre, contenant $0.250\,\mathrm{g}$ de diazote de masse molaire $M(\mathrm{N}_2) = 28.01\,\mathrm{g}\cdot\mathrm{mol}^{-1}$ à la température $T = 20\,\mathrm{^{\circ}C}$.

- 1) Calculer le volume de la seringue
- 2) Calculer la quantité de matière dans la seringue
- 3) Calculer la pression exercée par le diazote dans la seringue

1)
$$V = \pi \frac{d^2}{4} \times \ell = 49 \,\mathrm{cm}^3$$

2)
$$n_{N_2} = m_{N_2}/M(N_2) = 8.93 \times 10^{-3} \text{ mol}$$





Définition TM1.21 : Volume molaire

Le **volume molaire** V_m d'un corps est le volume occupé par **une mole** de gaz :

$$\boxed{V_m = \frac{V}{n}} \Leftrightarrow n = \frac{V}{V_m}$$

Unités

 V_m s'exprime en m³·mol⁻¹ ou en L·mol⁻¹

Application TM1.10: Volume molaire

Calculer le volume molaire d'un gaz parfait pour $\theta_1=0\,^{\circ}\mathrm{C}$ et $\theta_2=25\,^{\circ}\mathrm{C}$ avec $p=1013\,\mathrm{hPa}$.

$$T_1 = 273,15 \text{ K} \Rightarrow V_m = \frac{RT}{p} = 22,4 \text{ L·mol}^{-1}$$

 $T_2 = 298,15 \text{ K} \Rightarrow V_m = \frac{RT}{p} = 24,5 \text{ L·mol}^{-1}$

II/F)3

Pression partielle



♥ Définition TM1.22 : Pression partielle

La pression partielle P_i d'une espèce gazeuse X_i au sein d'un mélange de gaz parfaits de volume V et de température T est égale à la pression qu'aurait le système si l'espèce X_i était la seule à occuper tout le volume :

$$P_iV = n_{g,i}RT$$



Application TM1.11: Pressions partielles

On note P la pression totale d'un mélange de gaz parfaits, et P_i la pression partielle d'un constituant X_i . Montrer que $\sum_i P_i = P$.

$$\sum_{i} P_{i} = \sum_{i} \frac{n_{g,i}RT}{V} = \frac{RT}{V} \sum_{i} n_{g,i} = \frac{n_{g,\text{tot}}RT}{V} = P$$

II/F)4 Loi de Dalton



♥ Loi TM1.2 : Loi de DALTON

Soit un mélange de gaz parfaits de pression P. Les pressions partielles P_i de chaque constituant X_i s'exprime

$$P_i = x_i P$$

Démonstration TM1.2 : Dalton

$$P_{i} = \frac{n_{g,i}RT}{V} = \underbrace{\frac{n_{g,i}}{n_{g,\text{tot}}}}_{x_{i}} \times \underbrace{\frac{n_{g,\text{tot}}RT}{V}}_{P}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{P_{i} = x_{i}P}$$



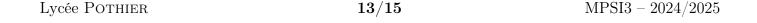
Application TM1.12: Pressions partielles par Dalton

Soit un mélange de gaz nobles contenu dans une enceinte de $100\,\mathrm{L}$ à la température $T=298,3\,\mathrm{K},$ avec $2\,\mathrm{mol}$ d'hélium He, $5\,\mathrm{mol}$ d'argon Ar et $10\,\mathrm{mol}$ de néon Ne.

Calculer la pression totale dans l'enceinte aussi que la partielle de chacun des gaz.

On donne la constante du gaz parfait $R = 8.31 \,\mathrm{J \cdot K \cdot mol^{-1}}$.

Conseil: FAIRE UN SCHÉMA



$$n_{g,\text{tot}} = 17 \,\text{mol} \Rightarrow P = \frac{n_{g,\text{tot}} RT}{V}$$
avec
$$\begin{cases}
n_{g,\text{tot}} = 17 \,\text{mol} \\
R = 8,31 \,\text{J·mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\
T = 298,3 \,\text{K} \\
V = 100 \,\text{L} = 0,1 \,\text{m}^{3}
\end{cases}$$
A.N. : $P = 4,2 \times 10^{5} \,\text{Pa}$

$$P_{\text{Ar}} = \frac{n_{\text{Ar}}}{n_{g,\text{tot}}} P = \underline{1,2 \times 10^5 \,\text{Pa}}$$

$$P_{\text{He}} = \frac{n_{\text{He}}}{n_{g,\text{tot}}} P = \underline{0,50 \times 10^4 \,\text{Pa}}$$

$$P_{\text{Ne}} = \frac{n_{\text{Ne}}}{n_{g,\text{tot}}} P = \underline{2,5 \times 10^5 \,\text{Pa}}$$

II/G Intensivité, extensivité



♥ Définition TM1.23 : Intensivité et extensivité

Soit deux systèmes Σ_1 et Σ_2 identiques, avec une grandeur d'état X telle que $X_{\Sigma_1} = X_{\Sigma_2}$.

Extensive

X est extensive si elle est **proportionnelle** à la quantité de matière :

$$X_{\Sigma_1 + \Sigma_2} = X_{\Sigma_1} + X_{\Sigma_2} = 2X_{\Sigma_1}$$

Intensive

X est intensive si elle ne **dépend pas** de la quantité de matière :

$$X_{\Sigma_1 + \Sigma_2} = X_{\Sigma_1} = X_{\Sigma_2}$$



Interprétation TM1.1 : Grandeurs intensives et extensives

En pratique, on retiendra qu'une grandeur **extensive** caractérise l'**ensemble du système**, alors qu'une grandeur *intensive* peut être définie *localement*, en tout point du système.



Exemple TM1.8: Grandeurs intensives et extensives

- ♦ Extensive : masse, volume, charge électrique, énergie
- ♦ Intensive : température, pression, masse volumique, concentration

En ouvrant la porte entre deux pièces, on augmente le volume mais pas la température! On peut définir la température en un point, mais pas le volume en un point.



Remarque

Il existe des grandeurs ni intensives ni extensives, par exemple V^2 ou \sqrt{m} , mais elles sont très occasionnelles.

II/H Activité

Enfin, pour suivre l'évolution d'un système qui subit une transformation chimique, on utilise l'activité chimique des espèces, notée a(X) pour l'espèce X. Elle quantifie l'écart des propriétés de l'espèce en question par rapport à un état standard : on définit

- $\diamond c^{\circ} = 1 \,\text{mol} \cdot L^{-1}$ la concentration standard;
- $\diamond P^{\circ} = 1 \, \text{bar} = 10^5 \, \text{Pa la pression standard}.$



Important TM1.1 : Activité chimique	
État physique	Activité
Gaz (pur ou mélange)	$a(\mathbf{X}_{(g)}) = \frac{P_{\mathbf{X}}}{P^{\circ}}$
Liquide ou solide (PUR)	$a(X_{(l)}) = a(X_{(s)}) = 1$
Soluté (assez dilué)	$a(X_{(aq)}) = \frac{[X]}{c^{\circ}}$
Solvant	$a_{\rm solvant} = 1$