

# Boite à outils - Outil 1 - Le calcul en Physique-Chimie

## Introduction

En Physique-Chimie, il est nécessaire de maîtriser le calcul de valeurs numériques, afin d'exprimer convenablement un résultat. C'est ce que je vous propose de voir dans ce cours.

## I Les unités

### I.1 Présentation

En Physique-Chimie, à chaque grandeur est associé une unité, nécessaire pour sa mesure ou son interprétation. On distingue :

- **les unités de base** : qui dérivent du **Système International d'unité**. Elle sont au nombre de [7](#).

| Grandeur physique               | Notation | Unité      | Symbole de l'unité |
|---------------------------------|----------|------------|--------------------|
| Longueur                        | $l$      | mètre      | m                  |
| Temps                           | $t$      | seconde    | s                  |
| Masse                           | $m$      | kilogramme | kg                 |
| Quantité de matière             | $n$      | mole       | mol                |
| Intensité du courant électrique | $I$      | ampère     | A                  |
| Température                     | $T$      | kelvin     | K                  |
| Intensité lumineuse             | $E$      | Candela    | cd                 |

- **les unités dérivées** : qui s'expriment en fonction d'unités de base et que l'on rencontrera au cours de l'année.

| Grandeur physique         | Notation | Unité                     | Symbole de l'unité |
|---------------------------|----------|---------------------------|--------------------|
| Aire                      | $S$      | mètre carré               | $m^2$              |
| Volume                    | $V$      | mètre cube                | $m^3$              |
| Fréquence                 | $f$      | hertz                     | Hz                 |
| Vitesse                   | $v$      | mètre par seconde         | $m.s^{-1}$         |
| Force                     | $F$      | newton                    | $N$                |
| Intensité de la pesanteur | $g$      | newton par kilogramme     | $N.kg^{-1}$        |
| Concentration en masse    | $C_m$    | kilogramme par mètre cube | $kg.m^{-3}$        |
| Masse volumique           | $\rho$   | kilogramme par mètre cube | $kg.m^{-3}$        |
| Tension électrique        | $U$      | volt                      | V                  |
| Charge électrique         | $q$      | coulomb                   | C                  |

## I.2 Unité d'une grandeur

### Produit ou quotient

Si une grandeur est le produit ou le quotient de plusieurs grandeurs, alors son unité est le produit ou le quotient des unités de ces grandeurs.

**Exemple :** Lorsque l'on calcule la masse volumique :

$$\rho = \frac{\text{masse (en g)}}{\text{volume (en L)}} \quad \text{on trouve alors que la masse volumique est en } \text{g.L}^{-1} \text{ ou g/L}$$

### Addition ou soustraction

Deux grandeurs ne peuvent être additionnées ou soustraites que lorsqu'elles sont exprimées dans la même unité.

**Exemple :** Dans une bouteille, on ajoute un volume d'eau  $V_2 = 100 \text{ mL}$  à un volume  $V_1 = 1 \text{ L}$  d'eau. On peut alors exprimer le résultat en L ou mL par exemple :

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 = 1 \text{ L} + 0,1 \text{ L} = 1,1 \text{ L} \quad \text{ou} \quad V_{\text{total}} = V_1 + V_2 = 1000 \text{ mL} + 100 \text{ mL} = 1100 \text{ mL}$$

## I.3 Homogénéité d'une relation

### Définition

Une relation est dite **homogène** lorsque les deux membres de l'égalité ou l'inégalité ont la même unité.  
Une relation doit être homogène pour qu'elle soit correcte.

### Exercice de cours - Homogène ou non ?

Dire si les deux relations suivantes sont correctes ou incorrectes, en trouvant l'unité des deux membres de l'égalité :

| Relation             | Unité 1 <sup>er</sup> membre | Unité 2 <sup>e</sup> membre                                    | Conclusion |
|----------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------|
| $\rho = \frac{V}{m}$ | $\rho$ en $\text{g.L}^{-1}$  | $\frac{V}{m}$ en $\frac{\text{L}}{\text{g}} = \text{L.g}^{-1}$ | Incorrect  |
| $\rho = \frac{m}{V}$ | $\rho$ en $\text{g.L}^{-1}$  | $\frac{m}{V}$ en $\frac{\text{g}}{\text{L}} = \text{g.L}^{-1}$ | Correct    |

## II Les chiffres significatifs

## II.1 Précision d'un résultat

Lors d'une mesure ou d'un calcul, la précision connue de la valeur de la grandeur physique mesurée n'est pas infinie et comporte une incertitude sur le **dernier chiffre** donné.

### Chiffres significatifs

Les **chiffres significatifs** permettent d'indiquer la précision de la valeur d'une grandeur. On peut retenir comme règle que tous les chiffres d'un nombre sont significatifs, **sauf** les zéros placés à gauche du premier chiffre non nul. En revanche les zéros écrits à la fin d'un nombre sont significatifs

### Exercice de cours - Le bon nombre de chiffres significatifs

Trouver le bon nombre de chiffre significatifs :

| Nombre | Nombre de chiffres significatifs | Pourquoi?                                                      |
|--------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 0,105  | 3                                | on ne compte pas le zéro à gauche de la virgule                |
| 0,1050 | 4                                | le dernier 0 est un chiffre significatif                       |
| 1,0    | 2                                | le dernier 0 est un chiffre significatif                       |
| 0,001  | 1                                | on ne compte pas les zéros à gauche du premier chiffre non nul |

## II.2 Chiffres significatifs du résultat d'un calcul

### Règle ♥

Le résultat d'un calcul a le même nombre de chiffres significatifs que le nombre qui en comporte le moins. Si nécessaire, on arrondi le résultat :

- **si le dernier chiffre non retenu est inférieur à 5** : on garde la valeur du dernier chiffre retenu.
- **si le dernier chiffre non retenu est supérieur ou égal à 5** : on ajoute 1 à la valeur du dernier chiffre retenu.

### Exercice de cours - Cas d'une addition ou soustraction

On cherche à effectuer l'addition  $160,33 + 15,20$  puis l'addition  $160,36 + 15,20$ . Donner les résultats avec le bon nombre de chiffres significatifs :

$$160,33 + 15,20 = 175,53 = 175,5$$

car le dernier chiffre non retenu est  $3 < 5$

$$160,36 + 15,20 = 175,56 = 175,6$$

car le dernier chiffre non retenu est  $6 > 5$

## Exercice de cours - Cas d'un produit ou d'un quotient

On cherche à effectuer le produit de 10,0 par 0,50 puis le quotient de 10,0 par 2. Donner les résultats avec le bon nombre de chiffres significatifs :

$$10,0 \times 0,50 = 5,00 = 5,0 \quad \text{car } 0,50 \text{ ne contient que 2 chiffres significatifs, on en garde 2}$$

$$\frac{10,0}{2} = 5,0 = 5 \quad \text{car 2 ne contient qu'un chiffre significatif, on en garde 1}$$

Remarques :

- Lors d'un calcul à plusieurs étapes, seul le résultat final est arrondi et non les résultats intermédiaire.
- On ne tient pas compte du nombre de chiffres significatifs d'un coefficient ou d'un nombre exact.

**III Puissances de 10**

## Nombre écrit en puissance de 10

On peut exprimer un nombre positif en utilisant une de puissance de 10, que l'on notera par exemple  $10^n$ . On distingue deux cas :

- **le nombre est supérieur à 1** : l'exposant  $n$  est positif (Exemple :  $100 = 10 \times 10 = 10^2$  soit  $n = 2$ ),
- **le nombre est inférieur à 1** : l'exposant  $n$  est négatif (Exemple :  $0,1 = \frac{1}{10^1} = 10^{-1}$  soit  $n = -1$ )

Propriétés :

- $10^0 = 1$ ,
- Multiplier des puissances de 10 revient à sommer les exposants, alors que diviser deux puissances de 10 revient à soustraire les exposants :

$$10^n \times 10^m = 10^{n+m} \quad \text{et} \quad \frac{10^n}{10^m} = 10^{n-m} \quad \text{et} \quad \frac{1}{10^n} = \frac{10^0}{10^n} = 10^{0-n} = 10^{-n}$$

- L'exposant indique le nombre de 0 après le chiffre 1 lorsqu'il est positif.
- L'exposant indique le nombre de 0 avant le chiffre 1 (virgule incluse) lorsqu'il est négatif.

## Exercice de cours - Passer d'écriture décimale aux puissances de 10

Convertir le nombre décimal ou le quotient en puissance de 10 :

$$100000 = \underline{100000} = 10^5 \quad \text{car on constate 5 zéros après le chiffre 1}$$

$$0.0001 = \underline{0,0001} = 10^{-4} \quad \text{car on constate 4 zéros avant le chiffre 1}$$

$$\frac{1}{10000} = \frac{1}{10^4} = \frac{10^0}{10^4} = 10^{0-4} = 10^{-4}$$

## IV L'écriture scientifique

Très souvent, en Physique-Chimie, il devient difficile d'exprimer un résultat comportant un très grand ou un très petit nombre décimal. Par exemple, le nanomètre (nm) est une unité de longueur correspondant à un milliardième de mètre et écrire  $1 \text{ nm} = 0,000000001 \text{ m}$  paraît un peu long. Dans de tels cas, nous allons utiliser l'écriture scientifique, afin d'exprimer le résultat plus simplement.

### Écrire un nombre en notation scientifique

Écrire un nombre en notation scientifique, c'est l'écrire sous la forme :

$$a \times 10^n$$

où  $a$  est un nombre décimal tel que  $0 \leq a < 10$  et  $n$  un nombre entier positif ou négatif.

**Remarque** : le nombre  $a$  conserve le même nombre de chiffres significatifs que le nombre en écriture décimale.

### Méthode pour obtenir $a$

- **si le nombre est supérieur 10** : on obtient  $a$  en plaçant la virgule vers la gauche et en s'arrêtant juste après le premier chiffre significatif (à droite),
- **si le nombre est inférieur à 1** : on obtient  $a$  en déplaçant la virgule vers la droite jusqu'au premier chiffre significatif non nul,
- **si le nombre est entre 1 et 10** : on obtient  $a$  directement.

La puissance de 10 que multiplie  $a$  se déduit ensuite du déplacement de la virgule

### Exercice de cours - Passer d'écriture décimale à écriture scientifique

Écrire 458 000 puis 0,0080 en écriture scientifique. Commençons par 458 000 :

$$458000 = \underline{4}58000 = 4,58000 \times 10^5 \quad \text{car virgule déplacée de 5 chiffres, on retrouve 6 chiffres significatifs}$$

Puis 0,0080 :

$$0,0080 = \underline{0,008}0 = 8,0 \times 10^{-3} \quad \text{car virgule déplacée de 3 chiffres, on retrouve 2 chiffres significatifs}$$

## V Les conversions d'unités

## V.1 Unités simples

Avant d'effectuer une conversion, il vaut mieux s'assurer que le résultat est exprimé en écriture scientifique (forme  $a \times 10^n$ ). Ensuite, si l'on cherche par exemple à passer d'un multiple ou sous-multiple à l'unité de base, on peut par exemple se référer à la correspondance en puissance de 10.

| Préfixe         | femto             | pico              | nano             | micro            | milli            | centi            | deci             | - | kilo          | méga          | giga          | téra             | péta             |
|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------|
| lettre          | f                 | p                 | n                | $\mu$            | m                | c                | d                | - | k             | M             | G             | T                | P                |
| puissance de 10 | $\times 10^{-15}$ | $\times 10^{-12}$ | $\times 10^{-9}$ | $\times 10^{-6}$ | $\times 10^{-3}$ | $\times 10^{-2}$ | $\times 10^{-1}$ | - | $\times 10^3$ | $\times 10^6$ | $\times 10^9$ | $\times 10^{12}$ | $\times 10^{15}$ |

### Règle

Pour convertir depuis un multiple ou sous-multiple à l'unité de base, on remplace le préfixe par la puissance de 10 associée. Pour convertir l'unité de base à un multiple ou sous-multiple, on remplace par la puissance de 10 associée mais en changeant le signe de l'exposant.

### Exercice de cours - Conversion

Convertir la distance  $d = 15 \mu\text{m}$  (micromètres) en mètres (depuis le multiple micromètre vers l'unité de base qui est le mètre)

$$d = 15 \mu\text{m} = 1,5 \times 10^1 \mu\text{m} = 1,5 \times 10^1 \times 10^{-6} \text{ m} = 1,5 \times 10^{1-6} \text{ m} = 1,5 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Convertir la distance  $a = 5 \times 10^{-4} \text{ m}$  en micromètres (depuis l'unité de base au multiple)

$$a = 5 \times 10^{-4} \text{ m} = 5 \times 10^{-4} \times 10^6 \mu\text{m} = 5 \times 10^{-4+6} \mu\text{m} = 5 \times 10^2 \mu\text{m}$$

**Remarque :** On peut remarquer que lorsque l'on passe d'une unité plus petite à une unité plus grande, l'exposant de la puissance de 10 est négatif. Au contraire, lorsque l'on passe d'une unité plus grande à une unité plus petite, l'exposant de la puissance de 10 est positif.

## V.2 Unités composées

La conversion se fait en deux étapes. Par exemple pour convertir  $1,3 \text{ g.mL}^{-1}$  en  $\text{kg.L}^{-1}$  :

$$1,3 \text{ g.mL}^{-1} = 1,3 \times (1 \text{ g} / 1 \text{ mL}) = 1,3 \times (10^{-3} \text{ kg} / 10^{-3} \text{ L}) = 1,3 \times (10^{-3+3} \text{ kg/L}) = 1,3 \text{ kg/L}$$