

## Préparer sa rentrée en PTSI en physique chimie :

En complément des parties du programme de 1<sup>ère</sup> S et TS à réviser, voici quelques rappels sur l'analyse dimensionnelle, les unités, les chiffres significatifs et des exercices d'entraînement en chimie : l'un des ces exercices vous sera donné en DM à la rentrée.

Toutes ces notions seront utilisées tout au long de l'année.

### ANALYSE DIMENSIONNELLE

#### 1- Dimension d'une grandeur physique

Il importe de faire la distinction entre la *dimension* d'une grandeur physique et son *unité*.

Par exemple, une **distance** a pour dimension une **longueur**, mais sa valeur pourra s'exprimer avec diverses unités : le **mètre**, le **mile** pour les anglo-saxons, l'**angström** à l'échelle atomique ...

Une grandeur purement numérique, comme le rapport de deux longueurs, est dite sans dimension ou adimensionnée. Ainsi, l'**angle plan**, défini comme le rapport entre une longueur d'arc de cercle et le rayon du cercle, est **sans dimension**, bien qu'ayant une unité : le **radian** ou le **degré**.

La dimension d'une grandeur renseigne donc sur sa nature physique, c'est une caractéristique beaucoup plus générale que son unité.

#### 2- Dimensions de base

Il se trouve que la dimension de n'importe quelle grandeur physique peut être reliée à seulement sept autres dimensions bien choisies. Le choix de ces dimensions n'est pas unique et les physiciens ont adopté sept dimensions de base auxquelles sont associés des symboles dimensionnels :

| Dimension            | Symbole  |
|----------------------|----------|
| masse                | M        |
| temps                | T        |
| longueur             | L        |
| intensité électrique | I        |
| température          | $\theta$ |
| quantité de matière  | N        |
| intensité lumineuse  | J        |

Attention, encore une fois il convient de faire la distinction entre le *symbole dimensionnel* (très général) et le *symbole de l'unité* (qui dépend du choix du système d'unité).

#### 3- Équations aux dimensions

On appelle « équation aux dimensions » l'écriture de la dimension d'une grandeur physique en fonction des dimensions de base.

Si G est cette grandeur, sa dimension est notée [G].

Exemples : Si r est le rayon d'un cercle, on écrira  $[r] = L$ .  
Si  $\alpha$  est un angle plan, on écrira  $[\alpha] = 1$ .

L'équation aux dimension d'une vitesse v s'écrit  $[v] = LT^{-1}$ .

L'équation aux dimension d'une force F s'écrit  $[F] = MLT^{-2}$ .

Pour établir l'équation aux dimensions d'une grandeur, on fait appel à une relation (définition, principe, loi, théorème ...) qui la relie à d'autres grandeurs de dimensions connues.

#### 4- Homogénéité d'une expression

Une expression est homogène si elle est valable du point de vue de l'analyse dimensionnelle. C'est le cas si :

- les termes d'une somme ou d'une différence ont la même dimension,
- les deux membres d'une égalité ont la même dimension,
- l'argument d'une fonction transcendante (sin , cos , tan , exp , ln ...) est sans dimension.

L'analyse de l'homogénéité constitue un puissant outil pour déceler une erreur, en effet : **une expression non homogène est nécessairement fautive**.

A la fin de tout calcul littéral, il est vivement recommandé de vérifier l'homogénéité de l'expression obtenue. Bien sûr, il ne faut surtout pas avoir utilisé des valeurs numériques en cours de calcul.

## SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITÉS

### 1- Unités de base

A chacune des sept dimensions de base citées plus haut est associée une unité faisant l'objet d'une définition. Seul le kilogramme est encore défini par rapport à un objet matériel susceptible de s'altérer. Les définitions des six autres unités de base du système international se réfèrent à des phénomènes physiques reproductibles.

➔ **Le kilogramme** (symbole : **kg**)

C'est la masse de l'étalon prototype en platine iridié à 10 % réalisé en 1889 sous la forme d'un cylindre dont le diamètre est égal à la hauteur – soit à peu près 39 mm – et conservé au Pavillon de Breteuil à Sèvres.

Autrefois le gramme était défini comme la masse d'un centimètre cube d'eau pure.

➔ **La seconde** (symbole : **s**)

Elle est définie depuis 1967 comme la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.

Autrefois, la seconde était définie comme la fraction  $\frac{1}{86400}$  du jour solaire.

➔ **Le mètre** (symbole : **m**)

Il est défini depuis 1983 comme la longueur du trajet parcouru par la lumière dans le vide pendant la durée de  $\frac{1}{299\,792\,458}$  s .

Le mètre a été défini la première fois (en 1790) comme la dix millionième partie d'un quart de méridien terrestre.

➔ **L'ampère** (symbole : **A**)

C'est l'intensité du courant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles rectilignes de longueur infinie et placés à une distance de 1 m l'un de l'autre, produit entre ces conducteurs une force égale à  $2 \times 10^{-7}$  N par mètre de longueur de fil.

Cette définition revient à choisir pour la perméabilité du vide la valeur exacte  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  kg.m.s<sup>-2</sup>.A<sup>-2</sup> .

➔ **Le kelvin** (symbole : **K**)

C'est la fraction  $\frac{1}{273,16}$  de la température thermodynamique du point triple de l'eau (coexistence des phases gaz, liquide et solide).

➔ **La mole** (symbole : **mol**)

C'est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires identiques (électrons, atomes, ions, molécules ...) qu'il y a d'atomes dans 0,012 kg de carbone 12.

Le nombre d'entités dans une mole est la constante d'Avogadro  $N \approx 6,02 \times 10^{23}$  mol<sup>-1</sup> .

➔ **La candela** (symbole : **cd**)

C'est l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence  $540 \times 10^{12}$  Hz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est de  $\frac{1}{683}$  W par stéradian (unité de mesure d'angle solide).

La fréquence choisie correspond au maximum de sensibilité de l'œil humain moyen (dans le jaune du spectre).

### 2- Unités secondaires

Elles se déduisent des unités de base par l'équation aux dimensions de la grandeur correspondante.

Certaines ont reçu un nom et un symbole spécial :

| Grandeur           | Unité (symbole) | Eq. dim.  |
|--------------------|-----------------|---|
| angle plan         | radian (rad)    | 1   |
| angle solide       | stéradian (sr)  | 1   |
| vergence           | dioptrie (D)    | L <sup>-1</sup>   |
| fréquence          | hertz (Hz)      | T <sup>-1</sup>   |
| force              | newton (N)      | MLT <sup>-2</sup>   |
| énergie            | joule (J)       | ML <sup>2</sup> T <sup>-2</sup>                               |
| puissance          | watt (W)        | ML <sup>2</sup> T <sup>-3</sup>                               |
| pression           | pascal (Pa)     | ML <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>                              |
| charge électrique  | coulomb (C)     | IT  |
| tension électrique | volt (V)        | ML <sup>2</sup> T <sup>-3</sup> I <sup>-1</sup>               |
| résistance         | ohm (Ω)         | ML <sup>2</sup> T <sup>-3</sup> I <sup>-2</sup>               |
| conductance        | siemens (S)     | M <sup>-1</sup> L <sup>-2</sup> T <sup>3</sup> I <sup>2</sup> |
| capacité           | farad (F)       | M <sup>-1</sup> L <sup>-2</sup> T <sup>4</sup> I <sup>2</sup> |
| champ magnétique   | tesla (T)       | MT <sup>-2</sup> I <sup>-1</sup>                              |
| flux magnétique    | weber (Wb)      | ML <sup>2</sup> T <sup>-2</sup> I <sup>-1</sup>               |
| inductance         | henry (H)       | ML <sup>2</sup> T <sup>-2</sup> I <sup>-2</sup>               |

## PRÉSENTER UN RÉSULTAT NUMÉRIQUE

### 1- Notation scientifique

Un nombre compris entre 1 et 10 multiplié par une puissance de 10

### 2- Chiffres significatifs

Dans un nombre les chiffres autres que 0 sont toujours significatifs.

Les 0 sont significatifs que s'ils sont placés à gauche d'autres chiffres.

Le nombre de chiffres significatifs est limité par la précision avec laquelle on estime pouvoir donner un résultat numérique issu d'une mesure ou d'un calcul.

Une conversion d'unité ne modifie pas le nombre de chiffres significatifs.

Ainsi :  $2,75 \text{ m}^3 = 2,75 \times 10^6 \text{ mL}$  mais pas  $2\,750\,000 \text{ mL}$  !

### 3- Présenter le résultat d'un calcul

◆ Arrondir le résultat final afin de l'exprimer avec une précision comparable à celle de la donnée utilisée la moins précise :

-addition / soustraction : le résultat ne doit pas avoir plus de décimales que la donnée qui en a le moins.

exemple :  $112,5 - 22,270 + 1547,35$ , la calculatrice donne 1637,58 mais on retiendra 1637,6.

-multiplication / division : le résultat ne doit pas avoir plus de chiffres significatifs que la donnée qui en a le moins.

exemple :  $25,41 \times 72,5$ , la calculatrice donne 1842,225, mais on retiendra  $1,84 \times 10^3$ .

◆ Transcrire le résultat en notation scientifique

◆ Ne pas oublier l'unité.

◆ Vérifier que la valeur obtenue est vraisemblable.

## EXERCICES DE CHIMIE

### Exercice n°1 : Solution aqueuse :

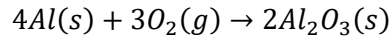
On dispose de nitrate de fer III :  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$  solide. On veut préparer 250 mL de solution dans laquelle la concentration des ions nitrate sera égale à 0,6 mol/L.

La réaction de dissolution est totale :  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3 \text{NO}_3^-$  Quelle masse de nitrate de fer III doit-on dissoudre ?

Données :  $M(\text{Fe}) = 55,85 \text{ g/mol}$  ;  $M(\text{N}) = 14 \text{ g/mol}$  ;  $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$ .

### Exercice n°2 : Tableau d'avancement :

On étudie la transformation chimique totale d'équation :

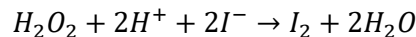


Dans l'état initial :  $n(\text{Al}) = 16 \text{ mol}$  ;  $n(\text{O}_2) = 9 \text{ mol}$ .

- 1) Etablir un tableau d'avancement.
- 2) Quel est le réactif limitant ? En déduire l'avancement maximal de la transformation.
- 3) Préciser le nombre de moles final de chaque constituant.

### Exercice n°3 : Bilan de matière : Oxydation des ions iodure par le peroxyde d'hydrogène :

L'équation bilan de la réaction s'écrit :



Calculer les concentrations finales des différentes espèces lorsque l'on effectue le mélange initial suivant :

20 mL  $\text{H}_2\text{O}_2$  à 0,1 mol/L + 10 mL  $\text{H}^+$  à 1 mol/L + 40 mL de KI ( $\text{K}^+ + \text{I}^-$ ) à 0,1 mol/L.

Quel est la caractéristique de ce mélange ?

### Exercice n°4 : Equilibre Acide Base :

En solution aqueuse, l'acide lactique, que l'on notera HA, a des propriétés acido-basiques. Sa base conjuguée est l'ion lactate.

Donnée :  $\text{pK}_a$  (acide lactique/ion lactate) = 3,9.

- 1) Le pH d'une solution d'acide lactique de concentration molaire C est égale à 1,5 mmol/L est égal à 3,4. L'acide lactique est-il un acide fort ou faible ?
- 2) Le pH d'un lait frais se situe autour de 6,5. Quelle est l'espèce prédominante du couple acide lactique/ion lactate ? Justifier la réponse.

### Exercice n°5 : Dosage acide base :

Le benzaldéhyde est un liquide incolore, couramment utilisé comme additif alimentaire pour son odeur d'amande amère. Le benzaldéhyde étant susceptible de s'oxyder en acide benzoïque lorsque le flacon est entamé, il convient de vérifier sa pureté avant de l'utiliser comme réactif.

On cherche à déterminer quantitativement la pureté du benzaldéhyde dans le flacon entamé. Pour cela, on réalise le titrage de 10,0 mL de solution prélevée dans le flacon de benzaldéhyde par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ ), de concentration molaire  $C_b = 1,00 \text{ mol/L}$ .

Donnée :

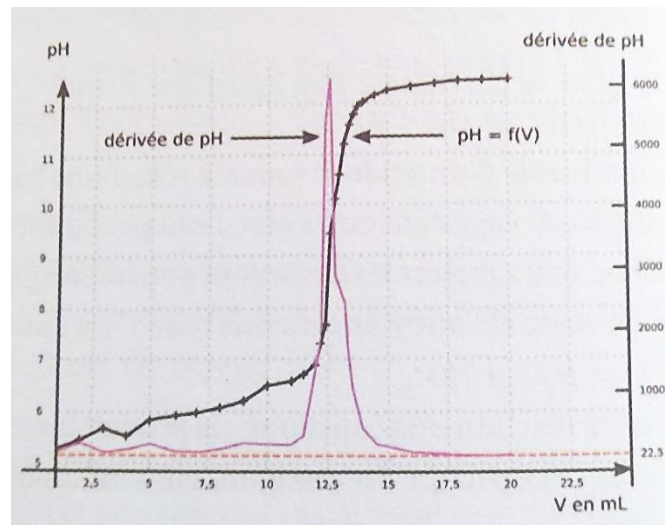
L'acide benzoïque appartient au couple :  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2 / \text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2^-$

Benzaldéhyde :  $M = 106 \text{ g/mol}$  ; Masse volumique :  $\rho = 1,02 \text{ g/ml}$

Pureté d'un réactif :  $p = \frac{\text{quantité réelle présente dans l'échantillon}}{\text{quantité théorique présente dans l'échantillon pur}}$

- 1) Ecrire l'équation de la réaction de titrage entre l'acide benzoïque et les ions hydroxyde. Cette réaction est supposée totale.

Le titrage est suivi par pH métrie, on a tracé la courbe  $\text{pH} = f(V)$  et la courbe « dérivée du pH » en fonction de  $V$ .



- 2) Déterminer la quantité de matière d'acide benzoïque présente dans le volume de solution prélevée en explicitant la méthode utilisée à l'aide des graphiques donnés.
- 3) Déterminer la quantité de matière de benzaldéhyde présente dans 10,0 mL de benzaldéhyde pur.
- 4) En déduire la valeur de la pureté de la solution du flacon entamé de benzaldéhyde.

### Exercice n°6 : Exercice de synthèse : Réactions d'oxydoréduction :

Les ions nitrates  $\text{NO}_3^-$  sont naturellement présents dans les eaux souterraines et superficielles en faibles quantités, généralement inférieures à 1mg/L . Ils participent à l'équilibre de l'écosystème en intervenant notamment dans le développement de certaines plantes et microorganismes.

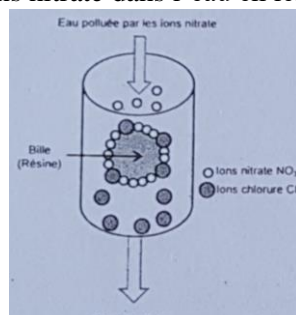
Cependant, leur utilisation massive comme engrais dans les cultures et leur rejet par les élevages entraînent aujourd'hui une forte augmentation de leur concentration dans les nappes phréatiques et les cours d'eau environnants. Les ions nitrates contenus dans le sol constituent désormais la cause majeure de pollution des grands réservoirs d'eaux souterraines du globe terrestre.

Les dangers sont réels pour l'environnement et la santé. L'Organisation Mondiale de la Santé préconise pour une personne, de ne pas consommer plus de 3,65 mg d'ions nitrate par kilogramme de masse corporelle et par jour. La législation française impose donc une teneur inférieure à 50mg/L dans les eaux de consommation.

Les eaux présentant un taux d'ions nitrate supérieur à la norme nécessitent donc un traitement spécifique pour pouvoir être consommées. Pour lutter contre cette pollution, on utilise des bactéries dénitrifiantes ou des résines échangeuses d'ions (REC).

#### Fonctionnement des résines échangeuses d'ions (REC) :

La résine échangeuse d'ions utilisées comporte des petites billes poreuses de diamètre 0,6 mm, saturées en ions échangeables (soit des ions chlorure, soit des ions hydrogénocarbonate). Au contact de cette résine, les ions nitrate présents dans une eau polluée vont s'échanger avec les ions chlorure et prendre leur place sur la résine, ce qui permet d'éliminer la majeure partie des ions nitrate dans l'eau en les remplaçant par des ions chlorure.



L'objectif de l'étude est de vérifier si le traitement, par une résine échangeuse d'ions d'une eau polluée par les nitrates a permis de rendre cette eau potable. Pour cela on met en œuvre le protocole suivant :

*Etape 1 :*

- Introduire un volume  $V_{\text{eau}} = 50 \text{ mL}$  d'eau à analyser dans un erlenmeyer.
- Ajouter un volume de 10 mL d'acide sulfurique ( $2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}$ ) pour acidifier le mélange réactionnel.
- Ajouter un volume  $V_1 = 100 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse de sel de Mohr de concentration molaire  $C_1 = 1,00 \text{ mmol/L}$  de manière à apporter une quantité de matière initiale d'ions fer(II)  $n_i(\text{Fe}^{2+})$  en excès.
- Chauffer le mélange au bain marie pendant 45min ; ce qui permet de rendre totale la transformation des ions nitrate de l'eau en monoxyde d'azote  $\text{NO}(\text{g})$ .
- On refroidit le mélange.

*Etape 2 :*

- On introduit dans une burette une solution aqueuse de permanganate de potassium ( $\text{K}^+(\text{aq}) + \text{MnO}_4^-(\text{aq})$ ) de concentration molaire  $C_2 = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$ .
- On titre les ions fer (II) restant  $n_{\text{restant}}(\text{Fe}^{2+})$  dans l'erlenmeyer en versant la solution de permanganate de potassium.
- On repère l'équivalence grâce à un changement de couleur du mélange réactionnel.
- On trouve un volume à l'équivalence de  $V_E = 11,3 \text{ mL}$  pour l'eau analysée.

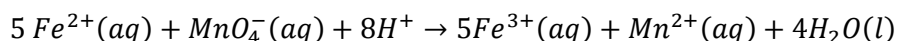
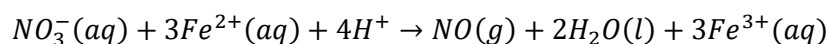
*Données :*

Masses molaires atomiques en g/mol :  $M(\text{N})=14,0$   $M(\text{O})=16,0$

Les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont les suivants :

$\text{NO}_3^-(\text{aq})/\text{NO}(\text{g})$  ;  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})/\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  ;  $\text{MnO}_4^-(\text{aq})/\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$

Equations des réactions chimiques intervenant dans le protocole :



Formule du sel de Mohr :  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2(\text{NH}_4)_2, 6\text{H}_2\text{O}$

*Questions préliminaires :*

- 1) Identifier la réaction chimique mise en œuvre lors de la première étape du protocole. Justifier.
- 2) Préciser les ions majoritairement présents dans l'erlenmeyer lors de cette première étape :  
-avant l'ajout de la solution aqueuse de sel de Mohr  
Au bout des 45 min de chauffage au bain marie.
- 3) A partir des demi équations électroniques, vérifier l'équation de la réaction chimique correspondant à la deuxième étape du protocole. Schématiser et légender le montage utilisé dans cette étape.

*Problème :*

Peut-on considérer que la technique de dénitrification utilisée est suffisamment efficace pour que l'eau initialement polluée soit considérée comme potable ? Quelle quantité maximale de cette eau un enfant de 35 kg peut-il boire sans conséquences néfastes pour sa santé ?