

# SOMMAIRE

	Page
<b>EQUIPE DE REVISION ET DE REDACTION</b>	<b>3</b>
<b>PRESENTATION DU RECUEIL</b>	<b>4</b>
<b>PREMIERE PARTIE : EXERCICES DE CHIMIE</b>	<b>5</b>
Chapitre C1 Mélanges et corps purs	6
Chapitre C2 Eléments, atomes, classification périodique des éléments	11
Chapitre C3 Liaisons chimiques	17
Chapitre C4 Mole, grandeurs molaires.	20
Chapitre C5 Réactions chimiques. Equation-bilan.	25
Chapitre C6 Généralités sur les solutions aqueuses.	31
Chapitre C7 Solution aqueuse acide.	34
Chapitre C8 Solution aqueuse basique.	40
Chapitre C9 Notion de pH – Indicateurs colorés.	44
Chapitre C10 Identification des ions	48
<b>DEUXIEME PARTIE : EXERCICES DE PHYSIQUE</b>	<b>52</b>
Chapitre P1 Phénomènes d'électrisation	53
Chapitre P2 Généralités sur le courant électrique	57
Chapitre P3 Intensité du courant électrique	60
Chapitre P4 Tension électrique	64
Chapitre P5 Dipôles passifs	68
Chapitre P6 Dipôles actifs	74
Chapitre P8 Généralités sur le mouvement	80
Chapitre P9 Généralités sur les forces <sup>17</sup>	86
Chapitre P10 Le poids – La masse – Relation entre poids et masse.	91
Chapitre P11 Equilibre d'un solide soumis à des forces non parallèles	96
Chapitre P12 Equilibre d'un solide mobile autour d'un axe	105
Chapitre P13 Propagation rectiligne de la lumière	111
Chapitre P14 Réflexion de la lumière- Réfraction	116

## **EQUIPE DE REVISION ET DE VALIDATION**

Le présent fascicule a été révisé du point de la forme et du fond par le collège des Inspecteurs généraux de l'éducation de la formation (IGEF) de sciences physiques avant d'être validé par ledit collège.

L'équipe d'IGEF de révision et de validation est composée ainsi qu'il suit :

<b>Prénom et Nom</b>	<b>Contact</b>
Mayoro DIOP	776402439
Salmone FAYE	771457459
Saliou KANE	776434372
Samba NDIAYE	775462761
Songde SARR	776584983

## PRESENTATION DU RECUEIL D'EXERCICES

Le présent fascicule d'exercices est conçu pour les élèves.

Il aide à améliorer la qualité des apprentissages en sciences physiques et contribue à la promotion des sciences en accord avec la Lettre de Politique Générale de l'éducation.

De par son contenu, le recueil d'exercices couvre la totalité des chapitres du programme et prend en compte les instructions de la commission nationale.

La structuration du fascicule, la même pour tous les chapitres est déclinée en :

- Objectifs

Cette partie reprend les objectifs formulés dans le référentiel du programme

- Essentiel du cours

Sont présentées à ce niveau les connaissances fondamentales du chapitre considéré , connaissances que l'élève doit maîtriser pour pouvoir résoudre les exercices.

- Exercices

Des exercices sont conçus en rapport avec les objectifs sus visés.

Les types d'exercices sont variés et comprennent des phrases à trous, des questions à deux choix, des questions à réponses courtes, des questions de résolution de problèmes....

Dans les exercices, les capacités évaluées sont de type I (restitution de connaissances), type II(application) et III (analyse, synthèse).

- Corrigés des exercices

Des corrigés types sont donnés permettant à l'élève de s'approprier la démarche de résolution d'exercices et de problèmes.

L'utilisation à bon escient du fascicule devrait garantir la réussite à tout élève.

**PREMIERE PARTIE**  
**EXERCICES CORRIGES DE CHIMIE**

# CHAPITRE C1 MELANGES ET CORPS PURS

## A - OBJECTIFS

- Citer les différents changements d'état
- Distinguer mélange homogène et mélange hétérogène.
- Rappeler les critères de pureté de l'eau.
- Caractériser l'air par sa composition.
- Réaliser la séparation de mélanges.

## B - L'ESSENTIEL DU COURS

Un mélange est formé de deux ou plusieurs constituants.

Dans la nature on distingue deux types de mélanges : mélange homogène et mélange hétérogène.

Dans un mélange hétérogène on distingue à l'œil nu au moins deux constituants.

Dans un mélange homogène on ne peut pas distinguer à l'œil nu les constituants.

L'air est un mélange gazeux constitué de 20% de dioxygène et de 80% de diazote.

Pour séparer les constituants d'un mélange hétérogène on distingue, plusieurs méthodes : la décantation, la filtration, le tamisage....

Pour séparer les constituants d'un mélange homogène on distingue, plusieurs méthodes : la distillation simple, distillation fractionnée

Un corps pur est caractérisé par un ensemble de propriétés qui lui sont propres appelées critères de pureté.

Si ces propriétés s'expriment par des nombres, ces derniers sont fixes et désignent ce qu'on appelle des constantes physiques ( $T_{eb}$ ,  $T_f$ , densité, etc.)

Un corps pur composé est décomposable en d'autres corps purs.

L'eau est un corps pur composé d'oxygène et d'hydrogène

La décomposition de 18 g d'eau produit 2 g de dihydrogène et 16 g de dioxygène

La synthèse de l'eau se fait à partir d'un mélange de dihydrogène et de dioxygène dans les proportions en volumes respectives de deux (2) pour un (1)

Un corps pur simple n'est pas décomposable en d'autres corps purs.

Le dihydrogène, le dioxygène, le sodium.....sont des corps purs simples.

## C - EXERCICES

### EXERCICE 1

- 1) Complète les phrases ci-dessous avec les expressions ou mots suivants : filtration, mélange homogène, mélange hétérogène, décantation, distillation, de l'eau.  
Dans un jus d'orange préparé à partir d'oranges pressées, il y'a de la pulpe d'orange, du sucre, et ..... La pulpe se dépose : le jus d'orange est un..... Le jus filtré est un.....

Un récipient contient de l'eau boueuse. Au bout d'un certain temps, la boue se dépose au fond par.....

Après la pluie, l'eau qui pénètre dans le sol et traverse les couches de sable devient limpide par.....

On sépare l'alcool de l'eau par.....

2) Indiquer le changement d'état qui correspond aux faits d'observation suivants

- La présence de vapeur d'eau au-dessus des océans.
- La formation de rosée tôt le matin
- La formation de glace dans un réfrigérateur
- La volatilisation du beurre de karité sous haute température.

3) Indiquer la nature du phénomène physique ou chimique correspondant aux faits suivants :

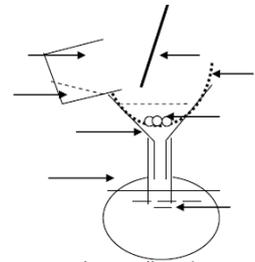
- La cuisson du pain
- L'apparition d'eau sur les parois d'un verre rempli d'eau fraîche.
- la diminution de la masse d'une bougie allumée.
- Le changement de couleur du fer laissé à l'air humide

## **EXERCICE 2**

### **SCHEMA À REFAIRE**

Le schéma ci-contre illustre une expérience de séparation des constituants d'un mélange

- Annoter le schéma.
- Le schéma représente quelle technique de séparation ?
- Sur quel principe cette-technique est basée ?
- Pour quel type de mélange doit-on utiliser cette méthode ?



## **EXERCICE 3**

- Citer trois exemples de changement d'état physique de la matière.
- Un changement d'état est-il un phénomène physique ou chimique ? Justifier.
- Définir les mots ou groupes de mots suivants : mélange, mélange homogène, mélange hétérogène.

Donner deux exemples de mélanges homogènes et deux de mélanges hétérogènes.

- On dispose d'un mélange d'eau, d'acétone et d'éthanol. Ces trois liquides sont miscibles. On désire procéder à la séparation de ces trois liquides par distillation.
  - De quel type de mélange s'agit-il ?
  - Décrire la méthode de la séparation.
  - Quel est le premier liquide à recueillir ?

Les températures d'ébullition de l'eau, de l'acétone et l'éthanol sont respectivement : 100°C ; 56°C ; 78°C.

#### **EXERCICE 4**

Au cours d'une expérience, on introduit dans un eudiomètre du dihydrogène et du dioxygène. Le volume du mélange gazeux est de  $52 \text{ cm}^3$ . On y provoque une étincelle électrique. Après réaction et retour aux conditions initiales de température et de pression, il reste  $11,5 \text{ cm}^3$  de dioxygène.

- 1) Quel est le nom de cette expérience ?
- 2) Déterminer le volume de :
  - dihydrogène dans le mélange initial ;
  - de dioxygène dans le mélange initial.
- 3) Calculer la masse initiale de dihydrogène sachant que sa masse volumique est égale à  $0,08 \text{ g.L}^{-1}$ .
- 4) Déterminer la masse volumique du dioxygène.

#### **EXERCICE 5**

Dans un eudiomètre, on introduit un volume  $V = 50 \text{ cm}^3$  de dihydrogène et un volume  $V' = 10 \text{ cm}^3$  de dioxygène. Après passage de l'étincelle électrique, on observe des gouttes d'eau sur les parois du tube à essais et il reste un gaz dans l'eudiomètre.

- 1) Donner la nature et le volume du gaz résiduel.
- 2) Comment peut-on l'identifier expérimentalement ?
- 3) Calculer le volume du gaz déjà épuisé à ajouter dans l'eudiomètre pour qu'il ne reste plus de gaz après passage à nouveau d'une étincelle.
- 4) Sachant que dans les conditions de l'expérience, une masse de 2 g de dihydrogène occupe un volume de 24 L, calculer la masse d'eau formée après disparition totale des deux gaz.

#### **EXERCICE 6**

On dispose de différents mélanges de dioxygène et de diazote. On suppose que l'air est uniquement constitué de dioxygène et de diazote. Le tableau ci-dessous indique la température de liquéfaction de chaque mélange en fonction du pourcentage, en volume, de dioxygène présent dans le mélange. Les températures de liquéfaction sont mesurées sous la pression atmosphérique normale.

Pourcentage de dioxygène dans le mélange gazeux	0	10	30	50	70	90	100
Température de liquéfaction (°C)	-195,8	-194,0	-190,6	-187,9	-185,6	-183,7	-183

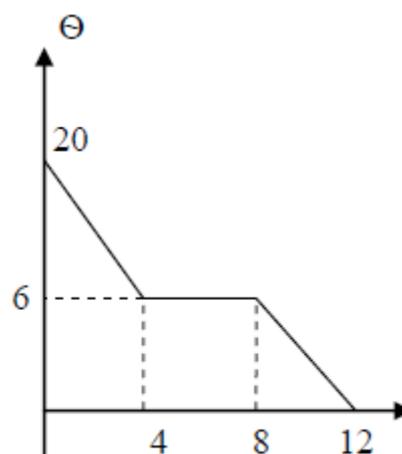
- 1) Définir les critères de pureté d'un corps et donner deux exemples autres que la température de liquéfaction.
- 2) Indiquer, par exploitation du tableau, les températures de liquéfaction du dioxygène pur et du diazote pur.
- 3) Représenter avec une échelle convenable la courbe de la température de liquéfaction du mélange en fonction du pourcentage de dioxygène présent dans le mélange.

- 4) Sous la pression atmosphérique, l'air commence à se liquéfier à la température de  $-192,0^{\circ}\text{C}$ . En déduire à l'aide du graphique, la composition en volume de l'air, en supposant qu'il ne contient que du dioxygène et du diazote.
- 5) En refroidissant l'air, à partir des températures usuelles ( $20^{\circ}\text{C}$ ), indiquer quel gaz, du dioxygène ou du diazote, va se liquéfier en premier ?

### EXERCICE 7

Un élève trouve au laboratoire un flacon contenant un liquide de nature inconnue.

Pour identifier ce liquide, il le refroidit et suit l'évolution de sa température au cours du temps. Il trace ensuite la courbe représentant la température  $\Theta(^{\circ}\text{C})$  en fonction du temps  $t(\text{min})$ . (figure ci-contre)



1-1 En utilisant la courbe, déterminer la température à laquelle, on observe un changement d'état. Préciser le nom de ce changement d'état.

1-2 L'élève consulte alors un tableau donnant les températures de changement d'état de certains corps dans les conditions ordinaires.

Identifier la substance inconnue à partir du tableau.

Liquide	Température de fusion ( $^{\circ}\text{C}$ )	Température d'ébullition ( $^{\circ}\text{C}$ )
Mercure	-39	357
Cyclohexane	6	80,7
Ethanol	4	78

## **D - CORRIGÉ DES EXERCICES**

### EXERCICE 4

1) Le nom de l'expérience est la synthèse de l'eau.

2) Déterminons le volume de dihydrogène dans le mélange initial

$$52 \text{ cm}^3 = V(\text{H}_2)_i + V(\text{O}_2)_i$$

$$52 \text{ cm}^3 - 11,5 \text{ cm}^3 = V(\text{H}_2)_{\text{réa}} + V(\text{O}_2)_{\text{réa}}$$

Comme le dioxygène est en excès alors  $V(\text{H}_2)_{\text{réa}} = V(\text{H}_2)_i = 2V(\text{O}_2)_{\text{réa}}$

$$52 \text{ cm}^3 - 11,5 \text{ cm}^3 = \frac{3}{2} V(\text{H}_2)_i \text{ d'où } V(\text{H}_2)_i = 27 \text{ cm}^3,$$

3) Déterminons le volume de dioxygène dans le mélange initial

$$V(\text{O}_2)_i = V(\text{O}_2)_{\text{réa}} + V(\text{O}_2)_{\text{rest}} = \frac{1}{2} \times 27 + 11,5 \text{ d'où } V(\text{O}_2)_i = 25 \text{ cm}^3$$

4) La masse initiale de dihydrogène

$$m(\text{H}_2)_i = \mu(\text{H}_2) \times V(\text{H}_2)_i$$

$$\text{AN: } m(\text{H}_2)_i = 0,08 \times 27 \cdot 10^{-3} = 2,16 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

5) La masse volumique du dioxygène

$$\text{Masse volumique } \mu(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)_{\text{réa}}}{V(\text{O}_2)_{\text{réa}}} \text{ or } m(\text{O}_2)_{\text{réa}} = 8 \times m(\text{H}_2)_{\text{réa}} \text{ et } V(\text{O}_2)_{\text{réa}} = \frac{1}{2} \times 27 \text{ cm}^3$$

$$\text{Alors } \mu(\text{O}_2) = 2 \times 8 \times 2,16 \cdot 10^{-3} / 27 \cdot 10^{-3} = 1,28 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

### EXERCICE 5

1) La nature et le volume du gaz résiduel

Le gaz restant est le dihydrogène  $V(\text{H}_2)_{\text{rest}} = 50 \text{ cm}^3 - (2 \times 10 \text{ cm}^3) = 30 \text{ cm}^3$

2) Identification du gaz restant

Au contact d'une flamme le dihydrogène produit une légère détonation.

3) Le volume de l'autre gaz à ajouter pour terminer le gaz restant

$V(\text{O}_2)_{\text{aj}} = V(\text{H}_2)_{\text{rest}}/2 = 30/2 = 15 \text{ cm}^3$

4) La masse d'eau formée après disparition totale des deux gaz

La masse d'eau  $m(\text{H}_2\text{O}) = 9 \cdot m(\text{H}_2)_{\text{réa}} = 9 \times 2 \times 50 \cdot 10^{-3} / 24 = 3,75 \cdot 10^{-2} \text{ g}$

### EXERCICE 6

1) Les critères de pureté sont des constantes physiques qui caractérisent un corps pur.

Exemples : la température de fusion  $T_f$ , la densité  $d$ .

2) Indiquons la température de liquéfaction :

- du dioxygène  $T_{\text{liq}} = -183^\circ\text{C}$

- du diazote  $T_{\text{liq}} = -195,8^\circ\text{C}$

3) Courbe  $T_{\text{liq}} = f(\% \text{ de dioxygène})$  : échelles : 1cm pour 10% ; 1cm pour  $\Delta t = 1^\circ\text{C}$

4) La composition en volume de l'air à la température de  $-192^\circ\text{C}$

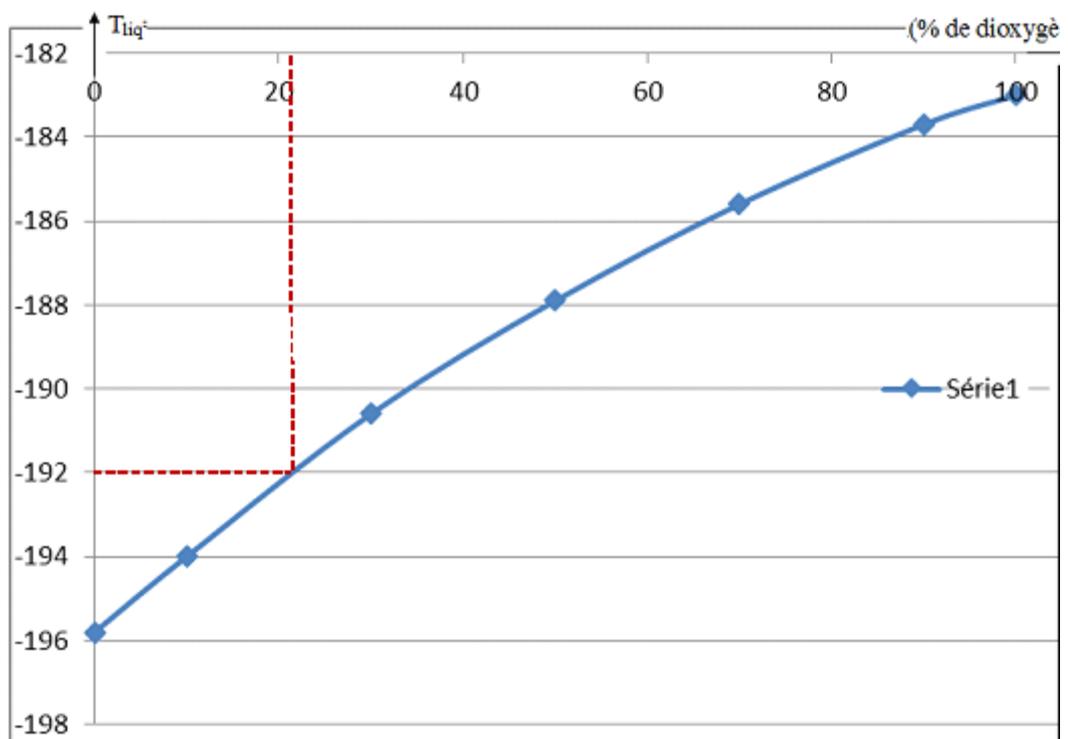
Graphiquement :  $\% \text{O}_2 \approx 22$  et  $\% \text{N}_2 \approx 78$ .

5) En refroidissant l'air à partir de  $20^\circ\text{C}$ , c'est le dioxygène qui va se liquéfier en premier à  $-183^\circ\text{C}$ .

### EXERCICE 7

1.1) La température à laquelle on observe un changement d'état est de  $6^\circ\text{C}$  : c'est une solidification.

1.2) D'après le tableau le liquide est le cyclohexane.



---

# CHAPITRE C2 ELEMENTS, ATOMES ET CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS CHIMIQUES

## A - OBJECTIFS

Donner le nom et le symbole de quelques éléments chimiques usuels

Donner l'ordre de grandeur des dimensions et de la masse de l'atome et de son noyau

Donner la composition d'un atome.

Représenter un nucléide

Ecrire la formule électronique d'un atome

Représenter la structure électronique d'un atome

Faire la représentation de Lewis d'un atome.

Utiliser la règle de l'octet.

## B – L'ESSENTIEL DU COURS

Un élément chimique est représenté par son symbole qui est en général la 1<sup>ère</sup> lettre du nom de l'élément.

Le rayon de l'atome est de l'ordre de  $10^{-10}$  m et sa masse de l'ordre de  $10^{-26}$  kg

L'atome est constitué d'un noyau chargé positivement contenant des nucléons (protons et neutrons) et d'électron (s) chargé(s) négativement

Le proton et l'électron ont des charges de signes contraires.  $Q_p = -Q_e = e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C

L'atome est électriquement neutre.

La masse d'un proton est sensiblement égale à celle d'un neutron :  $m_p \approx m_n = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg.

La masse d'un électron vaut  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg

Le noyau d'un atome est symbolisé par  ${}^A_Z X$  avec :

- A = nombre de masse ; il indique le nombre de nucléons
- Z = nombre de charges ou numéro atomique, Il indique le nombre de protons
- N = A – Z N représente le nombre de neutrons

On appelle isotopes des atomes ayant le même numéro atomique Z, mais des nombres de neutrons N différents. Exemples :  ${}^{12}_6C$ ,  ${}^{13}_6C$  et  ${}^{14}_6C$ .

Les électrons de l'atome sont répartis sur les niveaux d'énergie ou couches électroniques.

Chaque niveau d'énergie est caractérisé par un nombre n appelé nombre quantique et représenté symboliquement par une lettre (K, L, M..)

Le niveau d'énergie de rang n contient au maximum  $2n^2$  électrons :

La répartition des électrons sur les couches électroniques représente la structure électronique de l'atome.

Dans la représentation de Lewis d'un atome, on ne tient compte que des électrons périphériques :

- un électron célibataire est représenté par un point (.),
- un doublet d'électrons est symbolisé par un trait ( | ou —)

Dans le tableau de classification périodique, les éléments sont rangés par ordre de numéro atomique croissant.

- le nombre de couches électroniques indique le numéro de la ligne ou période,
- le nombre d'électrons sur la dernière couche indique le numéro du groupe ou colonne.
- les éléments chimiques qui ont le même schéma de Lewis, appartiennent au même groupe : ils forment une famille chimique.

Une espèce chimique est stable lorsque sa structure électronique externe est celle d'un gaz rare (deux ou huit électrons)

Un ion est un atome ou un groupe d'atomes ayant gagné (anion) ou perdu (cation) un ou plusieurs électrons.

## C - EXERCICES

Données :  $m_p \approx m_n \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg} = 1 \text{u}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$  ;

Charge électrique élémentaire :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$  ; volume d'une sphère  $V = 4/3 \cdot \pi R^3$

### EXERCICE 1

- 1) La masse d'un atome de carbone est  $m = 2 \cdot 10^{-23} \text{g}$ . Calculer le nombre  $N$  d'atomes contenus dans une mine de crayon de masse  $m = 0,5 \text{g}$ .
- 2) Une pièce en cuivre de masse  $4,27 \text{g}$  contient  $4 \cdot 10^{22}$  atomes de cuivre. Calculer la masse d'un atome de cuivre.
- 3) En admettant qu'un neutron puisse être représenté par une sphère de rayon  $r_n = 10^{-15} \text{m}$ , calculer le rapport de la masse volumique du neutron sur la masse volumique de l'or qui vaut  $2 \cdot 10^4 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- 4) Quelle serait la masse d'un dé à coudre qui serait uniquement constitué de neutrons ?  
Volume du dé :  $2 \text{cm}^3$

### EXERCICE 2

On donne le symbole du noyau de l'atome d'aluminium  ${}_{13}^{27}\text{Al}$ .

- 1) Donner la composition de l'atome d'aluminium.
- 2) Calculer la masse de l'atome d'aluminium en admettant que la masse de l'atome est égale à la somme des masses des particules qu'il contient
- 3) Calculer le rapport de la masse du noyau à celle du cortège électronique. Commenter
- 4) La masse volumique de l'aluminium est :  $2,7 \cdot 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$  Quelle est la masse d'un cube d'aluminium de  $10 \text{mm}$  de côté ? Calculer le nombre d'atomes d'aluminium contenus dans ce cube

### **EXERCICE 3**

- 1) Le dernier niveau d'énergie d'un atome est représenté par  $M^3$ .
  - a) Dans quelle période et dans quelle colonne du tableau de classification simplifiée l'élément correspondant à cet atome se trouve ?
  - b) Quel est son numéro atomique ? Quel ion peut-il donner ?
- 2) L'atome de bore B a 5 protons et 6 neutrons.
  - a) Combien a-t-il alors d'électrons ? Pourquoi ?
  - b) Donner la répartition par niveau d'énergie de ses électrons.
  - c) En déduire, en le justifiant, la place de cet élément dans la classification périodique simplifiée.

### **EXERCICE 4**

Un élément chimique se trouve à la troisième période et à la sixième colonne du tableau de classification simplifié

- 1) Représenter sa structure électronique et son schéma de Lewis.
- 2) Quel est son nom ?
- 3) Quel ion devrait donner un atome de cet élément ?
- 4) Donner un élément chimique qui appartient à la même famille
- 5) Quels sont les atomes qui sont immédiatement à sa droite et sa gauche, dans le tableau de classification.
- 6) Le noyau de l'atome de cet élément comporte 16 neutrons. Calculer la masse d'un atome de cet élément.

### **EXERCICE 5**

- 1) Un cation a pour formule électronique  $(K)^2(L)^8(M)^8$ . Est-il stable ? Pourquoi ?
- 2) Sachant qu'il porte une charge unitaire, identifier l'élément correspondant. Ecrire sa formule chimique.

### **EXERCICE 6**

Le chlore Cl fait partie de la famille des halogènes.

- 1) Dans quelle colonne de la classification simplifiée trouve-t-on les halogènes ?
- 2) Combien l'atome de chlore a-t-il d'électrons dans son dernier niveau ?
- 3) Les électrons de l'atome sont répartis sur 3 niveaux d'énergie. Ecrire sa formule électronique. Représenter sa structure électronique
- 4) Quel est le numéro atomique  $Z$  du chlore ?
- 5) Le chlore naturel est constitué des isotopes  $^{35}\text{Cl}$  et  $^{37}\text{Cl}$ . Donner la composition de chaque noyau
- 6) Quel est, en coulomb, la charge du noyau de l'atome de chlore ?.

### **EXERCICE 7**

- 1) Donner les symboles des éléments chimiques suivants : Sodium, Béryllium, Azote, Bore.
- 2) L'azote a pour numéro atomique 7 et pour nombre de masse 14.

- Ecrire le symbole de son noyau.
  - Ecrire la formule électronique de l'atome d'azote ; représenter sa structure électronique.
  - Quelle est sa place dans le tableau de classification périodique ?
  - Est-il stable ? Pourquoi ?
  - Quel type d'ion peut-il donner ? Représenter le symbole de l'ion.
  - Calculer la masse de l'ion.
  - Quel est l'élément qui le suit dans le tableau de classification ?
- 3) Un anion a pour formule électronique  $(K)^2 (L)^8$  Il porte trois charges électriques unitaires. De quel atome dérive cet ion ?

### EXERCICE 8

Un anion possède deux charges élémentaires et 16 neutrons. L'atome correspondant à cet ion appartient à la troisième période du tableau de classification simplifié.

- Ecrire la formule électronique de cet atome et celle de l'ion.
- Quelle est la place de cet élément dans le tableau de classification périodique ?
- Préciser la composition de l'atome et celle de l'ion.
- Etablir le schéma de Lewis de l'atome et l'ion.

### EXERCICE 9

Un élément X appartient au groupe III du tableau de classification périodique des éléments.

- Ecrire sa représentation de Lewis.
- Quelle est sa formule électronique si l'élément se trouve dans la 3<sup>ème</sup> période du tableau ?
- Déterminer son numéro atomique et identifier l'élément parmi les éléments suivants :  
F(z = 9) ; Ne(z = 10) ; Na(z = 11) ; Mg(z = 12) ; Al(z = 13) ; Si(z = 14)
- Ecrire la formule de l'ion correspondant.

### EXERCICE 10

**Partie A :** On considère les atomes suivants caractérisés par les couples (Z,A) :

(1,1) ; (6,12) ; (8,16) ; (11,23) ; (1,2) ; (8,17) ; (12,24) ; (6,14) et (17,35).

- Qu'appelle-t-on isotopes ?
- Parmi ces atomes lesquels correspondent à des isotopes ?
- Représenter la structure électronique de ces atomes isotopes.
- Identifier et indiquer le nom de la famille des atomes qui n'ont pas d'isotope. .

**Partie B :** On considère le tableau suivant :

Symbole du noyau	${}_{13}^{27}Al$	${}_{9}^{19}F$	${}_{30}^{65}Zn$	${}_{52}^{128}Te$
Charge de l'ion	+3e			-2 <sup>e</sup>
Symbole de l'ion		F <sup>-</sup>	Zn <sup>2+</sup>	

- Recopier et compléter le tableau représenté ci-dessus.
- Préciser pour chacun des ions, le nombre de protons, de neutrons et d'électrons.
- On considère l'élément fluor.

- Dans quelle période et dans quelle colonne du tableau de classification périodique se trouve-t-il ?
- Calculer la masse de son noyau sachant que  $m_p = m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{Kg}$ .
- Calculer la charge de son noyau, sachant que  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

### **EXERCICE 11**

- Le noyau d'un atome contient 17 protons et 18 neutrons.
  - Combien y'a-t-il d'électrons autour du noyau de cet atome?
  - Déterminer le nombre de masse A de l'atome ?
  - Identifier l'élément parmi :  ${}^{35}_{17}\text{Cl}$  ;  ${}^1_1\text{H}$  ;  ${}^{37}_{17}\text{Cl}$  ;  ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ .
- On considère deux noyaux d'uranium :  ${}^{235}_{92}\text{U}$  et  ${}^{238}_{92}\text{U}$ .
  - Préciser la composition de ces deux noyaux.
  - Comment appelle-t-on ces deux noyaux ? Donner alors deux exemples similaires.

### **EXERCICE 12**

- Le nuage électronique de l'ion provenant d'un atome X a une charge  $Q = -1,6 \cdot 10^{-18} \text{C}$ .
  - Qu'appelle-t-on ion monoatomique ?
  - Déterminer le nombre d'électrons contenus dans le nuage électronique de cet ion.
  - Sachant que l'ion porte une charge positive égale à 3 charges élémentaires, déterminer le numéro atomique de l'élément X et l'identifier en se servant des informations données à la fin de l'exercice.
  - Ecrire la formule électronique de l'atome X et son schéma de Lewis.
- On considère le symbole du noyau de l'argon  ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ .
  - Dans quelle période et dans quel groupe du tableau de classification périodique se trouve-t-il ? Justifier.
  - En déduire le nom de sa famille.
  - Calculer la masse et la charge de son noyau.

Données : azote N (Z=7) ; oxygène O (Z=8) ; néon Ne (Z=10) ; sodium Na (Z=11) ; magnésium Mg (Z=12) ; aluminium Al (Z=13) ; phosphore P (Z=15).

Charge élémentaire  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$  et masse proton=masse neutron  $= 1,6 \cdot 10^{-27} \text{Kg}$ .

## **D - CORRIGE DES EXERCICES**

### **EXERCICE 1**

- Le nombre x d'atomes de carbone  

$$N = 0,5/2 \cdot 10^{-23} = 2,5 \cdot 10^{22} \text{ atomes}$$
- La masse d'un atome de cuivre  

$$M = 4,27/4 \cdot 10^{22} = 1,06 \cdot 10^{-22} \text{g}$$
- Le rapport entre la masse volumique du neutron et celle de l'or  

$$\mu(\text{neutron}) / \mu(\text{or}) = (3 \times 1,67 \cdot 10^{-27}) / (4\pi(10^{-15})^3 \times 2 \cdot 10^4) = 2 \cdot 10^{13}$$

4) La masse d'un dé à coudre de neutron

$$m(\text{dé}) = \mu(\text{neutron}) \times V = (1.67 \cdot 10^{-27} \times 2 \cdot 10^{-6} \times 3) / (4\pi \cdot (10^{-15})^3) = 8 \cdot 10^{11} \text{ kg}$$

### EXERCICE 3

1) Ligne et colonne de l'élément correspondant

La structure électronique est :  $(K)^2 (L)^8 (M)^3$  donc 3<sup>ème</sup> ligne et 3<sup>ème</sup> colonne

2) Le numéro atomique est  $z = 2+8+3 = 13$ , c'est l'aluminium Al, il a tendance à donner un cation  $Al^{3+}$

3) a. Le bore a 5 électrons car l'atome est neutre

b. B ( $Z = 5$ ) :  $(K)^2 (L)^3$

c. 2<sup>ème</sup> ligne et 3<sup>ème</sup> colonne

### EXERCICE 4

1) la structure électronique et son schéma de Lewis



2)  $Z = 2+8+6 = 16$  l'élément est le soufre.

3) Le soufre peut donner un anion  $S^{2-}$

4) Un élément qui appartient à la même famille est l'oxygène O.

5) L'élément immédiatement à droite est le chlore Cl, celui qui est à sa gauche est le phosphore P.

6) La masse d'un atome de cet élément

$$m({}_{16}^{32}S) = A m_p = (16+16) \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} = 5,34 \cdot 10^{-26} \text{ Kg}$$

### EXERCICE 5

1) Le cation est stable car il possède 8 électrons sur sa dernière couche (règle de l'octet)

2) Identification de l'ion

Le numéro atomique est  $z = 2+8+9 = 19$  c'est le potassium, il appartient à la 4<sup>ème</sup> ligne et 1<sup>ère</sup> colonne.

Il donne le cation  $K^+$

### EXERCICE 8

1) La formule électronique de l'atome et de l'ion

- L'ion  $(K)^2 (L)^8 (M)^8$

- L'atome  $(K)^2 (L)^8 (M)^6$

2) L'élément appartient à la 3<sup>ème</sup> période et 6<sup>ème</sup> colonne c'est le soufre  $z = 16$

3) La composition de l'atome et de l'ion

- L'atome S : 16 protons, 16 neutrons et 16 électrons,

- L'ion  $S^{2-}$  : 16 protons, 16 neutrons et 18 électrons.

4) Le schéma de Lewis de l'atome et l'ion

- L'atome :  $\cdot \bar{S} \cdot$  ; L'ion :  $|\bar{S}|^{2-}$

## EXERCICE 12

1)

a- Un ion monoatomique est constitué d'un seul type d'atome.

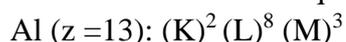
b- le nombre d'électrons dans le nuage de l'ion :

$$n = |Q| / e = 1,6 \cdot 10^{-18} / 1,6 \cdot 10^{-19} = 10 \text{ électrons.}$$

c- Le numéro atomique de l'élément :

$$z = 10 + 3 = 13 \text{ c'est l'aluminium Al.}$$

d- La formule électronique et le schéma de Lewis :



2) a- la structure électronique de l'argon est  $(K)^2 (L)^8 (M)^8$  il appartient à la 3<sup>ème</sup> ligne et 8<sup>ème</sup> groupe.

b- C'est la famille des gaz rares ou gaz nobles.

c- La masse et la charge de son noyau :

$$m({}^{40}_{18}\text{Ar}) = 40 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 6,68 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

$$Q = Z \times e = 18 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 2,88 \cdot 10^{-18} \text{ C}$$

---

## CHAPITRE C3 LIAISONS CHIMIQUES

### A – OBJECTIFS

Citer des exemples de composés moléculaires.

Donner le nom et la formule de quelques composés moléculaires ( $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ...).

Ecrire la formule développée / semi-développée quelques molécules simples

Représenter le schéma de Lewis de quelques molécules simples.

Citer des exemples de composés ioniques ( $\text{NaCl}$ ).

Donner le nom et la formule statistique de quelques composés ioniques ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ...).

Confectionner des modèles moléculaires et des modèles de mailles cristallines

### B – L'ESSENTIEL DU COURS

Une molécule est une association d'atomes identiques ou non liés par des liaisons covalentes. Une liaison covalente simple résulte d'une mise en commun de deux électrons entre deux atomes.

La valence d'un élément est le nombre de liaison (s) que peut établir l'atome de cet élément.

La formule développée d'une molécule est une représentation, dans le plan, mettant en évidence les liaisons établies entre ses atomes.

Le schéma de Lewis de la molécule correspond à sa formule développée où sont figurés les doublets non liants.

La géométrie d'une molécule correspond à la répartition dans l'espace de ses atomes constitutifs.

Une liaison ionique est établie entre deux atomes s'il se produit un transfert d'électrons entre eux suivi d'une interaction électrique entre le cation et l'anion formés.

Tout composé, qu'il soit moléculaire ou ionique, est électriquement neutre.

## C - EXERCICES

### EXERCICE 1

On considère les atomes : C ( $Z = 6$ ) ; O ( $Z = 8$ ) ; Cl ( $Z = 17$ ) ; H ( $Z = 1$ ) ; N ( $Z = 7$ )

- 1) Ecrire les formules développées et semi-développées des molécules :  $\text{CH}_4$  ;  $\text{NH}_3$  ;  $\text{C}_2\text{H}_6$  ;  $\text{N}_2\text{H}_4$  ;  $\text{C}_2\text{H}_4$  ;  $\text{C}_3\text{H}_7\text{N}$  ;  $\text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}$  et  $\text{HCN}$ .
- 2) Ecrire la représentation de Lewis de ces molécules

### EXERCICE 2

Pour chacune des molécules suivantes :  $\text{H}_2$  ; HCl ,  $\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{HCN}$  ;  $\text{O}_2$  ;  $\text{CO}_2$  ; et  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ .

- 1) Indiquer l'atomicité.
- 2) Ecrire la représentation de Lewis.

### EXERCICE 3

Le chlorométhane a pour formule  $\text{CH}_3\text{Cl}$ . L'atome de carbone est lié à chacun des atomes d'hydrogène et à l'atome de chlore.

- 1) Ecrire la représentation de Lewis de la molécule.
- 2) La règle de l'octet est-elle vérifiée pour chacun des atomes ?

### EXERCICE 4

Donner la formule ionique et la formule statistique des composés ioniques suivants :

- a) Chlorure de potassium ( $\text{Cl}^-$  et  $\text{K}^+$ )
- b) Nitrate de Baryum ( $\text{NO}_3^-$  et  $\text{Ba}^{2+}$ )
- c) Phosphate d'argent ( $\text{PO}_4^{3-}$  et  $\text{Ag}^+$ )
- d) Permanganate de potassium ( $\text{MnO}_4^-$  et  $\text{K}^+$ )
- e) Sulfate d'aluminium ( $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{Al}^{3+}$ )

### EXERCICE 5

- 1) Ecrire les formules développées des composés de formule :  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$  et  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2\text{O}$ .
- 2) Représenter les formules développées des molécules de formule brute  $\text{O}_2$  ;  $\text{N}_2$  ;  $\text{C}_2\text{H}_2$  ;  $\text{HCN}$  ;  $\text{C}_4\text{H}_8$  ;  $\text{C}_3\text{H}_4$  et  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ . sachant qu'elles comportent chacune une liaison double ou triple.

- 3) Ecrire toutes les formules développées possibles des molécules de formule brute :  $C_2H_5P$  ;  $C_2H_6S$  ;  $C_3H_6Cl_2$  ;  $C_3H_8O$  ;  $C_3H_9N$  ;  $SiH_4$  et  $H_2O$ .

### **EXERCICE 6**

- 1) A partir des structures électroniques des atomes de symbole Li, Na, K, Mg et Al, écrire les formules des ions qui en dérivent.
- 2) En déduire les formules ioniques et statistiques des solides qu'ils forment avec l'ion chlorure

On donne : Na ( $Z = 11$ ) ; K(19) ; Mg(12) ; Li(3) ; Al(13) ; Cl ( $Z=17$ ).

### **EXERCICE 7**

Dans la molécule de sulfure d'hydrogène  $H_nS$ , l'atome de soufre est lié à chaque atome d'hydrogène par une liaison covalente.

- 1) Déterminer n sachant que le schéma de Lewis de l'atome de soufre est analogue à celui de l'atome d'oxygène.
- 2) Ecrire la représentation de Lewis de la molécule de sulfure d'hydrogène.

### **EXERCICE 8 :**

- 1) Ecrire les schémas de Lewis des molécules suivantes :  $C_2H_6$  ;  $C_3H_6$  ;  $C_3H_4$  ;  $C_2H_6O$  ;  $CH_2O$  et  $P_4$ .
- 2) Ecrire les formules statistiques des solides ioniques suivants :
  - Chlorure d'aluminium,
  - Oxyde de calcium,
  - Sulfate d'aluminium,
  - Iodure de potassium,
  - Nitrate de sodium,
  - Carbonate de calcium.

On donne les formules de quelques ions : ion sulfate :  $SO_4^{2-}$ , ion carbonate:  $CO_3^{2-}$  ion nitrate :  $NO_3^-$ , ion calcium :  $Ca^{2+}$ , ion iode :  $I^-$ , ion oxyde :  $O^{2-}$ ,

- 3) Le constituant majoritaire de l'émail des dents est l'hydroxyapatite : c'est un solide ionique renfermant les ions hydroxyde ( $OH^-$ ), calcium ( $Ca^{2+}$ ) et phosphate ( $PO_4^{3-}$ ). Sachant que sa formule statistique est du type  $Ca_x(PO_4)_yOH$ .

Déterminer la relation entre x et y. Trouver la formule statistique de hydroxyapatite sachant que  $x = 5$ .

## **D - CORRIGE DES EXERCICES**

### **EXERCICE 4**

- a) chlorure de potassium : Formule ionique : ( $K^+$  ;  $Cl^-$ ) ; Formule statistique : KCl
- b) Nitrate de baryum : Formule ionique : ( $3Ba^{2+}$  ;  $2NO_3^-$ ) ; Formule statistique :  $Ba_3(NO_3)_2$
- c) Phosphate d'argent : Formule ionique : ( $3 Ag^+$  ;  $PO_4^{3-}$ ) ; Formule statistique :  $Ag_3PO_4$

d) Permanganate de potassium : Formule ionique :  $(K^+ ; MnO_4^-)$  ; Formule statistique :  $KMnO_4$

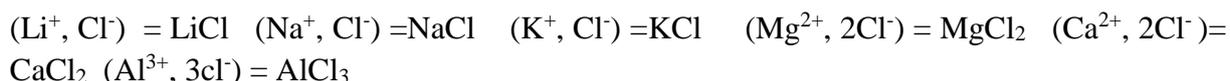
e) Sulfate d'aluminium : Formule ionique :  $(2Al^{3+} ; 3SO_4^{2-})$  ; Formule statistique :  $Al_2(SO_4)_3$

### **EXERCICE 6**

1) Les ions métalliques qui dérivent des atomes sont :



2) Les formules ioniques et statistiques des chlorures de ces ions :



### **EXERCICE 8**

2) Ecrire les formules statistiques des solides ioniques.:

- Chlorure d'aluminium :  $AlCl_3$
- Oxyde de calcium :  $CaO$
- Sulfate d'aluminium :  $Al_2(SO_4)_3$
- Iodure de potassium :  $KI$
- Nitrate de sodium :  $NaNO_3$
- Carbonate de calcium :  $CaCO_3$

3) Relation entre x et y :

Neutralité électrique du composé :  $2x - 3y - 1 = 0$

Si  $x = 5$  alors  $y = 3$  ; d'où la formule  $Ca_5(PO_4)_3OH$

## **CHAPITRE C4 MOLE ET GRANDEURS MOLAIRES**

### **A - OBJECTIFS**

Donner la double signification du symbole des éléments et des formules des corps purs simples et/ou composés.

Utiliser la relation entre nombre de moles, masse et masse molaire

Utiliser la relation entre nombre de moles, volume et volume molaire.

Calculer des masses molaires.

Utiliser la valeur du volume molaire.

Calculer la densité d'un gaz par rapport à l'air et /ou par rapport à un autre gaz.

## B – L'ESSENTIEL DU COURS

La mole est l'unité de quantité de matière.

Dans une mole de matière il y'a  $6,02 \cdot 10^{23}$  entités élémentaires (atomes, ions, molécules, etc.). ce nombre est appelé constante d'Avogadro notée  $N_A$ .

La masse molaire atomique  $M$  d'un élément est la masse d'une mole d'atomes de cet élément. Elle s'exprime en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

La masse molaire moléculaire est la masse d'une mole de molécules. Elle est égale à la somme des masses molaires atomiques des éléments constitutifs du composé affecté de leur coefficient.

Le volume molaire d'un gaz  $V_m$  représente le volume occupé par une mole de ce gaz.

Dans les mêmes conditions de température et de pression des volumes égaux de gaz contiennent le même nombre de mole : c'est la loi d'Avogadro-Ampère

Dans les conditions normales de température et de pression ( $t^\circ = 0^\circ\text{C}$ ,  $P=1\text{atm}$ ) le volume molaire d'un gaz est  $V_0=22,4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

La quantité de matière d'un corps de masse  $m$  et de masse molaire  $M$  s'exprime par:  $n = \frac{m}{M}$

La quantité de matière d'un corps gazeux de volume  $V$  s'exprime par :  $n = \frac{V}{V_m}$  avec  $V_m =$   
volume molaire

Loi des gaz parfaits :  $P\cdot V = n\cdot R\cdot T$

- $P$  est la pression du gaz en Pascal (Pa),
- $V$  : volume occupé par le gaz ( $\text{m}^3$ ),
- $T$  : température du gaz (K) avec  $T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$
- $R$  : constante du gaz parfait  $8,31 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

NB :  $1\text{atm} = 1 \text{ bar} = 760 \text{ mm de Hg} = 1,013\cdot 10^5 \text{ Pa}$

## C - EXERCICES

**N.B.** Pour les masses molaires atomiques se référer au tableau de classification périodique.

### EXERCICE 1

1°) Calculer les masses molaires moléculaires de :  $\text{CH}_4$  ;  $\text{CO}_2$  ;  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  ;  $\text{NH}_3$ .

2°) Calculer les masses molaires des composés ioniques suivants :  $\text{BaCl}_2$  ;  $\text{NaCl}$  ;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

3°) Calculer les compositions centésimales massiques des corps purs suivants :  $\text{CO}_2$  ;  $\text{C}_3\text{H}_8$  ;  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ;

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ;  $\text{Cu}(\text{SO}_4)\cdot 7\text{H}_2\text{O}$

4°) Calculer

- a) la masse de 1 litre de dihydrogène (gaz) ; volume mesuré dans les conditions normales.

- b) le volume occupé dans les conditions normales par 5g de dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  (gaz).  
 c) la masse de 10 litres de butane (gaz)  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , le volume est mesuré dans les CNTP.  
 5) Calculer la quantité de matière contenue dans  
 a) 2 litres de dihydrogène pur, volume mesuré dans les CNTP.  
 b) dans 2,7 kg de butane.  
 c) dans 10 g d'hydroxyde de sodium  $\text{NaOH}$ .

### **EXERCICE 2**

- 1) Calculer la masse volumique du dioxygène dans les CNTP. Calculer sa densité par rapport à l'air.  
 2) On mélange 10 litres de butane et 10 litres de dioxygène. On suppose que le volume du mélange est 20 litres. Les volumes sont mesurés dans les CNTP  
 a) Déterminer la masse du mélange  
 b) Déterminer la densité du mélange  
 3) Un corps pur gazeux de formule  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  a pour densité  $d = 1,52$   
 - Déterminer sa masse molaire moléculaire  
 - Déterminer sa formule brute.

### **EXERCICE 3**

Un corps a pour formule  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}$ , les coefficients  $x$  et  $y$  étant entiers. L'analyse d'un échantillon de cette substance montre que les pourcentages en masse des éléments C, H qu'elle renferme sont : % C = 52,2 et %H = 13,3.

- 1) Déterminer le pourcentage en masse d'oxygène. En déduire la masse molaire  $M$  de ce composé  
 2) Déterminer les valeurs de  $x$  et  $y$ .  
 3) Proposer au moins une formule semi-développée pour ce composé.

### **EXERCICE 4**

Un récipient non dilatable de capacité 5 litres renferme 16 g de dioxygène à la température atmosphérique de  $27^\circ\text{C}$ .

- 1) Déterminer la pression du gaz.  
 2) On ouvre le récipient par le haut, on attend quelques instants. Déterminer la masse de dioxygène restant dans le récipient.  
 3) On referme le récipient. On le chauffe pour ramener la pression à la pression initiale. Quelle doit être la température finale ?

**Données :** La pression atmosphérique est de 70 cm de mercure et  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mm de mercure}$ .

### **EXERCICE 5**

Un comprimé de vitamine C 500 : contient une masse  $m = 500 \text{ mg}$  de vitamine C de formule  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$

- 1) Calculer la masse molaire moléculaire de la vitamine C  
 2) Calculer la quantité de matière de vitamine C contenue dans un comprimé  
 3) Calculer le nombre de molécules de vitamine C dans ce comprimé

Donnée : constante d'Avogadro  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

### **EXERCICE 6**

Un flacon de volume  $V = 0,75 \text{ L}$  contient une masse  $m = 1,32 \text{ g}$  d'un gaz inconnu. Le volume molaire  $V_m = 25 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$

1-Calculer la masse molaire de ce gaz.

2-Ce gaz est un alcane de formule générale  $C_xH_{2x+2}$  ( $x$  est un nombre entier positif). Déterminer la valeur de  $x$ , puis écrire les formules brute et développée de ce composé.

### **EXERCICE 7**

Un corps pur A a pour formule  $C_5H_{10}O$ .

1-Calculer la composition centésimale massique du composé A en carbone, en hydrogène et en oxygène.

2-Déterminer sa densité de vapeur par rapport à l'air.

3-Calculer le nombre de molécules de gaz contenu dans 10 g de ce composé.

4-Quel volume occupe un échantillon de gaz de masse 10 g

a- dans les CNTP ?

b- dans les conditions où la pression  $P=1\text{bar}$  et sa température  $t = 98^\circ\text{C}$  ?

### **EXERCICE 8**

1) Un pneu est gonflé à  $25^\circ\text{C}$  sous une pression de 1,5 atm. Trouver la nouvelle pression à  $40^\circ\text{C}$ . Quel danger court-on à trop gonfler les pneus de sa voiture quand on doit faire une longue distance ? (le volume d'air emprisonné est supposé constant).

2) Une enceinte renferme 20 L d'air à  $20^\circ\text{C}$  à la pression atmosphérique  $P_a = 1 \text{ atm}$ .

- Calculer la masse d'air.

- On chauffe l'enceinte à  $100^\circ\text{C}$ , trouver la nouvelle pression.

L'air sera assimilé à un gaz parfait.

### **EXERCICE 9**

Une bouteille contient une masse  $m = 420 \text{ g}$  d'un corps liquide de formule  $C_xH_y$  et de masse molaire moléculaire

$M = 58 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . La masse volumique de ce liquide est  $\mu = 0,6 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$

1) Calculer le volume occupé par ce corps liquide.

2) Le détendeur permet d'abaisser la pression et le liquide sort de la bouteille à l'état gazeux.

a) Calculer le volume molaire du gaz à  $25^\circ\text{C}$  et sous la pression de 1 bar.

b) Quel volume de gaz peut – on récupérer à la température de  $25^\circ\text{C}$  et sous la pression normale ?

c) Peut – on espérer vider complètement la bouteille de son contenu ? Pourquoi ?

3) Le corps contient 17,2 % en masse d'hydrogène. Déterminer sa formule brute. En déduire toutes les formules semi – développées possibles.

### **EXERCICE 10**

Soient A et B deux corps purs gazeux dont les molécules ne renferment que les éléments carbone et hydrogène.

On effectue les mélanges suivants :

- Mélange 1 : masse  $m_1 = 19,0 \text{ g}$  contient 0,1 mol de A et 0,3 mol de B,

- Mélange 2 : masse  $m_2 = 10,6$  g contient 0,3 mol de A et 0,1 mol de B.
- 1) Déterminer les masses molaires  $M_A$  de A et  $M_B$  de B.
  - 2) Calculer dans les CNTP la densité de A.
  - 3) Quelle est la formule brute de B sachant que sa molécule possède 2,5 fois plus d'atomes d'hydrogène que d'atomes de carbone ?
  - 4) Quel doit être le pourcentage en mol de A, d'un mélange contenant des masses égales de A et B ?

## D - CORRIGE DES EXERCICES

### EXERCICE 2 :

- 1) La masse volumique du dioxygène dans les CNTP

$$\mu(\text{O}_{2n}) = \frac{PM}{RT} \quad \text{AN} \quad \mu = \frac{1 \cdot 32}{0,082 \cdot 273} = 1,43 \text{ g.L}^{-1}$$

- 2) Déterminons la masse du mélange puis sa densité

$$\text{La masse du mélange : } m(\text{mélange}) = m(\text{butane}) + m(\text{dioxygène}) = \frac{10}{22,4}(58+32) = 40,18 \text{ g}$$

$$\text{La densité du mélange : } d = \frac{\mu_{\text{mél}}}{\mu_{\text{air}}} = \frac{40,18}{20 \cdot 1,3} = 1,55$$

- 3) Déterminons la masse molaire du mélange la formule brute

$$\text{La masse molaire : } M = 29 d = 29 \cdot 1,52 = 44,08 \text{ g.L}^{-1}$$

$$\text{La formule brute : } M = 14 n + 2 \text{ d'où } n = 3 \text{ ce qui donne } \text{C}_3\text{H}_8.$$

### EXERCICE 3 :

- 1) Déterminons le % en masse d'oxygène et la masse molaire

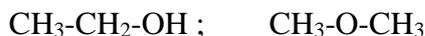
$$\% \text{O} = 100 - (52,2 + 13,3) = 34,5 \%$$

$$\text{Or } \frac{M}{100} = \frac{16}{\% \text{O}} \text{ ce qui donne } M = \frac{100 \cdot 16}{34,5} = 46,4 \text{ g.mol}^{-1}$$

- 2) Déterminons les valeurs de x et y

$$x = \frac{52,2 \cdot 46,4}{1200} = 2 \text{ et } y = \frac{13,3 \cdot 46,4}{100} = 6 \quad \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$$

- 3) Les formules développées



### EXERCICE 4 :

- 1) La pression du gaz

$$P = \frac{mRT}{MV} \quad \text{AN} \quad P = \frac{16 \cdot 0,082 \cdot 300}{32 \cdot 5} = 2,46 \text{ atm}$$

- 2) La masse de dioxygène restant dans le récipient

$$\text{La nouvelle pression est } P' = 70 \text{ cm de Hg} = \frac{700}{760} = 0,921 \text{ atm}$$

$$\text{La température et le volume sont constants : } m' = \frac{mP'}{P} ; \quad \text{AN : } m' = \frac{16 \cdot 700}{760} = 14,74 \text{ g}$$

- 3) La nouvelle température  $T'$  :

$$\text{La pression et le volume sont constants : } T' = \frac{mT}{m'} ; \quad \text{AN : } T' = \frac{16 \cdot 27}{14,74} = 29,3^\circ\text{C}$$

### EXERCICE 8 :

- 1) La nouvelle pression

$$P' = \frac{PT'}{T} \quad \text{AN} \quad P' = 1,57 \text{ atm}$$

Il y'a des risques d'éclatement des pneus car la pression augmente avec la température.

2) Déterminons la masse de l'air puis la nouvelle pression

- La masse de l'air  $m = \frac{PVM}{RT} = \frac{PV * \mu * Vm}{RT} = \frac{1 * 20 * 1,3 * 22,4}{0,082 * 293} = 24,24 \text{ g}$

- La nouvelle pression  $P = \frac{373 * 1}{293} = 1,27 \text{ atm}$

## CHAPITRE C5 REACTIONS CHIMIQUES

### A - OBJECTIFS

Citer des exemples de réactions.

Interpréter la conservation de la matière en termes de nombre d'atomes

Distinguer réactifs et produits.

Représenter une réaction chimique par une équation

Ecrire l'équation-bilan d'une réaction.

Etablir le bilan molaire d'une réaction

Calculer la masse et/ou le volume des réactifs et / ou des produits.

Utiliser rationnellement les produits chimiques.

Respecter les mesures de sécurité

### B – L'ESSENTIEL DU COURS

Une réaction chimique est une transformation au cours de laquelle un ou des corps pur(s) donne (ent) un ou d'autres corps pur(s)

Les corps qui se transforment sont appelés réactifs

Les corps qui se forment sont les produits de la réaction

Conservation de la masse : au cours d'une réaction chimique la somme des masses des réactifs est égale à la somme des masses des produits (Loi de Lavoisier).

Une réaction chimique est traduite par une équation-bilan qui doit toujours être équilibrée pour respecter la loi conservation de la matière.

Au cours d'une réaction chimique telle que :



On a :  $\frac{n(A)}{\alpha} = \frac{n(B)}{\beta} = \frac{n(C)}{\lambda} = \frac{n(D)}{\mu}$  relation entre les quantités de matière effectivement mis en jeu.

Le rendement d'une réaction chimique est défini par rapport à un réactif ou un produit :

$$r = \frac{\text{masse expérimentale}}{\text{masse théorique}} \times 100 \leq 100\%$$

## C – EXERCICES

### EXERCICE 1

Equilibrer les équations suivantes :

- $\text{N}_2 + \text{H}_2 = \text{NH}_3$
- $\text{Na} + \text{O}_2 = \text{Na}_2\text{O}$
- $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{CaSO}_4$
- $\text{MnO} + \text{HCl} = \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Cu} + \text{Ag}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{Ag}$
- $\text{Ag}^+ + \text{PO}_3^- = \text{Ag}_3\text{PO}_4$
- $\text{P}_4\text{O}_6 + \text{I}_2 = \text{P}_2\text{I}_4 + \text{P}_4\text{O}_{10}$
- $\text{C}_x\text{H}_y + \text{O}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$

### EXERCICE 2

L'oxyde de cuivre est réduit par le carbone selon l'équation :  $\text{CuO} + \text{C} = \text{CO}_2 + \text{Cu}$

- Equilibrer l'équation de la réaction.
- Déterminer la masse de l'oxyde de cuivre CuO à utiliser pour obtenir 6,35 g de cuivre.
- Déterminer le volume de dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, mesuré dans les CNTP, qu'on peut obtenir en faisant réagir complètement 26,5 g d'oxyde de cuivre.

### EXERCICE 3

On procède à la combustion complète du butane C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> dans le dioxygène de l'air. La réaction produit du dioxyde de carbone et de l'eau.

- Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
- Déterminer le volume de dioxygène nécessaire à la combustion de 1 kg de butane.
- En déduire le volume d'air nécessaire à cette combustion en admettant que l'air contient en volume 20% de dioxygène.

Les conditions de l'expérience sont supposées être les conditions normales.

### EXERCICE 4

- La combustion dans le dioxygène de 224 cm<sup>3</sup> d'un corps gazeux de formule C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> a donné 1,76 g de dioxyde de carbone et de l'eau.
  - Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
  - Déterminer la formule brute de l'hydrocarbure. Ecrire les formules semi-développées correspondantes.
- La combustion complète dans le dioxygène de 1 L d'un hydrocarbure gazeux C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> a nécessité 5 L de dioxygène et a donné 3 L de dioxyde de carbone. Trouver la formule brute de l'hydrocarbure.

**N.B :** Tous les volumes gazeux sont mesurés dans les conditions normales.

### **EXERCICE 5**

On effectue la combustion complète d'un mélange de 0,4 mole de méthane  $\text{CH}_4$  et d'éthane  $\text{C}_2\text{H}_6$  dans du dioxygène en excès.

- 1) Ecrire l'équation-bilan de chacune des réactions.
- 2) Calculer le nombre de moles respectifs de méthane et d'éthane dans le mélange réactionnel initial sachant que l'on recueille 0,5 mol de dioxyde de carbone.
- 3) Quel est, dans les conditions normales, le volume de dioxygène nécessaire à cette réaction ?

### **EXERCICE 6**

On fait passer de la vapeur d'eau sur du fer impur à chaud. Il se forme de l'oxyde de fer  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  et du dihydrogène.

On a utilisé 100 g de fer impur pour obtenir 50 L de dihydrogène, volume mesuré dans les CNTP.

- 1) Déterminer la masse de d'oxyde de fer obtenu.
- 2) Déterminer le degré de pureté du fer utilisé.

### **EXERCICE 7**

- 1) Le Soufre brûle dans le dioxygène de l'air en donnant du dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ).
  - a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
  - b) Déterminer le volume de dioxyde de soufre mesuré dans les CNTP qu'on peut obtenir avec 20 g de soufre.
- 2) On prépare du dioxyde de soufre en grillant, dans un courant d'air chaud du sulfure de zinc ( $\text{ZnS}$ ). On obtient du dioxyde de soufre et de l'oxyde de zinc  $\text{ZnO}$ .
  - a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
  - b) Déterminer la masse de sulfure de zinc qu'il faut griller pour obtenir une tonne d'oxyde de zinc.
  - c) Quel est le volume, ramené dans les CNTP, du dioxyde de soufre obtenu ?
- 3) En présence d'oxyde de vanadium (catalyseur), le dioxyde de soufre se combine au dioxygène pour donner le trioxyde de soufre ou anhydride sulfurique ( $\text{SO}_3$ ).
  - a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
  - b) Déterminer la masse de dioxyde de soufre nécessaire à la production d'une tonne d'anhydride sulfurique, sachant que le rendement est de 95%.

### **EXERCICE 8**

Le fluorure d'aluminium  $\text{AlF}_3$  est obtenu par action à  $400^\circ\text{C}$ , sous une pression de 1 bar, du fluorure d'hydrogène gazeux sur l'oxyde d'aluminium solide, ou alumine,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ; il se forme de la vapeur d'eau.

- 1) Ecrire l'équation de cette réaction.
- 2) On souhaite obtenir 1,00 Kg de fluorure d'aluminium ; déterminer les quantités, puis les masses de réactifs nécessaires.
- 3) On fait réagir 510 g d'alumine avec 1200 g de fluorure d'hydrogène.

- Etablir le tableau d'avancement de la réaction.
- Déterminer la composition finale du système après réaction en précisant la masse de chacun des corps présents.
- Vérifier que la loi de Lavoisier est vérifiée.
- En réalité avec les pertes, la masse du fluorure aluminium est de 630 g, en déduire le rendement de la réaction.

### EXERCICE 9

Le dioxyde de soufre  $\text{SO}_2$  peut être préparé par action de sulfure de fer (pyrite)  $\text{FeS}$  sur le dioxygène. Il se forme en même temps de l'oxyde de fer  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

- Ecrire l'équation de la réaction puis l'équilibrer.
- Quel volume de dioxyde de soufre peut-on espérer obtenir à partir d'une tonne de pyrite ? Calculer alors la masse et le volume de dioxygène nécessaire. Les volumes gazeux sont mesurés dans les CNTP.
- Le rendement de la réaction est en réalité égal à 80%. Calculer la masse de dioxyde de soufre effectivement obtenue à partir d'une tonne de pyrite.

## D - CORRIGE DES EXERCICES

### EXERCICE 2:

- Equilibrer l'équation-bilan :  $2\text{CuO} + \text{C} = \text{CO}_2 + 2\text{Cu}$
- La masse de l'oxyde de cuivre :

$$\text{B.M} : \frac{n(\text{CuO})}{2} = \frac{n(\text{Cu})}{2} \text{ alors } m(\text{CuO}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} \times M(\text{CuO})$$

$$\text{A.N} : m(\text{CuO}) = \frac{6,35}{63,5} \times (63,5 + 16) = 7,95 \text{ g}$$

- Le volume de dioxyde de carbone

$$\text{B.M} : n(\text{CO}_2) = \frac{n(\text{CuO})}{2} \text{ alors } V(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CuO})}{2 \cdot M(\text{CuO})} \times V_m$$

$$\text{A.N} : V(\text{CO}_2) = \frac{26,5}{2 \cdot (63,5 + 16)} \times 22,4 = 3,73 \text{ L}$$

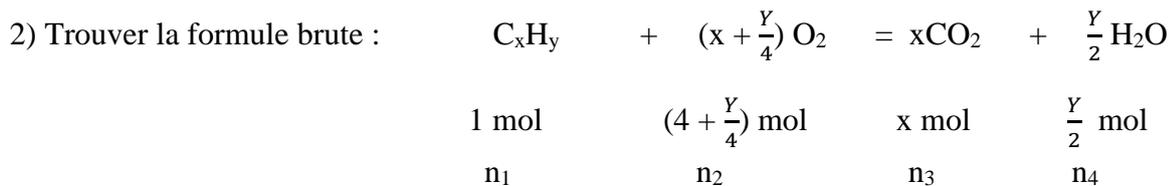
### EXERCICE 4:

$$1.a) \text{ L'équation-bilan de la réaction : } \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + \left(\frac{3n+1}{2}\right) \text{O}_2 = n\text{CO}_2 + (n+1) \text{H}_2\text{O}$$

$$1.b) \text{ La formule brute : } \quad \quad \quad 1 \text{ mol} \quad + \left(\frac{3n+1}{2}\right) \text{ mol} \quad \quad n \text{ mol} \quad \quad (n+1) \text{ mol}$$

$$\quad \quad \quad n_1 \quad \quad \quad n_2 \quad \quad \quad n_3 \quad \quad \quad n_4$$

Or  $n_1 = \frac{V_1}{V_0}$  et  $n_3 = \frac{m_3}{M_3}$  ce qui donne  $n = \frac{m_3}{M_3} \times \frac{V_0}{V_1}$  A.N :  $n = \frac{1,76}{44} \times \frac{22,4}{0,224} = 4$  la formule brute est donc  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .

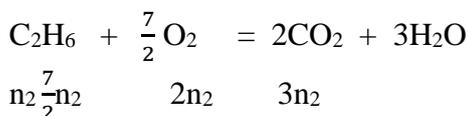
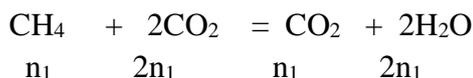


- Valeur de x :  $\frac{n_3}{x} = n_1$  ce qui donne  $x = \frac{V_3}{V_1} = 3$

- Valeur de y :  $x + \frac{y}{4} = \frac{n_2}{n_1}$  ce qui donne  $y = 8$  La formule du composé est  $C_3H_8$ .

### EXERCICE 5 :

1) Les équations-bilans :



2) Le nombre de mol du méthane et d'éthane :

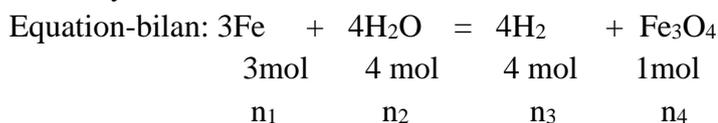
Ecrivons :  $n_1 + n_2 = 0,4$  et  $n_1 + 2n_2 = 0,5$

En résolvant le système on obtient :  $n_1 = 0,3$ mol et  $n_2 = 0,1$  mol

3) Le nombre de mole de dioxygène ayant réagi au cours des deux réactions :  $n = 2n_1 + \frac{7}{2}n_2 = 22,8$  L

### EXERCICE 6 :

1) Masse d'oxyde de fer obtenu :



La masse d'oxyde de fer est  $m_4 = n_4 \times M_4$  or  $n_4 = \frac{n_3}{4}$

Ce qui donne  $m_4 = \frac{V_3}{4 \cdot V_0} \times M(Fe_3O_4)$  A.N :  $m_4 = \frac{50}{4 \cdot 22,4} (56 \times 3 + 16 \times 4) = 129,46$  g

2) Degré de pureté du fer :

Le degré de pureté du fer est :  $\% Fe = \frac{\text{masse de fer pur}}{\text{masse de fer (impureté comprise)}} \times 100$

Le nombre de mole de fer pur est  $n_1 = \frac{3}{4} n_3$ , ce qui donne  $m_1 = n_1 \cdot M_1$

A.N :  $m_1 = \frac{3 \cdot 50}{4 \cdot 22,4} \times 56 = 93,75$  d'où  $\% Fe = \frac{93,75}{100} \times 100 = 93,75\%$

### EXERCICE 7:

1) Déterminons :



b) Le volume de dioxyde de soufre mesuré dans les CNTP :

$n(S) = n(SO_2)$  donc  $V(SO_2) = \frac{m(S) \cdot V_m}{M(S)}$  A.N :  $V(SO_2) = \frac{20 \cdot 22,4}{32} = 14$  L

2) Déterminer :



b) La masse de sulfure de zinc:

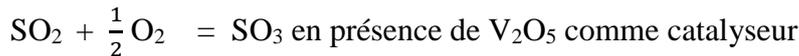
$$\frac{m(\text{ZnS})}{M(\text{ZnS})} = \frac{m(\text{ZnO})}{M(\text{ZnO})} \text{ il vient, AN : } m(\text{ZnS}) = \frac{97,4 \cdot 1}{81,4} = 1,2 \text{ t}$$

c) Le volume de dioxyde de soufre dans les CNTP :

$$V(\text{SO}_2) = \frac{22,4}{81,41} \cdot 110^6 = 2,75 \cdot 10^5 \text{ L} = 275 \text{ m}^3$$

3) Déterminer :

a) L'équation bilan de la réaction :



b) La masse de dioxyde de soufre :

$$\text{c) } m(\text{SO}_2) = \frac{m(\text{SO}_3) \cdot M(\text{SO}_2)}{r \cdot M(\text{SO}_3)}, \text{ AN : } m(\text{SO}_2) = \frac{1 \cdot 64}{0,95 \cdot 80} = 0,8421 \text{ t} = 842,1 \text{ Kg}$$

### **EXERCICE 8 :**

1) Ecrire l'équation bilan de la réaction



2) Les quantités de matières et les masses des réactifs

$$\text{B.M : } n(\text{HF}) = \frac{3}{2} n(\text{AlF}_3) = \frac{3}{84} \cdot 10^3 = 35,1 \text{ mol et } n(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{n(\text{HF})}{6} = \frac{35,1}{6} = 5,95 \text{ mol}$$

3) a- Le tableau d'avancement de la réaction

	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$6\text{HF}$	$3\text{H}_2\text{O}$	$2\text{AlF}_3$
A t=0	5 mol	60 mol	0	0
A t quelconque	5 -X	60 - X	3X	2X
A l'état final	0 (X=5)	30	15	10

Le réactif limitant est l'alumine  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

b- Composition finale du mélange :

d)  $m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,$

e)  $m(\text{HF})_{\text{rest}} = 1200 - 30 \times 20 = 600 \text{ g},$

f)  $m(\text{H}_2\text{O}) = 15 \times 18 = 270 \text{ g},$

g)  $m(\text{AlF}_3) = 10 \times 84 = 840 \text{ g}$

c- Vérification de la loi de Lavoisier :  $\sum m(\text{Réactifs}) = \sum m(\text{Produits})$

h) Réactifs :  $m(\text{Al}_2\text{O}_3)_{\text{réa}} + m(\text{HF})_{\text{réa}} = 510 + 600 = 1110 \text{ g},$

i) Produits :  $m(\text{H}_2\text{O})_{\text{for}} + m(\text{AlF}_3)_{\text{for}} = 270 + 840 = 1110 \text{ g}$

d- Le rendement de la réaction :  $r = \frac{630}{840} \times 100 = 75\%$

# CHAPITRE C6 GENERALITES SUR LES SOLUTIONS AQUEUSES

## A – OBJECTIFS

- Distinguer solvant, soluté et solution et en donner des exemples.
- Faire le lien entre le caractère conducteur d'une solution et son caractère ionique.
- Expliquer les rôles du solvant.
- Expliquer les phénomènes physico-chimiques accompagnant une dissolution.
- Utiliser les effets thermiques de la dissolution.
- Déterminer la solubilité d'un produit par rapport à un solvant.
- Calculer la concentration d'une solution ou d'une espèce en solution.
- Préparer une solution.
- Extraire un produit du laboratoire ou un produit naturel à l'aide d'un solvant approprié.

## B – L'ESSENTIEL DU COURS

Une solution est un mélange homogène ; l'espèce chimique majoritaire est le solvant, les autres sont les solutés.

Une solution aqueuse est une solution dont le solvant est l'eau.

On distingue les solutions ioniques et les solutions non ioniques.

La concentration massique d'une solution est la masse de soluté contenue dans un litre de cette solution.  $C_m = \frac{m_{\text{Soluté}}}{V_{\text{Solution}}} \text{ (g.L}^{-1}\text{)}$

La concentration molaire d'une solution est la quantité de matière de soluté contenue dans un litre de cette solution.  $C = \frac{n_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}} \text{ (mol.L}^{-1}\text{)}$

Relation entre concentration molaire et concentration massique  $C_m = C \cdot M$

**Au cours d'une dilution il y a une diminution de la concentration des solutés ; il y a conservation de la quantité de matière de chaque soluté.**

Facteur de dilution :  $F = \frac{C_{\text{initiale}}}{C_{\text{finale}}} = \frac{V_{\text{final}}}{V_{\text{initial}}}$

## C - EXERCICES

### EXERCICE 1 :

1°) Une solution de volume  $V = 250 \text{ mL}$ , est obtenue en dissolvant  $12 \text{ mmol}$  de saccharose dans de l'eau pure. Calculer la concentration molaire de la solution en saccharose.

2°) Déterminer la quantité de matière d'acide benzoïque ( $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ ) contenue dans un volume  $V = 23 \text{ mL}$  d'une solution d'acide benzoïque de concentration molaire  $C = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . En déduire sa masse. On donne :  $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ .

### EXERCICE 2

1) On introduit  $1,248 \text{ g}$  de sulfate de cuivre anhydre  $\text{CuSO}_4$  dans une fiole jaugée de  $500 \text{ mL}$  que l'on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

- a- Calculer la masse molaire du sulfate de cuivre.
- b- Calculer la concentration molaire de la solution de sulfate de cuivre.

- 3) On introduit 1,248 g de sulfate de cuivre pentahydraté ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) dans une fiole jaugée de 500 mL que l'on complète avec de l'eau distillée. Répondre aux mêmes questions que précédemment.

On donne :  $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $M(\text{S}) = 32\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $M(\text{O}) = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

### **EXERCICE 3**

- 1) Un adolescent doit absorber 75 mg de vitamine C ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) de masse molaire  $M = 176 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  par jour. Calculer la quantité matière de vitamine C correspondante.
- 2) Un jus de fruit contient de la vitamine C à la concentration molaire  $C = 2,3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Calculer le volume de jus de fruit qu'un adolescent doit boire dans la journée pour absorber sa quantité quotidienne de vitamine C.

### **EXERCICE 4**

On donne :  $M(\text{C}) = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{H}) = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $M(\text{N}) = 14 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{P}) = 31 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;

- 1) Les boissons au cola contiennent de l'acide phosphorique  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Leur concentration molaire en acide phosphorique est de l'ordre de  $1,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Déterminer la concentration massique en acide phosphorique.

- 2) L'hextril est une solution de bain de bouche. Le principe actif de ce médicament est l'hexétidine, de formule brute  $\text{C}_{21}\text{H}_{45}\text{N}_3$ . Déterminer sa concentration molaire sachant que sa concentration massique est  $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

### **EXERCICE 5**

Dans les résultats d'analyses biochimiques, les valeurs normales sont souvent données en concentration molaire et/ou massique. Ainsi dans le sang, les valeurs normales doivent être comprises entre  $3 \text{ et } 8 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  pour l'urée, de formule brute  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ , et entre  $0,7 \text{ et } 1,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  pour le glucose, de formule  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Donner ces normes en concentration molaire et massique.

### **EXERCICE 6**

On considère trois solutions de même concentration  $C = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  :

- solution de sulfate de potassium  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,
- solution de sulfate d'aluminium  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- solution de phosphate de potassium  $\text{K}_3\text{PO}_4$ .

- 1) Ecrire les équations-bilans de dissolution de chacun des trois composés ioniques.
- 2) Déterminer la concentration molaire des ions présents dans chacune des solutions.

### **EXERCICE 7**

On donne :  $M(\text{K}) = 39 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{Mn}) = 55\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $M(\text{O}) = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Déterminer la masse de permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) qu'il faut dissoudre dans de l'eau distillée pour préparer 500 mL de solution de concentration  $10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

### **EXERCICE 8**

On prépare quatre solutions en introduisant :

- ❖ 0,05 mol de  $\text{KCl}$  dans 0,25 litre d'eau ;
- ❖ 0,05 mol de  $\text{NiCl}_2$  dans 0,5 L ;

- ❖ 0,1 mol de FeCl<sub>2</sub>, 4H<sub>2</sub>O dans 0,5 L ;
- ❖ 0,05 mol de FeCl<sub>3</sub>, 6H<sub>2</sub>O dans 1L..

- 1) Ecrire les équations-bilans des réactions de dissolution.
- 2) Classer les solutions par ordre croissant de concentration en ions chlorure.
- 3) Calculer la concentration des ions chlorure dans le mélange des quatre solutions.

### **EXERCICE 9**

1°) Calculer la concentration C de la solution obtenue en préparant une dilution d'un volume V<sub>0</sub> = 20 mL de concentration C<sub>0</sub> = 5.10<sup>-2</sup> mol.L<sup>-1</sup> de solution de sulfate de cuivre dans une fiole jaugée de 500 mL.

2°) Déterminer alors le facteur de dilution.

$$\text{Le facteur de dilution } F = \frac{V_{\text{final}}}{V_{\text{initial}}} = \frac{C_{\text{initiale}}}{C_{\text{finale}}}$$

### **EXERCICE 10**

Quel volume V<sub>1</sub> de solution de diiode faut-il prélever pour préparer 100 mL de solution à 5,9.10<sup>-3</sup> mol.L<sup>-1</sup> à partir d'une solution mère de concentration C<sub>1</sub> = 4,1.10<sup>-2</sup> mol.L<sup>-1</sup> ?

### **EXERCICE 11**

On veut préparer des solutions diluées d'un volume total de 10 mL à partir de solutions mères de concentration C<sub>0</sub> = 10<sup>-2</sup> mol.L<sup>-1</sup>.

- 1) Quels volumes de solution mère doit-on utiliser pour des dilutions de facteurs F = 2, 4, 6, 8 puis 10 ? Quel volume d'eau faut-il ajouter pour chaque dilution?
- 2) Quelles sont les concentrations des solutions diluées obtenues ? Présenter les résultats sous la forme d'un tableau.

## **D - CORRIGE DES EXERCICES**

### **EXERCICE 1**

1. La concentration molaire de la solution en saccharose C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>)

$$C = \frac{n_s}{V_s} = \frac{12.10^{-3}}{250.10^{-3}} = 0,6 \text{ mol.L}^{-1}$$

2. La quantité de matière d'acide benzoïque

$$n = CV = 1,5.10^{-2} \times 23.10^{-3} = 34,5.10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

1. La masse d'acide benzoïque utilisée

$$m = nM = 34,5.10^{-5} \times (7 \times 12 + 6 + 2 \times 16) = 4,209.10^{-2} \text{ g}$$

### **EXERCICE 2**

1-a) Calculons la masse molaire du sulfate de cuivre.

$$M = M(\text{Cu}) + M(\text{S}) + 4M(\text{O}) = 63,5 + 32 + 4 \times 16 = 159,5 \text{ g.mol}^{-1}$$

1-b) Calculons la concentration molaire de la solution de sulfate de cuivre.

$$C = \frac{\frac{1,248}{159,5}}{500.10^{-3}} = 1,56.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

2-a) Calculons la masse molaire du sulfate de cuivre hydraté.

$$M = 159,5 + 5 \times 18 = 249,5 \text{ g.mol}^{-1}$$

2-b) Calculons la concentration molaire de la solution de sulfate de cuivre.

$$C = \frac{\frac{1,248}{249,5}}{500 \cdot 10^{-3}} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

### **EXERCICE 3**

1) Calculons la quantité matière de vitamine C correspondante

$$n = \frac{75 \cdot 10^{-3}}{176} = 4,26 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

2) Calculons le volume de jus de fruit un adolescent doit-il boire dans la journée pour absorber sa quantité quotidienne de vitamine C

$$V = \frac{n}{c} = \frac{4,26 \cdot 10^{-4}}{2,3 \cdot 10^{-3}} = 9,826 \cdot 10^{-2} \text{ L} = 10 \text{ mL}$$

### **EXERCICE 4**

1) Calculons la concentration massique en acide phosphorique

$$M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3 \times 31 + 4 \times 16 = 98 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$C_m = C \cdot M = 1,5 \cdot 10^{-3} \times 98 = 1,47 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

2) Déterminons la concentration molaire de l'hextril sachant que sa concentration massique est  $1 \text{ g.L}^{-1}$ .  $\text{C}_{21}\text{H}_{45}\text{N}_3$ .

$$M = 21 \times 12 + 45 + 3 \times 14 = 339 \text{ g.mol}^{-1}$$

### **EXERCICE 9**

1) Calculons la concentration C de la solution obtenue dilution.

$$C = \frac{C_0 V_0}{V} = \frac{5 \cdot 10^{-2} \times 20 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

2) Calculons le facteur de dilution

$$F = \frac{V_{\text{final}}}{V_{\text{initial}}} = \frac{500 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-3}} = 25$$

**Exercice 10 :** Le volume à prélever

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{5,9 \cdot 10^{-3} \times 100 \cdot 10^{-3}}{4,1 \cdot 10^{-2}} = 1,44 \cdot 10^{-2} \text{ L}$$

---

## **CHAPITRE C7 SOLUTIONS AQUEUSES ACIDES**

### **A - OBJECTIFS**

Identifier le caractère acide d'une solution.

Donner des exemples de solutions acides.

Ecrire les formules du gaz chlorhydrique et de l'acide chlorhydrique.

Réaliser l'expérience du jet d'eau

Interpréter l'expérience du jet d'eau.

Caractériser l'ion chlorure.

Ecrire les équations-bilans des différentes réactions chimiques avec l'acide chlorhydrique.

Utiliser les propriétés acides,

Utiliser rationnellement les produits chimiques,

Prendre des mesures de sécurité pour la consommation et l'utilisation des produits acides.

## B - L'ESSENTIEL DU COURS

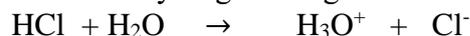
Le chlorure d'hydrogène (HCl) est gazeux dans les conditions ordinaires.

Il peut être obtenu au laboratoire par action de l'acide sulfurique sur le chlorure de sodium

Le chlorure d'hydrogène est très soluble dans l'eau (un litre d'eau peut dissoudre à 25°C un volume de 425 litres de chlorure d'hydrogène, volume mesuré dans les CNTP).

L'expérience du jet d'eau met en évidence la grande solubilité de ce gaz dans l'eau.

La dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau est exothermique ; toutes les molécules de chlorure d'hydrogène réagissent avec l'eau selon l'équation



La solution aqueuse de chlorure d'hydrogène est ionique ; elle contient des ions hydronium  $\text{H}_3\text{O}^+$  et chlorure  $\text{Cl}^-$  conséquence de la réaction entre les molécules de chlorure d'hydrogène réagissent et d'eau

Les propriétés chimiques de la solution chlorhydrique sont dues essentiellement aux ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  et  $\text{Cl}^-$  :

- la solution chlorhydrique réagit sur certains métaux (zinc, aluminium, fer ...). Elle est sans action sur d'autres métaux (argent, platine ...).
- Elle a une action sur les indications colorées.
- Elle réagit également avec les solutions basiques.
- La solution chlorhydrique réagit avec une solution de nitrate d'argent et donne un précipité de chlorure d'argent AgCl. Les ions  $\text{Ag}^+$  permettent de déceler la présence des ions chlorure  $\text{Cl}^-$ .

### De façon générale :

- une solution aqueuse d'acide contient des ions hydronium. Une solution aqueuse acide contient aussi des ions  $\text{OH}^-$  en très petite quantité par rapport aux ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  :  $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$  ;
- l'ensemble des propriétés liées aux ions hydronium définit la fonction acide (réaction avec certains métaux, réaction avec les indicateurs colorés, réaction avec les bases).

Autres exemples de solutions acides : solution d'acide nitrique  $\text{HNO}_3$ , solution d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , solution d'acide phosphorique  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ...

## C - EXERCICES

### EXERCICE 1

Recopier et compléter les phrases suivantes par les mots ou groupes de mots qui conviennent.

- 1) En présence d'une solution acide, le BBT prend une coloration.....
- 2) L'ion responsable de l'acidité des solutions aqueuses acides est l'ion .....

- 3) Le chlorure d'hydrogène est très ..... dans l'eau. La solution de chlorure d'hydrogène réagit avec l'aluminium pour donner de l'eau, du ....., des ions.....et chlorure
- 4) La solution aqueuse de chlorure d'hydrogène contient des ions  $\text{Cl}^-$  appelés..... et des ions .....  $\text{H}_3\text{O}^+$ .
- 5) Le jus de citron, le jus de bissap et le vinaigre sont des solutions .....

### **EXERCICE 2**

Répondre par vrai ou faux :

- 1) L'acide chlorhydrique réagit avec tous les métaux.
- 2) Le chlorure d'hydrogène est insoluble dans l'eau.
- 3) La solution de chlorure d'hydrogène contient des ions chlorure et hydronium.
- 4) L'ajout d'eau à une solution de chlorure d'hydrogène augmente la concentration des ions hydronium.
- 5) La solution de chlorure d'hydrogène réagit avec la solution de nitrate d'argent pour donner un précipité qui noircit à la lumière.

### **EXERCICE 3 :**

Equilibrer les équations suivantes :

- a)  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
- b)  $\text{HBr} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Br}^-$
- c)  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$
- d)  $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{PO}_4^{3-}$
- e)  $\text{Zn} + (\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-) \rightarrow (\text{Zn}^{2+} + \text{Cl}^-) + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- f)  $(\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-) + (\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-) \rightarrow \text{AgCl} + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$
- g)  $\text{Al} + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Al}^{3+} + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$

### **EXERCICE 4**

- 1) Déterminer la masse de chlorure d'hydrogène qu'il faut dissoudre dans l'eau pure pour obtenir 5 L de solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire  $C = 0,2 \text{ mol/L}$ .
- 2) Calculer la concentration molaire en ions chlorure et en ions hydronium de la solution.
- 3) Calculer les nombres d'ions chlorure et d'ions hydronium contenus dans la solution.  
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

### **EXERCICE 5**

On introduit un morceau de fer dans une solution d'acide chlorhydrique

- 1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit. La concentration des ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  va-t-elle augmenter ou diminuer ?
- 2) On mélange 10 mL d'une solution d'acide chlorhydrique 0,10 M et 10 mL d'une solution de chlorure de sodium 0,10 M. Déterminer les concentrations des ions  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Na}^+$  dans la solution finale.

### **EXERCICE 6**

L'acide chlorhydrique réagit avec le calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) avec formation de dioxyde de carbone et de chlorure de calcium.

- 1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
- 2) On introduit une masse de 6 g de calcaire dans 300 mL d'acide chlorhydrique 0,5 M  
Montrer que l'un des réactifs utilisé est en excès. Lequel ?
- 3) Déterminer la masse du dioxyde de carbone formé.

### **EXERCICE 7**

On introduit un mélange de fer, de cuivre et d'aluminium de masse 23,3 g dans un ballon contenant de l'acide chlorhydrique en excès. On recueille 9,96 litres de dihydrogène, volume mesuré dans les CNTP.

Après réaction, on filtre le contenu du ballon. Le résidu lavé et séché a une masse de 6,70 g

- 1) Ecrire les équations-bilans des réactions qui se produisent.
- 2) Déterminer la composition centésimale massique du mélange initial.

### **EXERCICE 8**

Une solution d'acide chlorhydrique a une densité  $d = 1,27$ . Elle renferme en masse 25% d'acide pure.

- 1) Calculer la concentration molaire  $C$  de la solution.
- 2) On prélève 10 mL de la solution qu'on dilue à 21 L.
  - a) Faire l'inventaire du matériel nécessaire puis décrire le protocole.
  - b) Calculer les concentrations molaires des différentes espèces ioniques en solution.
  - c) Trouver la densité  $d'$  de la nouvelle solution.

### **EXERCICE 9**

On réalise l'électrolyse d'une solution d'acide chlorhydrique entre électrodes inattaquables. On recueille 1,8 L de dichlore, volume mesuré dans les CNTP.

- 1) Au niveau de quelle électrode recueille-t-on le dichlore ?
- 2) Quels sont la nature et le volume du gaz recueilli au niveau de l'autre électrode ?
- 3) Déterminer la quantité d'électricité qui a traversé le circuit.
- 4) Calculer la durée de l'expérience sachant que l'intensité du courant est égale à 1,5 A

### **EXERCICE 10**

- 1) On dissout 11,2 L de chlorure d'hydrogène, volume mesuré dans les CNTP, dans  $500 \text{ cm}^3$  d'eau.
  - a) Déterminer la concentration molaire  $C$  de la solution.
  - b) Calculer sa concentration massique.
- 2) Dans 10 mL de cette solution d'acide chlorhydrique, on plonge une lame de zinc.
  - a) Calculer le volume de dihydrogène dégagé à la fin de la réaction.
  - b) Calculer la diminution de masse de la lame de zinc.
- 3) Dans 200 mL de cette solution d'acide chlorhydrique, on introduit 11,2 g de fer pur.
  - a) Déterminer le volume de dihydrogène dégagé.
  - b) Calculer les concentrations molaires des différentes espèces ioniques présentes dans la solution à la fin de la réaction.

- 4) On introduit 11,2 g de fer impur dans un excès d'acide sulfurique. A la fin de la réaction, on recueille 3 L de dihydrogène. Trouver le degré d'impureté.
- 5) Une masse de 20 g d'un mélange de fer et de cuivre est attaquée par un excès d'acide chlorhydrique. Il y a dégagement de 2,24 L de dihydrogène. Déterminer la composition centésimale massique du mélange.

## D – CORRIGE DES EXERCICES

### EXERCICE 1

Phrases complétées.

- 6) En présence d'une solution acide, le BBT prend une coloration **jaune**
- 7) L'ion responsable de l'acidité des solutions aqueuses acides est l'ion **hydronium**
- 8) Le chlorure d'hydrogène est très **soluble** dans l'eau. La solution de chlorure d'hydrogène réagit avec l'aluminium pour donner de l'eau, du **dihydrogène** des ions **hydronium** et chlorure
- 9) La solution aqueuse de chlorure d'hydrogène contient des ions  $\text{Cl}^-$  appelés **ions chlorure** et des ions **hydronium**  $\text{H}_3\text{O}^+$ .
- 10) Le jus de citron, le jus de bissap et le vinaigre sont des solutions **acides**

### EXERCICE 3

Equations équilibrées

- a)  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
- b)  $\text{HBr} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Br}^-$
- c)  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$
- d)  $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{PO}_4^{3-}$
- e)  $\text{Zn} + 2(\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-) \rightarrow (\text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^-) + \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- f)  $(\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-) + (\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-) \rightarrow \text{AgCl} + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$
- g)  $2\text{Al} + 6\text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

### EXERCICE 5

- 1) Equation-bilan de la réaction



La concentration des ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  diminue du fait de la réaction de ces ions avec les atomes de Fe

- 2) Concentrations des ions dans le mélange

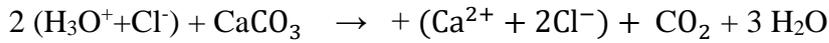
Chaque solution apporte des ions  $\text{Na}^+$  ; d'où  $[\text{Na}^+] = \frac{n(\text{Na}^+)}{V_1 + V_2} = \frac{c_1 V_1 + c_2 V_2}{V_1 + V_2} = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$

$$[\text{Cl}^-] = \frac{n(\text{Cl}^-)}{V_1 + V_2} = \frac{c_1 V_1}{V_1 + V_2} = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{Cl}^-] = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$$

## EXERCICE 6

1) Equation-bilan de la réaction



2) Réactif en excès.

$$\text{Quantité de matière de calcaire introduite : } n_1 = \frac{m}{M} = \frac{6}{40} = 0,15 \text{ mol}$$

$$\text{Quantité de matière de } \text{H}_3\text{O}^+ : n_2 = CV = 0,15 \text{ mol}$$

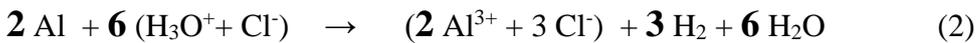
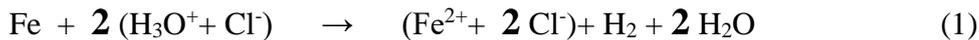
On a :  $\frac{n_2}{2} < \frac{n_1}{1}$  d'où l'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  est le réactif en défaut et  $\text{CaCO}_3$  est le réactif en excès

3) Masse du dioxyde de carbone formé

$$m = n.M \text{ et } n = \frac{n_2}{2} \text{ d'où } m = \frac{n_2}{2} M = 3,3 \text{ g}$$

## EXERCICE 7

1) Equations-bilans des réactions qui se produisent



2) Composition massique du mélange

Le résidu est du cuivre ; métal qui ne réagit avec l'acide chlorhydrique à froid

$$m(\text{Cu}) = 6,70 \text{ g}$$

$$\text{d'où : } m(\text{Fe}) + m(\text{Al}) = 23,3 - 6,70 = 16,6 \quad (\text{a})$$

$$n(\text{H}_2)_1 + n(\text{H}_2)_2 = n(\text{H}_2)_{\text{total}} = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = 0,45 \text{ mol}$$

Or  $n(\text{H}_2)_1 = n(\text{Fe})$  et  $n(\text{H}_2)_2 = \frac{3}{2} n(\text{Al})$  ; par conséquent l'équation précédente s'écrit :

$$n(\text{Fe}) + \frac{3}{2} n(\text{Al}) = 0,45$$

$$\text{D'où } \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} + \frac{3}{2} \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = 0,45 \quad \text{d'où l'on tire } 27 m(\text{Fe}) + 56 m(\text{Al}) = 680,4 \quad (\text{b})$$

(a) et (b) = système d'équations du premier degré à 2 inconnues

$$m(\text{Fe}) + m(\text{Al}) = 16,6$$

$$27 m(\text{Fe}) + 56 m(\text{Al}) = 680,4$$

La résolution du système d'équations donne :  $m(\text{Al}) = 8 \text{ g}$  et  $m(\text{Fe}) = 8,6 \text{ g}$

D'où la composition massique suivante

$$P(\text{Cu}) = 6,7 \cdot \frac{100}{23,3} = 28,75 \% ; \quad P(\text{Fe}) = 36,90 \% ; \quad P(\text{Al}) = 34,33 \%$$

## EXERCICE 10

1)

a) Concentration molaire de la solution

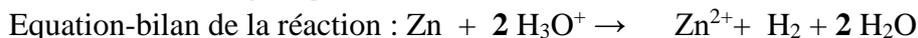
$$C = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m V} \quad \text{où } V = \text{volume de solution et } V_m = \text{volume molaire}$$

$$\text{AN : } C = 1 \text{ mol/L}$$

b) Concentration massique :  $C_m = M \cdot C$  :  $C_m = 36,5 \text{ g/L}$

2)

a) Volume de dihydrogène à la fin de la réaction



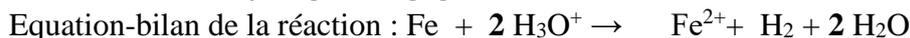
$$\text{On a : } n(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)}{2} = \frac{CV}{2} \text{ d'où } V(\text{H}_2) = 0,112 \text{ L}$$

b) Diminution de masse de la lame de zinc

$$n(\text{Zn}) = n(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)}{2} \text{ et } m(\text{Zn}) = M \cdot n(\text{Zn}) ; \text{ ce qui donne } m(\text{Zn}) = 0,325 \text{ g}$$

3)

a) Volume de dihydrogène dégagé



Il nous faut d'abord identifier le réactif limitant

$$n(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} = 0,2 \text{ mol} \text{ et } n(\text{H}_3\text{O}^+) = CV = 0,2 \text{ mol}$$

d'où  $n(\text{Fe}) > \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)}{2}$  d'où Fe est en excès et  $\text{H}_3\text{O}^+$  est le réactif limitant,

$$n(\text{H}_2) = n(\text{H}_3\text{O}^+) / 2 = 0,1 \text{ mol} \text{ et par suite } V(\text{H}_2) = 2,24 \text{ L}$$

b) Concentrations molaires des espèces ioniques

$\text{H}_3\text{O}^+$  est complètement transformé ; d'où  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0$

$$[\text{Cl}^-] = C = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{Fe}^{2+}] = \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)}{2V} = 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$$

4) Degré de pureté du fer



$$n(\text{Fe}) = n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} \text{ et } m(\text{Fe}) = M \cdot n(\text{Fe}) = 7,28 \text{ g}$$

$$P(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{m} \times 100 = 65 \%$$

5 Composition centésimale massique du mélange.

Masse de fer

$$n(\text{Fe}) = n(\text{H}_2) = 0,1 \text{ mol} \text{ et } m(\text{Fe}) = M \cdot n(\text{Fe}) = 5,6 \text{ g}$$

Masse de cuivre :  $m(\text{Cu}) = 20 - 5,6 = 14,4 \text{ g}$

$$P(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{m} \times 100 = 28\% \text{ et } P(\text{Cu}) = 100 - 28 = 72$$

$$P(\text{Fe}) = 28\% \text{ et } P(\text{Cu}) = 72\%$$

---

## CHAPITRE C8 LES SOLUTIONS AQUEUSES BASIQUES

### A -OBJECTIFS

Ecrire la formule statistique de l'hydroxyde de sodium

Ecrire la formule de la solution d'hydroxyde de sodium

Identifier le caractère basique d'une solution.

Donner des exemples de solutions basiques.

Utiliser les propriétés basiques,

Ecrire les équations-bilans des réactions chimiques impliquant les ions hydroxyde.

Appliquer la relation d'équivalence acido-basique.

Ecrire les équations de formation des hydroxydes de cuivre II, zinc II, fer II, fer III, aluminium III.

Prendre des mesures de sécurité pour la consommation et l'utilisation des produits basiques.

## B-L'ESSENTIEL DU COURS

L'hydroxyde de sodium est un solide dans les conditions ordinaires. C'est un composé ionique constitué d'ions sodium  $\text{Na}^+$  et hydroxyde  $\text{OH}^-$ . Sa formule statistique est  $\text{NaOH}$  ; il est hygroscopique et déliquescent.

L'hydroxyde de sodium fondu est constitué d'ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{OH}^-$  dispersés.

La solution aqueuse d'hydroxyde est ionique : elle contient des ions  $\text{Na}^+$  et des ions  $\text{OH}^-$  dispersés dans l'eau.

Les propriétés de la solution sont dues aux ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{OH}^-$ .

L'ensemble des propriétés liées à  $\text{OH}^-$  définit la fonction base

Une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium contient des ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  en très petite quantité par rapport aux ions  $\text{OH}^-$  :  $[\text{OH}^-] > [\text{H}_3\text{O}^+]$ . Une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium est une solution basique ou une base. Elle réagit avec :

- les indicateurs colorés, de façon générale,
- les solutions acides,
- les ions métalliques. .

Il existe d'autres solutions basiques : solution d'hydroxyde de potassium ( $\text{KOH}$ ), d'hydroxyde de calcium ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) d'ammoniac (ammoniaque  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) ...

Les ions métalliques sauf ceux de la colonne I (métaux alcalins) réagissent avec des ions hydroxyde  $\text{OH}^-$  pour donner des précipités appelés hydroxydes (peu solubles dans l'eau)

## C - EXERCICES

### EXERCICE 1

Recopier puis compléter les phrases à trous ci-après :

- 1) Une solution acide donne une coloration ..... en présence de BBT, tandis qu'une solution basique donne une coloration .....
- 2) La dissolution d'hydroxyde de sodium dans l'eau est une réaction.....
- 3) Dans une solution aqueuse de soude, la concentration des ions .....<sup>-</sup> est supérieure à celle des ions .....
- 4) Les solutions aqueuses basiques contiennent des ions. Elles sont ..... du courant électrique. Les porteurs de charge responsables de la conduction du courant sont des.....

### EXERCICE 2

- 1) Calculer la masse d'hydroxyde de sodium qu'il faut dissoudre dans de l'eau pure pour obtenir 50 mL d'une solution de concentration  $C = 2 \text{ mol.L}^{-1}$
- 2) Calculer la quantité de matière de chacune des espèces ioniques présentes dans 30 mL de la solution ainsi obtenue.

3) Calculer le nombre d'ions de chacune des espèces ioniques de la solution précédente.  
On donne les masses molaires atomiques en g/mol :  $M(\text{Na}) = 23$  ,  $M(\text{O}) = 16$  et  $M(\text{H}) = 1$ .  
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

### **EXERCICE 3**

- 1) Citer les espèces ioniques majoritaires présentes dans une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.
- 2) Expliquer le fait que les solutions d'hydroxyde de sodium conduisent le courant électrique.
- 3) Préciser la couleur du BBT et celle de la phénolphthaléine dans une solution aqueuse concentrée d'hydroxyde de sodium
- 4) Ecrire les équations-bilans des réactions de précipitation mettant en jeu la réaction entre les ions hydroxyde et :
  - a) les ions fer (III)
  - b) les ions cuivre (II).

### **EXERCICE 4**

- 1) On dissout 8 g d'hydroxyde de sodium dans de l'eau pour obtenir  $400 \text{ cm}^3$  de solution. Calculer la concentration molaire de cette solution.
- 2) En déduire la concentration des ions  $\text{Na}^+$  et celle des ions  $\text{OH}^-$ .
- 3) Combien d'ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{OH}^-$  renferme-t-elle ?
- 4) Calculer le nombre de moles d'ions  $\text{OH}^-$  contenus dans un prélèvement de  $10 \text{ cm}^3$  de cette solution.  
On donne les masses molaires en g/mol :  $M(\text{H}) = 1$  ;  $M(\text{O}) = 16$  ;  $M(\text{Na}) = 23$   
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

### **EXERCICE 5 :**

On dissout 5,6 g d'hydroxyde de potassium KOH dans de l'eau pour obtenir 200 mL de solution.

- 1) Calculer la concentration massique de la solution. En déduire sa concentration molaire
- 2) .Ecrire les équations-bilans des réactions qui se produisent lorsqu'on fait agir la solution d'hydroxyde de potassium sur une solution de sulfate de fer (III).
- 3) Déterminer la masse du précipité obtenu en supposant qu'il y'a un excès d'ion fer (III) par rapport aux ions  $\text{OH}^-$

On donne  $M(\text{K}) = 39 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$  et  $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$ .

### **EXERCICE 6**

On mélange deux solutions A et B d'hydroxyde de sodium pour obtenir une solution C

- Solution A : volume  $V_A = 40 \text{ cm}^3$  et  $C_A = 2 \text{ mol/L}$
- Solution B : volume  $V_B = 160 \text{ cm}^3$  et  $C_B = 0,4 \text{ mol/L}$

- 1) Calculer les nombres de moles d'ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{OH}^-$  présents dans la solution C.
- 2) En déduire la concentration de ces ions dans le mélange.

### **EXERCICE 7**

- 1) On dissout 0,74 g d'hydroxyde de calcium dans un volume d'eau  $V = 2$  L pour obtenir une solution  $S_1$ . Calculer les concentrations molaires des ions présents dans la solution obtenue.
- 2) On dissout une masse  $m_1 = 0,08$  g de soude et une masse  $m_2 = 0,06$  g de potasse (KOH) dans  $V = 300$  mL d'eau pour obtenir une solution  $S_2$ . Calculer les concentrations molaires des ions présents dans la solution.
- 3) On prélève 300 mL de la solution  $S_1$  qu'on mélange avec 200 mL de la solution  $S_2$ . Calculer les concentrations des ions présents dans la nouvelle solution.

### **EXERCICE 8**

On mélange un volume  $V_1$  de solution de soude de concentration  $C_1 = 0,1$  mol/L et un volume  $V_2 = 100$  mL de solution de sulfate de cuivre (II) de concentration  $C_2 = 0,02$  mol/L

- 1) Qu'observe-t-on ? Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
- 2) Déterminer la valeur minimale du volume  $V_1$  à utiliser pour qu'il ne reste plus d'ions cuivre (II) dispersés dans la solution ?
- 3) Calculer la masse de solide qu'on peut obtenir après filtration et séchage de la solution finale.

### **EXERCICE 9 :**

On mélange un volume  $V_1 = 20$  mL d'une solution de soude de concentration  $C_1 = 0,1$  mol/L et un volume  $V_2 = 50$  mL d'une solution de chlorure de fer (III) de concentration  $C_2 = 0,2$  mol/L

- 1) Qu'observe-t-on ? Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
  - 2) On filtre et on sèche le précipité formé. Calculer la masse du solide obtenu.
- On donne  $M(\text{Na})=23\text{g/mol}$ ,  $M(\text{O})=16\text{g/mol}$  et  $M(\text{H})=1\text{g/mol}$ ,  $^{-1}$ .

### **EXERCICE 10**

Dans 500 mL d'eau pure, on ajoute 4 g de pastilles de soude.

- 1) Calculer la concentration molaire de la solution obtenue.
- 2) On partage ces 500 mL en deux parts égales.
  - dans la première on ajoute 8 g de pastilles de soude.
  - dans la deuxième, on ajoute 500 mL d'eau.
 Calculer les concentrations molaires des deux solutions.
- 3) Ecrire les équations-bilans des réactions qui se produisent lorsqu'on fait réagir ces solutions sur des solutions :
  - a) Sulfate de cuivre II.
  - b) Sulfate de fer II.
  - c) Chlorure de fer III

## **D - CORRIGE DES EXERCICES**

### **EXERCICE 2.**

- 1) Masse de NaOH : 4g
- 2) Nombre de moles de  $\text{Na}^+$  = Nombre de moles de  $\text{OH}^-$  : 0,06 mol
- 3) Nombre d'ions de chaque sorte  $N = 36 \cdot 10^{21}$

### **EXERCICE 6**

- 1) Nombre de moles dans la solution C : 0,144mol
- 2) La concentration  $^-$  : 0,72 mol/L

### **EXERCICE 10 :**

- 1) La concentration est 0,1mol/L
- 2)  $[\text{Na}^+] = [\text{OH}^-] = 0,2$  mol/L
- 3) 1mol/L et 0,04 mol/L

---

# CHAPITRE C9 NOTIONS DE pH ET D'INDICATEURS COLORES

## A – OBJECTIFS

Utiliser un pH-mètre, un papier pH.

Utiliser la relation  $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ .

Relier le pH d'une solution à la concentration des ions  $H_3O^+$  de cette solution

Utiliser le produit ionique de l'eau.

Utiliser les domaines (valeurs) de pH des solutions acide, basique et neutre.

Passer de  $[H_3O^+]$  à la concentration  $C_a$  d'une solution d'acide et inversement

Passer de  $[HO^-]$  à la concentration  $C_b$  d'une solution de base et inversement

Utiliser un indicateur coloré.

Dresser l'échelle de couleurs d'un indicateur coloré

Rappeler l'échelle de couleurs de quelques indicateurs colorés.

Citer quelques indicateurs colorés.

## B – L'ESSENTIEL DU COURS

L'eau pure est faiblement conductrice d'électricité du fait de la présence d'ions  $H_3O^+$  et  $HO^-$  due à la réaction d'autoprotolyse de l'eau.

Le produit ionique de l'eau est :  $K_e = [H_3O^+][HO^-]$

Le produit ionique de l'eau  $K_e$  est une constante à température donnée.

Dans l'eau pure et dans toute solution aqueuse  $K_e = 10^{-14}$  à  $25^\circ C$

La valeur de  $K_e$  croît lorsque la température augmente.

Dans toute solution aqueuse il coexiste des ions hydronium et hydroxyde.

Le pH d'une solution aqueuse est relié à la concentration des ions  $H_3O^+$  :  $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

Pour une solution acide :  $pH < 7$  à  $25^\circ C$

Pour une solution neutre :  $pH = 7$  à  $25^\circ C$

Pour une solution basique :  $pH > 7$  à  $25^\circ C$

La couleur que revêt un indicateur coloré est fonction du pH de la solution.

Un indicateur coloré est caractérisé par une échelle de couleurs et une zone de virage.

## C – EXERCICES

**Donnée:** Toutes les solutions sont prises à  $25^\circ C$

### EXERCICE 1

On donne les concentrations en ions hydronium de quelques solutions :

a) Solution 1 :  $10^{-2} \text{ mol/L}$

b) Solution 2 :  $10^{-7} \text{ mol/L}$

- c) Solution 3 :  $10^{-12,5}$  mol/L
- d) Solution 4 :  $10^{-6,5}$  mol/L
- e) Solution 5 :  $10^{-8,2}$  mol/L

- 1) Déterminer le pH de chaque solution et préciser si elles sont acides, basiques ou neutres
- 2) Calculer dans chaque cas la concentration en ion hydroxyde.

### **EXERCICE 2**

On donne dans le tableau ci-après quelques affirmations. Cocher la case qui correspond à la bonne réponse.

<b>Affirmations</b>	<b>Vrai</b>	<b>Faux</b>
La concentration en ions hydronium permet de caractériser l'acidité, la basicité ou la neutralité d'une solution aqueuse		
Le pH d'une solution est mesuré à l'aide d'un ampèremètre.		
Le pH d'une solution aqueuse basique est lié à la concentration en <u>ions</u> hydroxyde par la relation : $[\text{OH}^-]=10^{-\text{pH}}$		
Le pH d'une solution aqueuse acide est supérieur à 7 à 25°C		
Le pH d'une solution aqueuse basique est supérieur à 7 à 25°C		
Dans une solution de chlorure de sodium le produit ionique de l'eau a pour expression : $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+]\times[\text{Na}^+]$		
Le papier pH est un instrument qui donne avec précision le pH d'une solution		
Lors du dosage d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, la quantité de matière d'acide initiale est égale à la quantité de matière de base versée à l'équivalence		

### **EXERCICE 3**

- 1) Une solution d'acide chlorhydrique a un pH = 4. Déterminer la concentration en ions chlorure et hydronium présents dans la solution.
- 2) Une solution de soude a une concentration  $C = 10^{-4}$  mol/L.
  - a) Calculer la concentration en ions hydroxyde de la solution.
  - b) En déduire la concentration en ions hydronium.
  - c) Quel est le pH de la solution ?
- 3) On mélange les deux solutions. Ecrire l'équation de la réaction qui se produit. Nommer les réactifs, les produits ainsi que les espèces indifférentes.

### **EXERCICE 4**

On mélange 20 mL d'une solution  $S_1$  d'acide chlorhydrique de pH = 3 et 30 mL d'une solution  $S_2$  du même acide de pH = 2.

- 1) Calculer la concentration en ions hydronium et hydroxyde de chaque solution.
- 2) En déduire la concentration en ions hydronium dans le mélange.
- 3) Calculer le pH du mélange.
- 4) On dilue 10 fois ce mélange.
  - a) Quel est l'effet de cette dilution ?
  - b) Calculer le pH de la nouvelle solution.

### **EXERCICE 5**

On mélange 50 mL d'une solution de soude de  $\text{pH} = 11,2$  et 100 mL d'une solution de potasse de  $\text{pH} = 13,2$ .

- 1) Calculer la concentration molaire en ions hydroxyde du mélange.
- 2) Calculer le  $\text{pH}$  du mélange.

### **EXERCICE 6**

On mélange un volume  $V_1 = 20 \text{ mL}$  de solution de chlorure de sodium de concentration  $C_1 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol / L}$  et un volume  $V_2 = 30 \text{ mL}$  de solution de soude de concentration  $C_2 = 10^{-2} \text{ mol / L}$ .

- 1) Calculer les concentrations molaires des ions présents dans le mélange.
- 2) Calculer le  $\text{pH}$  du mélange.

### **EXERCICE 7**

On dispose d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_a$  inconnue et d'une solution de soude de concentration  $C_b = 0,02 \text{ mol / L}$ .

On prélève un volume  $V_a = 20 \text{ cm}^3$  de la solution d'acide et on y ajoute quelques gouttes de BBT. On verse progressivement la solution de soude dans la solution d'acide. Le virage de l'indicateur est observé lorsqu'on a versé un  $V_b = 10 \text{ cm}^3$  de soude.

- 1) Ecrire l'équation simplifiée de la réaction puis son équation globale
- 2) Faire le schéma du dispositif expérimental.
- 3) Calculer la concentration  $C_a$  de la solution d'acide.

### **EXERCICE 8**

Une solution d'acide chlorhydrique est obtenue par dissolution d'une masse  $m_1 = 77 \text{ g}$  de chlorure d'hydrogène ( $\text{HCl}$ ) gazeux dans une quantité d'eau distillée telle que le volume final de la solution soit 500 mL.

- 1) Déterminer la concentration massique de cette solution ainsi que sa concentration molaire volumique.
- 2) On neutralise un volume  $V_1 = 20 \text{ mL}$  de cette solution d'acide avec une solution d'hydroxyde de sodium. Calculer la masse  $m_2$  d'hydroxyde de sodium pur nécessaire à cette neutralisation.
- 3) En déduire le volume  $V_2$  de la solution basique de concentration massique  $120 \text{ g.L}^{-1}$  qu'il a fallu verser pour neutraliser la solution d'acide.

### **EXERCICE 9**

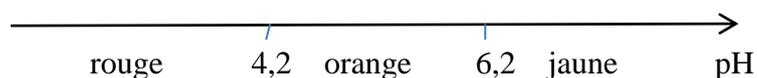
On place 10 mL d'une solution décimolaire de soude dans un bécher puis on y ajoute quelques gouttes de BBT. A l'aide d'une burette graduée, on verse progressivement une solution d'acide sulfurique de concentration  $0,05 \text{ mol/L}$  dans la solution de soude. On arrête lorsque la solution contenue dans le bécher change de couleur.

- 1) A quoi correspond ce changement de couleur ?
- 2) Ecrire l'équation bilan globale de la réaction puis l'équation simplifiée.
- 3) Quelle masse de sulfate sodium est obtenue à la fin de la réaction ?
- 4) Quelle est le volume d'acide versé ?
- 5) On se propose de préparer une solution identique à celle obtenue à la fin de l'expérience en dissolvant du sulfate de sodium dans de l'eau. Est-ce possible ? Si oui, comment devrait-on procéder ?

## EXERCICE 10

On dispose d'une solution d'acide chlorhydrique de  $\text{pH} = 2$ . On désire préparer 5 L de solution d'acide chlorhydrique de  $\text{pH} = 4,5$ .

- 1) Décrire de façon précise le protocole de préparation de cette dernière.
- 2) On dispose d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_a = 10^{-1} \text{ mol/L}$  et du rouge de méthyle, indicateur coloré dont le domaine de virage est  $[4,2-6,2]$ . L'échelle de couleurs de l'indicateur est indiquée dans le schéma ci-dessous.



On ajoute quelques gouttes de rouge de méthyle dans un prélèvement de volume  $V_1 = 100 \text{ mL}$  de la solution d'acide chlorhydrique.

- a) Quelle couleur observe-t-on ?

Le prélèvement précédent est placé dans une fiole jaugée de 1L et on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

- b) L'indicateur change-il de couleur ?

On prélève, avec une pipette, un volume  $V_2 = 10 \text{ mL}$  de la solution précédente que l'on introduit dans une fiole jaugée de 100 mL. On complète, jusqu'au trait de jauge, avec de l'eau distillée.

- c) L'indicateur change-t-il de couleur ?

## **D – CORRIGE DES EXERCICES**

### EXERCICE 2

Affirmations	Vrai	Faux
La concentration en ions hydronium permet de caractériser l'acidité, la basicité ou la neutralité d'une solution aqueuse	X	
Le pH d'une solution est mesuré à l'aide d'un ampèremètre.		X
Le pH d'une solution aqueuse basique est lié à la concentration en ions hydroxyde par la relation : $[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pH}}$	X	
Le pH d'une solution aqueuse acide est supérieur à 7 à 25°C		X
Le pH d'une solution aqueuse basique est supérieur à 7 à 25°C	X	
Dans une solution de chlorure de sodium le produit ionique de l'eau a pour expression : $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-]$		X
Le papier pH est un instrument qui donne avec précision le pH d'une solution		X
Lors du dosage d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, la quantité de matière d'acide initiale est égale à la quantité de matière de base versée à l'équivalence		

### EXERCICE 3

- 1) La concentration hydronium et en ions chlorure.  
 $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} = [Cl^-]$
- 2) Une solution de soude a une concentration  $C = 10^{-4} \text{ mol/L}$ .
  - a) La concentration en ions hydroxyde de la solution.  
 $[HO^-] = C = 10^{-4} \text{ mol/L}$
  - b) La concentration en ions hydronium.  
 $[H_3O^+] = K_e / [HO^-] = 10^{-10} \text{ mol/L}$
  - c) Le pH de la solution  $pH = 10$
- 3) Ecrire l'équation de la réaction qui se produit.  
 $H_3O^+ + HO^- \rightarrow 2H_2O$   
Réactifs  $HO^-$  et  $H_3O^+$   
Les espèces indifférentes :  $Na^+$  et  $Cl^-$

### EXERCICE 9

- 1) Le changement de couleur indique l'équivalence
- 2) Equation bilan globale de la réaction et équation simplifiée.  
Equation globale :  $(2H_3O^+ + SO_4^{2-}) + 2(Na^+ + HO^-) \rightarrow 4H_2O + (2Na^+ + SO_4^{2-})$   
Equation simplifiée :  $H_3O^+ + HO^- \rightarrow 2H_2O$
- 3) La masse de sulfate sodium obtenue à la fin de la réaction  
A l'équivalence :  $n_1 = n_2 = C_1 V_1 = 10^{-3} \text{ mol}$  en ions  $H_3O^+$  et  $HO^-$   
 $n(Na_2SO_4) = n(HO^-)/2 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$   
 $m(Na_2SO_4) = n(Na_2SO_4) M$
- 4) Le volume d'acide versé  
 $n(H_2SO_4) = n(H_3O^+)/2 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$   
 $V = n/C = 10^{-2} \text{ L} = 10 \text{ mL}$

---

## CHAPITRE C10 IDENTIFICATION DES IONS

### A. OBJECTIFS

Donner les couleurs de quelques précipités.

Ecrire les équations- bilans des réactions de précipitation.

Identifier certains ions :  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ,  $S^{2-}$ ,  $Ag^+$ ,  $Na^+$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ .

Utiliser le protocole de recherche des ions dans une solution.

### B. L'ESSENTIEL DU COURS

On peut identifier généralement un ion par ses propriétés : couleur, flamme, précipitation en présence d'autres ions.

Les ions  $Ag^+$  donnent un précipité blanc de chlorure d'argent qui noircit à la lumière en présence d'ions chlorure  $Cl^-$ ,

Les ions hydroxyde  $HO^-$  donnent des précipités avec les ions métalliques :

- cuivre (II) : précipité bleu d'hydroxyde cuivrique hydraté  $Cu(OH)_2$
- fer (II) : précipité vert  $Fe(OH)_2$  ;
- fer (III) : précipité rouille  $Fe(OH)_3$  ;

- zinc(II) : précipité blanc  $Zn(OH)_2$  ;
- Al(III) : précipité blanc  $Al(OH)_3$  qui se redissout dans un excès de soude contrairement au précipité blanc de  $Zn(OH)_2$  ;
- Pb(II) : précipité blanc  $Pb(OH)_2$

L'ion baryum  $Ba^{2+}$  permet d'identifier l'ion sulfate  $SO_4^{2-}$ . On obtient un précipité blanc de sulfate de baryum  $BaSO_4$

La solution d'acide chlorhydrique ( $H_3O^+ + Cl^-$ ) permet de caractériser les ions carbonate  $CO_3^{2-}$  en donnant un dégagement de dioxyde de carbone  $CO_2$  qui trouble l'eau de chaux

La solution d'acide chlorhydrique ( $H_3O^+ + Cl^-$ ) permet de caractériser les ions sulfure  $S^{2-}$  en donnant un dégagement de  $H_2S$  qui a une odeur nauséabonde

La solution d'acide picrique de formule  $(NO_2)_3C_6H_2-OH$  permet de caractériser l'ion potassium  $K^+$  en donnant des aiguilles jaunes

La solution d'oxalate d'ammonium  $(NH_4)_2C_2O_4$  permet d'identifier les ions calcium  $Ca^{2+}$  en donnant un précipité blanc d'oxalate de calcium  $CaC_2O_4$

La solution d'acide sulfurique mélangée avec du cuivre permet de mettre en évidence les nitrate  $NO_3^-$  en donnant un dégagement gazeux  $NO$  qui s'oxyde en  $NO_2$  au contact de l'air

Un test de flamme, appelé aussi test à la flamme, est un procédé utilisé en chimie pour détecter la présence de certains ions métalliques.

Le test à la flamme réalisé avec l'ion sodium  $Na^+$  donne une flamme jaune.

Avec ce test on obtient une couleur mauve avec l'ion potassium  $K^+$

## C - EXERCICES

### EXERCICE 1

Répondre par vrai ou faux aux affirmations ci-après. Indiquer la bonne réponse si l'affirmation est fausse.

- 1) Une solution aqueuse de sulfate de cuivre a une coloration rouge.
- 2) Une solution aqueuse de sulfate de fer II a une coloration verte.
- 3) Une solution aqueuse de sulfate de fer III a une coloration jaune.
- 4) L'ion zinc est vert en solution aqueuse.
- 5) L'ion sodium est coloré en violet en présence de la flamme.
- 6) Le chlorure d'argent est un précipité blanc qui est soluble en présence d'ammoniac mais insoluble en présence de thiosulfate.

### EXERCICE 2

Recopier et compléter les phrases suivantes :

- 1) L'hydroxyde d'aluminium est soluble dans un excès .....mais ..... dans l'ammoniac.
- 2) Pour identifier les ions sodium et potassium, on utilise une technique particulière : c'est le test à la .....
- 3) Pour identifier les ions nitrate  $NO_3^-$  on ajoute des copeaux.....dans la solution puis on la fait réagir avec de l'acide sulfurique.
- 4) En présence d'ions hydroxydes  $OH^-$ , les ions.....donnent des hydroxydes métalliques
- 5) Les ions fer II sont verts en solution aqueuse tandis que les ions .....sont rouilles. Ils donnent respectivement un ..... et un précipité rouille en présence d'ions hydroxydes.

### **EXERCICE 3**

- 1) On dispose d'une solution de chlorure de sodium. Comment peut-on mettre en évidence les ions présents dans cette solution ?
- 2) Quels sont les ions présents dans une solution de nitrate de cuivre ? Comment peut-on mettre en évidence ces ions ?

### **EXERCICE 4**

- 1) On fait réagir  $100 \text{ cm}^3$  d'une solution d'acide chlorhydrique de  $\text{pH} = 2$  avec une solution de nitrate d'argent en excès.
  - a) Ecrire l'équation de la réaction de précipitation.
  - b) Déterminer la masse du précipité formé.
- 2) On dispose d'une solution de sulfate de cuivre(II) de concentration en ion sulfate  $C = 0,15 \text{ mol/l}$ . On prélève  $10 \text{ cm}^3$  de cette solution que l'on traite par une solution de chlorure de baryum en excès.
  - a) Ecrire l'équation de la réaction.
  - b) Déterminer la masse de précipité obtenu.

### **EXERCICE 5**

On dispose d'une solution aqueuse S dont le soluté peut être du chlorure de zinc ou du chlorure d'aluminium. On procède aux tests suivants :

- S + nitrate d'argent donne un précipité blanc,
- S + soude donne un précipité blanc. Ce précipité blanc est soluble dans un excès de soude ; il est aussi soluble dans un excès d'ammoniac.

Déterminer la nature de la solution.

### **EXERCICE 6**

On dissout 5,6 g de sulfate de fer II hydraté ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) dans 10 L d'eau.

- 1) Déterminer le volume d'une solution de soude de  $\text{pH} = 12$ , qu'il faut verser dans 1 L de la solution précédente pour que la totalité des ions fer II précipite sous forme hydroxyde.
- 2) Déterminer la masse du précipité formé.

On donne :  $M(\text{Fe})=56\text{g/mol}$ ,  $M(\text{S})=32\text{g/mol}$ ,  $M(\text{O})=16\text{g/mol}$ ,  $M(\text{Na})=23\text{g/mol}$  et  $M(\text{H})=1\text{g/mol}$

### **EXERCICE 7**

On fait réagir 10 mL d'une solution contenant du chlorure de sodium et de l'acide chlorhydrique avec un excès de nitrate d'argent. On obtient un précipité blanc de masse  $m = 1,435 \text{ g}$ .

Déterminer la quantité de matière de HCl dissout dans la solution sachant qu'elle contient  $5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  de chlorure de sodium.

On donne  $M(\text{Cl})=35,5\text{g/mol}$   $M(\text{Ag})=108\text{g/mol}$

### **EXERCICE 8**

On dissout 7,1 g de sulfate de sodium dans un litre d'eau.

- 1) Calculer la concentration en ions sodium ( $\text{Na}^+$ ) et en ions sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )
- 2) On prélève 100 mL de la solution qu'on traite par une solution de nitrate d'argent en excès. Déterminer la masse du précipité obtenu.

## D – CORRIGE DES EXERCICES

### EXERCICE 4

1) Ecrivons l'équation bilan de la réaction de précipitation.



b) Déterminons la masse du précipité formé.

$$m = CVM = 10^{-2} \times 0,1 \times (107,9 + 35,5) = 0,1434 \text{ g}$$

a) Ecrivons l'équation de la réaction bilan.



b) Déterminons la masse de précipité obtenu

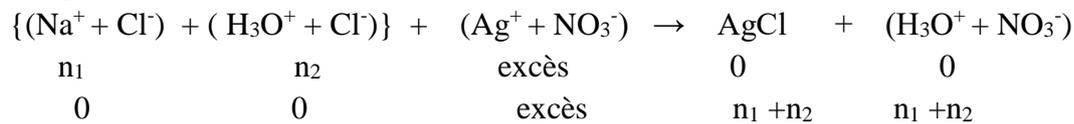
$$Mm = CVM = 0,15 \times 0,01 \times (137,3 + 32 + 64) = 0,35 \text{ g}$$

### EXERCICE 7

Masse du précipité blanc  $m = 1,435 \text{ g}$ .

Déterminons la quantité de matière de HCl dissout dans la solution sachant qu'elle contient  $5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  de chlorure de sodium.

L'équation de la réaction est



La masse du précipité est  $m_{\text{AgCl}} = (n_1 + n_2) \times M_{\text{AgCl}}$

$$\rightarrow n_2 = \frac{m_{\text{AgCl}}}{M_{\text{AgCl}}} - n_1 = \frac{1,435}{108 + 35,5} - 5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

### EXERCICE 8

1) Calculons la concentration en ions sodium ( $\text{Na}^+$ ) et en ions sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

$$C = \frac{m}{M \times V} = \frac{7,1}{(63,5 + 32 + 16 \times 4) \times 1} = 0,044 \text{ M}$$

2) Le précipité formé est  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ . Sa masse est  $m = CVM = 0,044 \times 0,1 \times (108 \times 2 + 32 + 64) = 1,37 \text{ g}$

**DEUXIEME PARTIE**  
**EXERCICES CORRIGES DE PHYSIQUE**

# CHAPITRE P1 PHENOMENES D'ELECTRISATION

## A- OBJECTIFS

Citer les modes d'électrisation.

Réaliser l'électrisation par frottement et par contact.

Utiliser l'interprétation électronique de l'électrisation pour expliquer certains phénomènes électriques.

Déterminer le signe d'une charge.

Utiliser la relation  $Q = ne$ .

Distinguer un conducteur d'un isolant électrique.

## B - L'ESSENTIEL DU COURS

La matière peut être électrisée par frottement, par influence ou par contact.

L'électrisation par frottement ou par contact s'interprète par un transfert d'électrons tandis que l'électrisation par influence d'un corps s'interprète par un réarrangement de ses électrons.

Il existe deux sortes d'électricité : l'électricité positive et l'électricité négative.

Deux corps chargés d'électricité de même signe se repoussent.

Deux corps chargés d'électricité de signes contraires s'attirent.

La charge électrique d'un corps électrisé est notée :  $q = \pm n e$  où  $e$ , appelé charge élémentaire et vaut  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

L'électron porte une charge électrique égale  $q_e = - e = - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Un isolant est un corps dans lequel les charges électriques restent localisées.

Un conducteur électrique est un corps dans lequel les charges électriques peuvent se déplacer.

## C - EXERCICES

Caractéristiques de l'électron :

Charge :  $-e = -1,610^{-19} \text{ C}$  ; masse de l'électron :  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$

### EXERCICE 1

Recopier et compléter les phrases suivantes :

- 1) L'électricité ..... est celle qui apparaît à la surface du verre frotté avec de la .....
- 2) Par convention, l'électricité ..... est celle qui apparaît sur l'ébonite ..... avec la peau de chat.
- 3) Deux corps chargés d'électricité de ..... s'attirent tandis que deux corps chargés d'électricité de ..... se repoussent.
- 4) L'électrisation par frottement s'interprète par un ..... d'un corps à un autre.
- 5) Un conducteur ..... est un corps dans lequel des électrons peuvent se déplacer.
- 6) Un ..... est un corps dans lequel des électrons ne peuvent pas se déplacer.

### EXERCICE 2 :

Répondre par vrai ou faux en justifiant.

- 1) L'électron est une particule chargée positivement.
- 2) Le caoutchouc et la porcelaine sont des conducteurs.
- 3) Le sol humide, le corps humain et l'eau de mer sont des conducteurs
- 4) L'air humide conduit le courant électrique

### **EXERCICE 3 :**

- 1) Qu'appelle-t-on charge élémentaire ?
- 2) Donner la valeur de la charge en coulomb des ions suivants :  $Mg^{2+}$  et  $Cl^{-}$
- 3) Calculer le nombre d'électrons correspondant à une charge  $q = -4,810^{-19}$  C.

### **EXERCICE 4**

On considère cinq corps A, B, C, D, E chargés d'électricité. Sachant que A attire B, C attire E, B repousse E, D attire B et que D est chargé positivement.

Indiquer le signe de la charge portée par chacun des autres corps.

### **EXERCICE 5 :**

Deux barreaux de métal, A et B, posés sur des béciers secs, ont une extrémité en contact.

On approche de l'extrémité libre de B, sans la toucher, un bâton de verre chargé positivement.

Expliquer pourquoi, lorsqu'on sépare A et B, l'un est chargé positivement, l'autre négativement.

### **EXERCICE 6 :**

- 1) Un corps porte une charge de  $-9,6 \cdot 10^{-16}$  C
  - a) Possède-t-il un excès ou un défaut d'électrons ?
  - b) Calculer le nombre d'électrons correspondant.
- 2) Une règle en plastique, frottée, porte une charge électrique  $q = -10^{-12}$  C.
  - a) La règle a-t-elle gagné ou perdu des électrons ? Justifier votre réponse.
  - b) Calculer le nombre d'électrons qu'elle a gagné ou perdu.

### **EXERCICE 7 :**

Pour neutraliser une plaque portant une charge électrique  $q_1 = -3,2 \cdot 10^{-12}$  C, on la bombarde avec des particules  $\alpha$  (alpha) à raison de  $10^8$  particules à la seconde pendant 0,1 seconde.

1°) Quel est le signe de la charge de la particule  $\alpha$  ?

2°) Calculer la valeur de la charge de la particule  $\alpha$

### **EXERCICE 8 :**

On charge séparément par frottement :

- une baguette de verre qui porte alors la charge  $q_1 = 2 \cdot 10^{-13}$  C,
- une règle de plastique qui porte alors la charge  $q_2 = -9 \cdot 10^{-13}$  C.

On réalise le contact entre les zones électrisées de la baguette et de la règle.

Calculer la charge électrique de l'ensemble règle - baguette et préciser le sens dans lequel s'est fait le transfert des électrons.

### **EXERCICE 9 :**

- 1) Une plaque métallique reçoit un faisceau d'électrons de débit constant. Elle capte  $n = 10^{16}$  électrons par seconde.
  - a) Calculer la charge électrique qu'elle acquiert au bout d'une minute.
  - b) De combien varie sa masse ? Commenter ce dernier résultat.
- 2) Le filament d'un tube à faisceau d'électrons émet à une certaine condition  $7,5 \cdot 10^{16}$  électrons par seconde.

Calculer la charge  $q_2$  émise par le filament en 5 min.  
L'exprimer en Coulomb et en micro coulomb et en picocoulomb.

### **EXERCICE 10 :**

Trois sphères métalliques identiques A, B, C sont placées chacune sur un support isolant et portent respectivement les charges :  $q_A = 3\mu\text{C}$  ;  $q_B = -12\mu\text{C}$  ;  $q_C = 0$  ( $1\mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}$ ). On les met toutes les trois en contact, puis on les sépare.

Déterminer leurs charges finales.

### **EXERCICE 11 :**

Trois sphères **conductrices identiques** A, B, C portent les charges électriques respectives :

$$q_A = q ; q_B = -2q ; q_C = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$$

- 1) On rapproche A et B ; elles s'attirent lorsqu'elles sont suffisamment voisines, entrent en contact, puis se repoussent. Déterminer, en fonction de q, les charges  $q'_A$ ,  $q'_B$  portées par les deux sphères après leur contact.
- 2) On observe alors que la sphère B (portant la charge  $q'_B$ ) attire la sphère C puis entre en contact avec elle . On n'observe alors ni attraction ni répulsion entre B et C après leur contact. En déduire la valeur et le signe des charges  $q'_A$ ,  $q'_B$ ,  $q_A$  et  $q_B$ .

### **EXERCICE 12 :**

- 1) Une sphère pleine en cuivre a un rayon  $R = 2,5\text{ cm}$ .

Calculer le nombre d'électrons libres qu'elle contient en admettant qu'il y a un électron libre par atome de cuivre.

On donne :

- Volume de la sphère de rayon R :  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .

- Masse volumique du cuivre :  $\rho = 9200\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

- Masse molaire atomique du cuivre :  $63,5\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

- Nombre d'Avogadro :  $N = 6,02 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$

- 2) Cette sphère porte maintenant la charge électrique q. Calculer, en pourcentage, l'excédent ou le déficit électronique lorsque :

$$q = -10^{-6}\text{C} ; q = 2 \cdot 10^{-5}\text{C}$$

## **D - CORRIGÉ DES EXERCICES**

### **EXERCICE 3 :**

- 1) Donnons la valeur de la charge en coulomb des ions suivants :  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Cl}^-$

$$q(\text{Mg}^{2+}) = +2e = +2 \times 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C} = 3,2 \cdot 10^{-19}\text{C}$$

$$q(\text{Cl}^-) = -e = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$$

- 2) Déterminons le nombre d'électrons contenu dans une charge de  $-4,810^{-19}\text{C}$ .

$$n = -\frac{-4,8 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3 \text{ électrons}$$

### **EXERCICE 4 :**

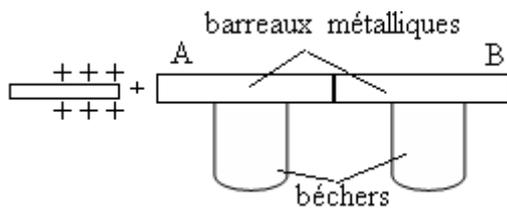
Si D attire B et que D est chargé positivement alors B est chargé négativement.

B repousse E et B est chargé négativement alors E est chargé négativement.

C attire E et E est chargé négativement alors C est chargé positivement.

A attire B et B est chargé négativement alors A est chargé positivement.

### EXERCICE 5 :



Lorsqu'on approche un bâton électrisé positivement de l'un des barreaux métalliques (A), ses électrons sont attirés par la force due aux charges du bâton électrisé. Le mouvement des électrons de A entraîne celui de ceux de B. au total il y a une migration d'électron de B vers A et à la limite il y aura un excès de charges négatives sur A et un excès de charges positives sur B. Si on les sépare, A sera charge d'électricité positive et B d'électricité négative.

### EXERCICE 6 :

1.a) Il possède un excès d'électrons car sa charge est négative.

1.b) Calculons le nombre d'électrons correspondant.

$$n = -\frac{-9,6 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6 \text{ électrons}$$

2. a) La règle a gagné des électrons car sa charge est négative.

2.b) Calculer le nombre d'électrons qu'elle a gagné

$$n = -\frac{-10 \cdot 10^{-12}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,25 \cdot 10^7 \text{ électrons}$$

### EXERCICE 7 :

Calculons la charge électrique de l'ensemble règle – baguette

$$q = q_1 + q_2 = 2 \cdot 10^{-13} - 9 \cdot 10^{-13} = -7 \cdot 10^{-13} \text{ C}$$

Le transfert d'électrons se fait de la règle en plastique à la baguette en verre.

### EXERCICE 8 :

Calculons la charge électrique de l'ensemble « règle – baguette »

$$q = q_1 + q_2 = 2 \cdot 10^{-13} - 9 \cdot 10^{-13} = -7 \cdot 10^{-13} \text{ C}$$

Le sens de l'échange est de la règle de plastique vers la baguette de verre.

### EXERCICE 11 :

1) Expressions de  $q'_A$  et  $q'_B$  en fonction de  $q$  après contact entre A et B

A et B portent des charges de signes contraires

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{q - 2q}{2} = \frac{1}{2}q$$

2) Valeurs et signes des charges  $q'_A$ ,  $q'_B$ ,  $q_A$  et  $q_B$

$$q''_B = q'_C = \frac{q'_B + q_C}{2} = \frac{\frac{1}{2}q + q_C}{2} = 0 \Rightarrow q'_B = -q_C \text{ et } q_C = -\frac{1}{2}q$$

$$\text{donc } q = -2q_C = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_A = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$q_B = +8 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

# **CHAPITRE P2      GENERALITES SUR LE COURANT ELECTRIQUE**

## **A- OBJECTIFS**

Faire les schémas normalisés des dipôles usuels.

Faire le schéma normalisé d'un circuit électrique.

Passer de la représentation symbolique d'un circuit à sa réalisation concrète et vice-versa

Réaliser des circuits électriques.

Donner des exemples de générateurs et de récepteurs.

Utiliser les effets du courant électrique.

Rappeler le sens conventionnel du courant électrique.

Rappeler la nature du courant électrique dans les conducteurs métalliques et dans les électrolytes.

Rappeler les avantages et inconvénients des deux types principaux de circuit (circuit série et circuit parallèle)

Indiquer des dangers du courant électrique.

Utiliser de façon pratique quelques appareils électriques (disjoncteur, fusibles, prises de courant.....).

Prendre des mesures de précaution contre les dangers du courant électrique.

Prendre des mesures de précaution au cours de la manipulation d'appareils électriques.

## **B – L'ESSENTIEL DU COURS**

Un circuit électrique est un circuit constitué d'éléments conducteurs reliés entre eux ; le circuit électrique est composé :

- au moins d'un générateur d'électricité ;
- de fils conducteurs de l'électricité reliés aux deux pôles du générateur;
- d'un ou plusieurs récepteurs reliés aux fils conducteurs.

Un conducteur possédant deux bornes est un dipôle électrique.

Le passage du courant dans un circuit électrique se manifeste par divers effets :

- des effets calorifiques : tout conducteur parcouru par un courant électrique est le siège d'un dégagement de chaleur appelé effet joule. Cet effet calorifique est mis à profit dans certains appareils électroménagers : fers à repasser, bouilloires, radiateurs
- des effets chimiques : beaucoup de substances fondues ou en solution sont le siège de transformations chimiques lorsqu'elles sont parcourues par un courant électrique.

Ce phénomène porte le nom d'électrolyse.

- des effets magnétiques : le courant électrique et l'aimant ont des effets similaires sur l'aiguille aimantée d'une boussole ; on dit que le courant électrique a des effets magnétiques.
- des effets lumineux : le passage du courant électrique à travers un gaz s'accompagne en général d'émission de lumière.

Dans un circuit électrique alimenté par un générateur, le sens conventionnel du courant est celui qui, à l'extérieur du générateur, est du pôle positif au pôle négatif.

Le courant électrique est dû à un mouvement d'ensemble de porteurs de charge :

- dans un conducteur métallique les porteurs de charge sont des électrons.
- dans un électrolyte les porteurs de charges sont des ions

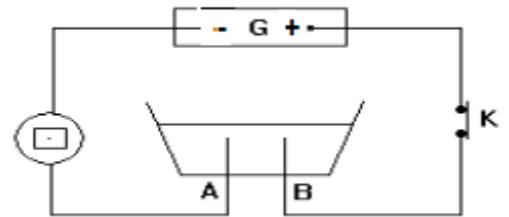
## C--EXERCICES

### EXERCICE 1 :

On considère le montage représenté ci-contre

L'électrolyseur contient une solution aqueuse de chlorure de sodium.

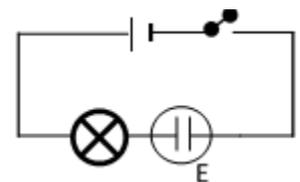
- 1) Faire le schéma du circuit en utilisant les symboles normalisés des dipôles
- 2) Préciser la nature et le sens du déplacement des porteurs de charge dans les sections métalliques du circuit et dans l'électrolyseur



### EXERCICE 2

On considère le circuit schématisé ci-contre

- 1) Nommer les dipôles constitutifs du circuit.
- 2) Préciser le type de circuit (en série ou en dérivation) ainsi réalisé
- 3) Indiquer sur le schéma le sens de déplacement des électrons.
- 4) Préciser le nom de chacune des électrodes de l'appareil (E)



### EXERCICE 3

Recopier et compléter les phrases suivantes :

- 1) Le courant électrique dans un métal est dû à un déplacement.....
- 2) Le verre ne conduit pas le courant électrique : c'est un.....
- 3) A l'extérieur du générateur, le courant va de la borne.....vers la borne.....
- 4) Le sens de déplacement des électrons est.....au sens conventionnel du courant.

### EXERCICE 4

1) Répondre par vrai ou faux :

1.1. Dans un circuit série l'ordre des dipôles importe peu.

1.2. Dans un circuit en dérivation c'est le même courant qui traverse tous les appareils.

2) Un électricien dispose dans son atelier du matériel suivant : une pile plate, 3 ampoules identiques, des fils de connexion et un interrupteur. Il veut allumer 3 ampoules en même temps.

2.1. Faire le schéma normalisé de chacun des dipôles dont dispose l'électricien.

2.2. Proposer au moins 3 possibilités de montage que pourra faire l'électricien.

2.3. Faire les schémas des circuits électriques correspondant à chaque montage

2.4. Quel est le montage le plus avantageux ? Expliquer.

### EXERCICE 5

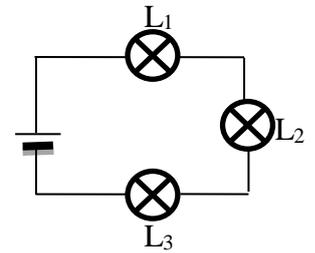
Faire le schéma du circuit électrique permettant de réaliser l'électrolyse d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium **NaOH** en indiquant sur ce schéma :

- le sens du courant ;

- le sens du déplacement des porteurs de charge dans les fils ;
  - le sens de déplacement des porteurs de charges dans l'électrolyte.
- NB : la solution d'hydroxyde de sodium contient les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{OH}^-$ .

### EXERCICE 6:

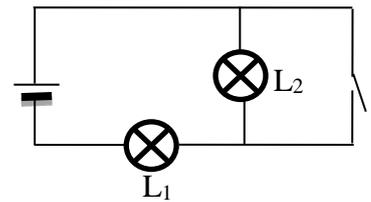
Dans le circuit schématisé ci-contre, une des lampes est grillée.  
En court-circuitant  $L_2$ , les lampes  $L_1$  et  $L_3$  ne fonctionnent pas.  
En court-circuitant  $L_1$ , les lampes  $L_2$  et  $L_3$  ne fonctionnent pas.  
Quelle est la lampe grillée ? Pourquoi ?



### EXERCICE 7

Dans le circuit schématisé ci-contre

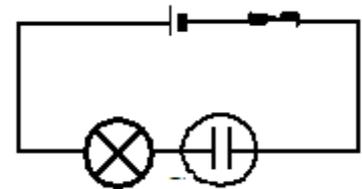
- 1) L'interrupteur est ouvert. Les lampes  $L_1$  et  $L_2$  sont-elles allumées ou éteintes ?
- 2) On ferme l'interrupteur  $L_2$  restera-t-elle allumée ? Pourquoi ?



## D –CORRIGE DES EXERCICES

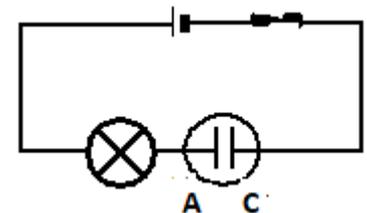
### EXERCICE 1

- 1 Schéma du montage utilisant les symboles normalisés.
2. Les porteurs de charge dans les sens métalliques sont des électrons, dans l'électrolyseur ce sont des ions.



### EXERCICE 2

- 1 Nom des éléments du circuit : générateur, interrupteur, électrolyseur, lampe.
- 2 C'est un circuit série
- 3 Sens de déplacement des électrons : du pôle - au pôle + à l'extérieur du générateur.
- 4 L'électrode reliée au pôle positif du générateur est l'anode A et celle reliée au pôle négatif est la cathode C



### EXERCICE 3

Phrases complétées :

1. Le courant électrique dans un métal est dû à un déplacement **d'électrons**.
2. Le verre ne conduit pas le courant électrique : c'est un **isolant électrique**.
3. A l'extérieur du générateur, le courant va de la borne **positive** vers la borne **négative**.
4. Le sens de déplacement des électrons est **opposé** au sens conventionnel du courant.

### EXERCICE 4

- 1.1 Vrai
- 1.2 Faux
- 2.1 Cours
- 2.2 Possibilités :
  - a) tous les éléments en séries

- b) les 3 lampes en parallèle avec le générateur, l'interrupteur étant dans le circuit principal  
 c) les 2 lampes en parallèle, la 3<sup>ème</sup> en série avec le générateur et l'interrupteur

### EXERCICE 7

1. Les deux lampes sont allumées
2. Non. L<sub>2</sub> est court-circuitée.

## CHAPITRE P3

## INTENSITE DU COURANT

### ELECTRIQUE

#### A – OBJECTIFS

Relier l'intensité du courant électrique au débit de porteurs de charge.

Utiliser la relation entre quantité d'électricité à travers une section droite du circuit, la durée de passage du courant à travers cette section et l'intensité du courant qui la traverse.

Utiliser convenablement un ampèremètre.

Choisir le calibre le mieux adapté pour la mesure de l'intensité.

Présenter le résultat d'une mesure d'intensité du courant électrique

Vérifier les propriétés de l'intensité à l'aide de l'ampèremètre.

Appliquer la loi d'unicité de l'intensité du courant.

Appliquer la loi des nœuds

#### B - L'ESSENTIEL DU COURS

L'intensité du courant électrique correspond au débit des porteurs de charge qui traverse la section droite du conducteur considéré.

Elle est donnée par :  $I = \frac{Q}{t}$  ; Q étant la quantité d'électricité qui traverse la section droite du circuit et t la durée de passage de passage du courant.

Dans le système international, l'unité d'intensité de courant est l'ampère notée (A).

L'intensité d'un courant électrique se mesure à l'aide d'un appareil appelé ampèremètre.

il existe deux types d'ampèremètre :

- Ampèremètre analogique (à aiguille)
- Ampèremètre digital (à affichage numérique).

Loi d'unicité du courant : l'intensité du courant électrique est la même dans tous les dipôles montés en série

Loi des nœuds : la somme des intensités des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui partent du nœud.

#### C - EXERCICES

##### EXERCICE 1 :

Compléter : 3 50 mA = .....A ; 0,025 A = .....mA ; 1,2 A = .....mA  
 830 A = .....mA ; 0,250 mA = .....A.

### EXERCICE 2 :

Calculer le nombre d'électrons qui traversent une section droite de conducteur en une seconde quand l'intensité du courant est de  $0,02 \mu\text{A}$ .

### EXERCICE 3:

Lorsqu'une calculatrice électronique fonctionne, ses piles débitent un courant d'intensité  $I = 2 \mu\text{A}$ . Pendant combien de temps pourra-t-on la faire fonctionner si la quantité d'électricité de ses piles est  $Q = 0,6 \text{ C}$  ?

**NB :** Donner le résultat en secondes, minutes et heures(s).

### EXERCICE 4 :

- 1) Une quantité d'électricité de  $0,1 \text{ Ah}$  est débitée par un générateur en  $10 \text{ min}$ .  
Calculer l'intensité du courant correspondant.
- 2) Si ce courant traverse une lampe pendant  $\frac{3}{4}$  d'heure, calculer la quantité d'électricité correspondante.

### EXERCICE 5 :

Soit un fil de cuivre de section  $s = 1 \text{ mm}^2$ . Dans ce métal, le nombre d'électrons de conduction par unité de volume est  $n = 8,3 \cdot 10^{26} \text{ electrons/m}^3$ . Lorsque ce fil est parcouru par un courant, ses électrons de conduction se déplacent à la vitesse  $v = 0,25 \text{ mm/s}$

- 1) Déterminer le nombre  $N$  d'électrons qui traversent une section du fil en une seconde.
- 2) Calculer la quantité d'électricité qui traverse cette section pendant le même temps.

### EXERCICE 6 :

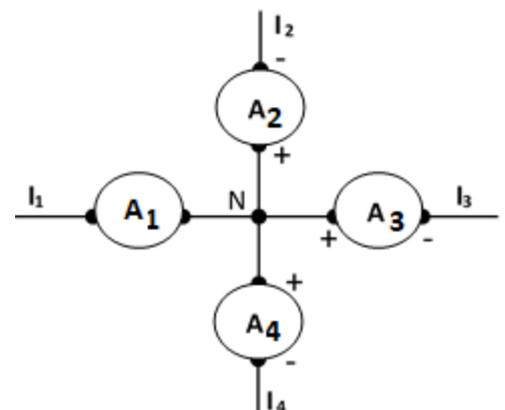
Pour alimenter une ampoule de lampe de poche, on utilise une pile. On dispose d'un ampèremètre avec ses 2 bornes marquées + et -

- 1) Faire le schéma du montage qui permet de déterminer l'intensité du courant qui parcourt l'ampoule.
- 2) L'intensité de ce courant est de  $0,5 \text{ A}$  et l'ampèremètre comporte les calibres  $100 \text{ mA}$ ,  $300 \text{ mA}$  ;  $1 \text{ A}$  et  $3 \text{ A}$ . Quel calibre faut-il utiliser ? Justifier.
- 3) La graduation de l'ampèremètre comprend  $100$  divisions.  
Sur quelle division se place l'aiguille quand on utilise le calibre  $1 \text{ A}$  ?, le calibre  $3 \text{ A}$  ?

### EXERCICE 7 :

Sur 4 branches qui aboutissent à un même nœud  $N$  sont placés 4 ampèremètres  $A_1, A_2, A_3, A_4$ . On a distingué sur la figure les bornes + et - des ampèremètres  $A_2, A_3$  et  $A_4$ . Les caractéristiques de ces appareils sont données ci-dessous

Ampèremètre	Calibre	Nombre de divisions du cadran
$A_1$	$5 \text{ A}$	100
$A_2$	$1 \text{ A}$	100
$A_3$	$1 \text{ A}$	100
$A_4$	$3 \text{ A}$	150



On note, pour chaque ampèremètre, la division  $n$  devant laquelle l'aiguille s'arrête :  $n_1 = 80$  ;  $n_2 = 40$  ;

$n_3 = 80$  ;  $n_4 = \dots$

- 1) Déterminer les intensités et les sens des courants  $I_1, I_2, I_3$  et  $I_4$ .
- 2) Indiquer sur le schéma les bornes de  $A_1$ .

3) Sur quelle graduation  $n_4$  l'aiguille de l'ampèremètre  $A_4$  s'arrête-t-elle ?

**EXERCICE 8 :**

Un ampèremètre peut fonctionner sur l'un des trois calibres 1A, 3A et 5A. Son cadran compte 100 divisions.

On l'utilise d'abord sur le calibre 5A : l'aiguille s'arrête en face de la division 28.

- 1) Calculer l'intensité du courant dans l'ampèremètre.
- 2) Est-il possible de passer sur le calibre 3 A, puis sur le calibre 1 A ?
- 3) En face de quelle(s) nouvelle(s) graduation(s) l'aiguille s'arrête-t-elle alors ?

**EXERCICE 9 :**

Un ampèremètre dispose des calibres suivant : 5 A ; 500 mA ; 50 mA ; 5 mA ; 500  $\mu$ A.

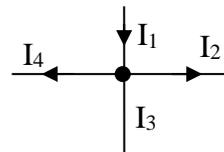
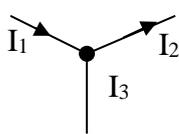
Il est de classe deux (2) pour les mesures en continu.

On utilise la graduation comportant 50 divisions. On mesure l'intensité du courant dans un circuit avec le calibre 500 mA, l'aiguille dévie de 4 divisions, ensuite avec le calibre 50 mA, l'aiguille dévie alors de 42 divisions.

- 1) Déterminer la valeur de l'intensité  $I$  pour chaque mesure.
- 2) Calculer l'incertitude absolue  $\Delta I$  sur l'intensité pour chaque mesure.
- 3) Donner l'encadrement de l'intensité  $I$  pour chaque mesure. Ces encadrements sont-ils compatibles entre eux ?
- 4) Quelle est la précision ou incertitude relative  $\frac{\Delta I}{I}$  pour chaque mesure ?

**EXERCICE 10 :**

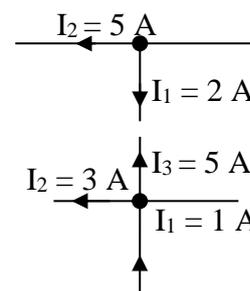
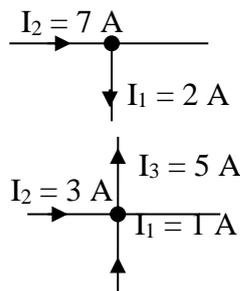
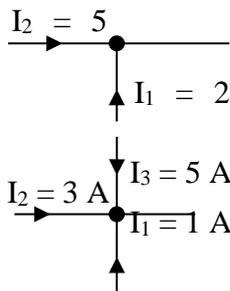
Chacun des schémas qui suivent, représente les intensités des courants au niveau du noeud  
Donner le sens et la valeur de  $I_3$  dans chaque cas



$I_1 = 0,70 \text{ A} , I_2 = 0,50 \text{ A} \quad I_4 = 0,20 \text{ A} , \quad I_1 = 1,5 \text{ A} , \quad I_2 = 1 \text{ A}$

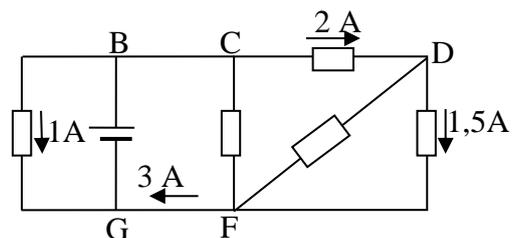
**EXERCICE 11:**

1) Chacun des schémas qui suivent, représente les intensités des courants au niveau du noeud  
Compléter les schémas suivants en indiquant le sens des courants et les intensités manquantes :



**EXERCICE 12 :**

- 1) Déterminer sur le montage schématisé ci –contre les intensités des courants dans les branches BC, GB, DF, CF.
- 2) Calculer le débit d'électrons du générateur.



**EXERCICE 13 :**

Le générateur G délivre un courant d'intensité  $I = 10 \text{ A}$ .

On a les relations entre les intensités parcourant les différentes branches du courant.

$$I_1 = I_2 ; I_3 = 3I_4 ; I_5 = 3I_6$$

Le sens du courant est indiqué sur la figure.

Déterminer les valeurs des intensités :

$$I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6.$$

**EXERCICE 14 :**

On considère le réseau représenté la figure ci-contre dans lequel certains courants sont connus en intensité et en sens.

1) On demande de déterminer les caractéristiques (intensités et sens) des courants  $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5$

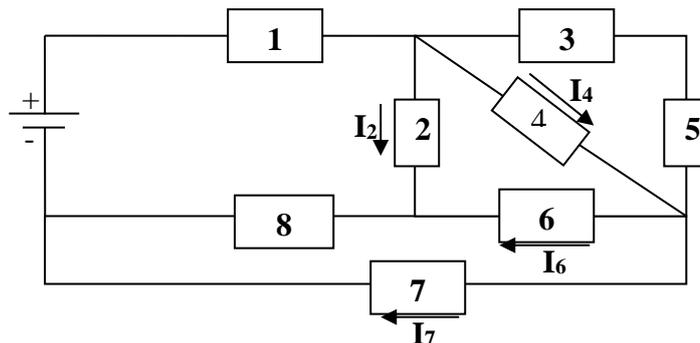
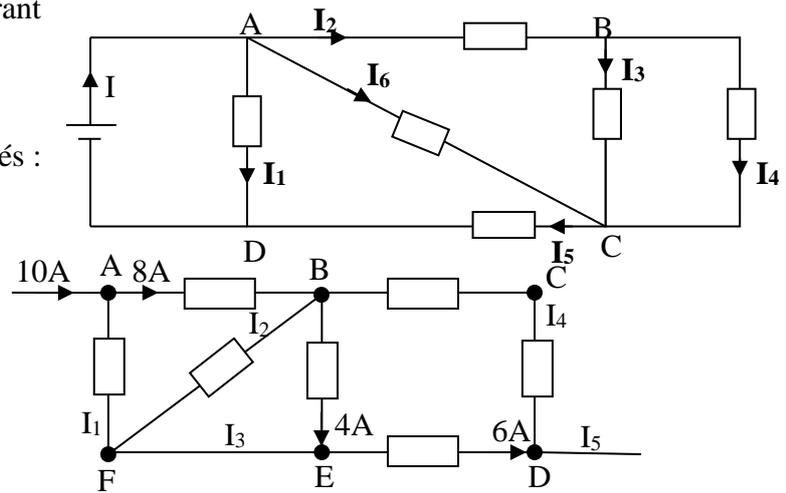
2) On mesure l'intensité  $I_3$  à l'aide d'un ampèremètre qui possède les calibres

1 A, 3 A, 5 A et dont le cadran comporte 150 divisions.

- A quel point, F ou E, faut-il relier la borne + de l'ampèremètre ?
- Quel calibre faut-il choisir ?
- Sur quelle division l'aiguille s'arrête-t-elle ?

**EXERCICE 15 :**

Déterminer l'intensité du courant qui circule dans chaque dipôle schématisé sur la figure ci-dessous avec  $I_2 = 0,71A$  ;  $I_4 = 0,16A$  ;  $I_6 = 0,49A$  ;  $I_7 = 0,25A$



**D- CORRIGE DES EXERCICES**

Exercice 3 :  $t = 83 \text{ h } 19 \text{ mn } 58 \text{ s}$

Exercice 5 :  $N = 2,075 \cdot 10^{17}$  électrons et  $I = 0,033A$

Exercice 7 :  $I_1 = 4A, I_2 = 0,4A, I_3 = 0,8A,$  et  $I_4 = 2,8A, n_4 = 140$  divisions

Exercice 13 :  $I_1 = 4A, I_2 = 4A, I_3 = 3 A, I_4 = 1A, I_5 = 6A$  et  $I_6 = 2A$

# CHAPITRE P4

# TENSION ELECTRIQUE

## A – OBJECTIFS

Relier le passage d'un courant à l'existence d'une tension électrique..

Utiliser convenablement un voltmètre.

Choisir le calibre le mieux adapté.

Présenter le résultat d'une mesure.

Vérifier les propriétés de la tension électrique à l'aide du voltmètre.

Appliquer les lois de la tension électrique.

Distinguer tension continue et tension variable, tension alternative et tension non alternative, tension sinusoïdale et tension non sinusoïde, tension périodique et tension non périodique

Utiliser les conventions de signes pour l'intensité  $i$  et de la tension  $u$ .

Rappeler la convention récepteur

Prendre des mesures de sécurité.

## B – L'ESSENTIEL DU COURS

Entre les bornes d'un générateur à courant continu il existe à vide une différence de potentiel électrique ou tension électrique (force électromotrice). Cela est dû à une différence d'états électriques des deux bornes.

De même lorsqu'un dipôle passif est traversé par un courant il existe une tension électrique entre ses bornes.

La tension électrique entre deux points A et B notée  $U_{AB}$  est représentée symboliquement par une flèche orientée de B vers A.

La tension électrique est une grandeur algébrique.

Dans le système international, l'unité de tension électrique est le volt (V).

La tension électrique se mesure à l'aide d'un appareil appelé voltmètre.

Pour mesurer la tension aux bornes d'un dipôle le voltmètre doit être placé en dérivation entre ces bornes.

Les deux types de voltmètres :

- Voltmètre à aiguille
- Voltmètre à affichage numérique.

Dans la pratique on utilise des multimètres, appareils qui peuvent jouer le rôle de voltmètre et d'ampèremètre.

### Propriétés de la tension

- La tension est la même entre les bornes de deux dipôles placés en dérivation
- Loi d'additivité des tensions : étant donnés les points A, B, C, D.....d'un circuit ou d'une portion de circuit on a  $U_{AD} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} + \dots$

### Tensions variables

Une tension variable est une tension qui varie au cours du temps en grandeur et/ou en signe

Une tension  $u(t)$  est dite sinusoïdale quand elle varie sinusoïdalement au cours du temps  $t$  ; soit  $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$

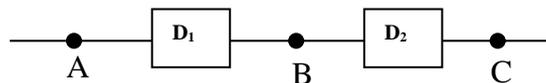
$U_m$  est la valeur maximale,  $\omega$  est la pulsation et  $\varphi$  est la phase à l'origine de la tension  $u(t)$  ; sa période est  $T = \frac{\omega}{2\pi}$  et sa fréquence  $N = \frac{1}{T}$

## C – EXERCICES

### EXERCICE 1 :

Pour vérifier la loi d'additivité des tensions, on mesure les tensions  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$  et  $U_{AC}$  à l'aide d'un voltmètre de classe 2 comportant une graduation de  $N = 150$  divisions et utilisé sur le calibre  $C = 15$  V. On a trouvé :  $n_{AC} = 134$  div ;  $n_{AB} = 78$  div ;  $n_{BC} = 54$  div.

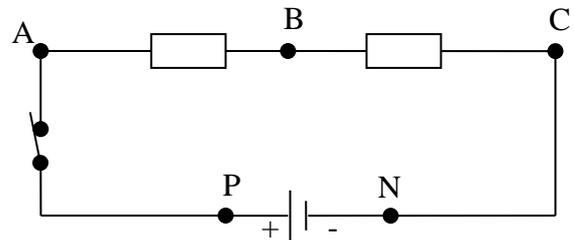
Calculer les tensions correspondantes. Peut-on considérer, compte tenu des incertitudes, que la loi d'additivité des tensions est vérifiée ?



### EXERCICE 2 :

Pour le circuit représenté ci-contre, on a mesuré les tensions :  $U_{AC} = 1,5$  V et  $U_{BC} = 0,4$  V

- Déterminer les valeurs des tensions  $U_{AB}$ ,  $U_{PN}$  et  $U_{AN}$ .
- Représenter les tensions  $U_{AC}$ ,  $U_{AB}$  et  $U_{BC}$  par des flèches.



### EXERCICE 3 :

Les mesures des tensions entre différents points d'un circuit ont donné les résultats :  $U_{AC} = 4$  V,  $U_{DB} = -6$  V,  $U_{AE} = 12$  V,  $U_{DA} = -10$  V.

Calculer les tensions  $U_{AB}$ ,  $U_{DE}$ ,  $U_{BC}$ .

Modifie-t-on le réseau si on relie les points B et C du circuit par un fil conducteur ?

### EXERCICE 4 :

On possède trois accumulateurs. Les tensions mesurées aux bornes de chacun d'entre eux lorsqu'ils ne débitent pas sont respectivement 4,5 V ; 1,5 V et 1,5 V.

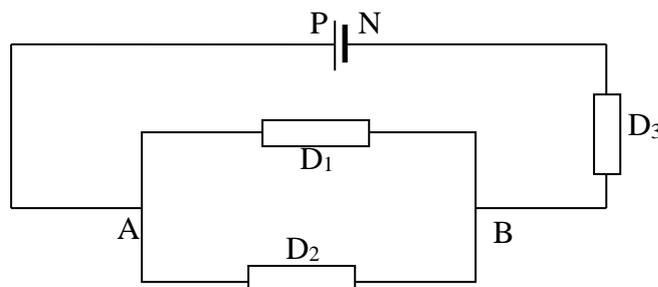
Indiquer comment il est possible de les associer en série par deux ou par trois pour obtenir des dipôles de bornes A et B dont la tension  $U_{AB}$  serait 3 V, 6 V ou 7,5 V.

### EXERCICE 5 :

On considère le montage suivant :

Le générateur maintient entre ses bornes une tension constante  $U_{PN} = 6,00$  V.

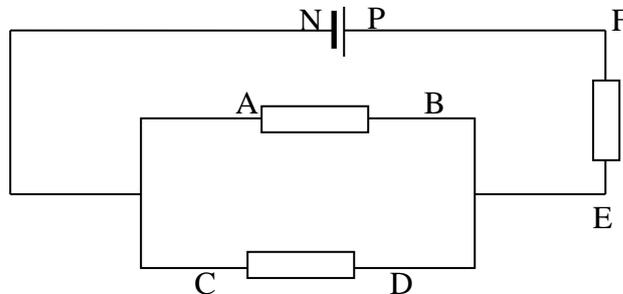
- Représenter les tensions  $U_{PN}$ ,  $U_{AB}$ ,  $U_{BN}$  sur le schéma.
- Représenter sur le schéma l'appareil permettant de mesurer la tension  $U_{BN}$ .
- On mesure la tension  $U_{BN} = 2,50$  V. Déterminer la tension  $U_{AB}$ .



**EXERCICE 6 :**

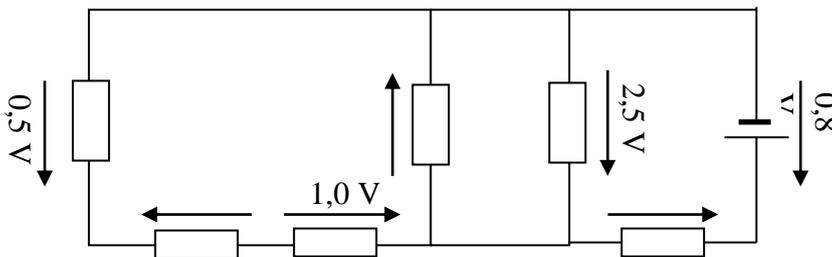
Dans le circuit représenté ci-dessous, on a mesuré les tensions  $U_{EF} = -3,54 \text{ V}$ ,  $U_{PN} = 6 \text{ V}$ .

1. Représenter les tensions  $U_{PN}$ ,  $U_{BA}$ ,  $U_{DC}$  et  $U_{FE}$  sur le schéma.
2. Déterminer les tensions  $U_{BA}$  et  $U_{DC}$ .



**EXERCICE 7 :**

Compléter le schéma ci-dessous en ajoutant les valeurs des différentes tensions.

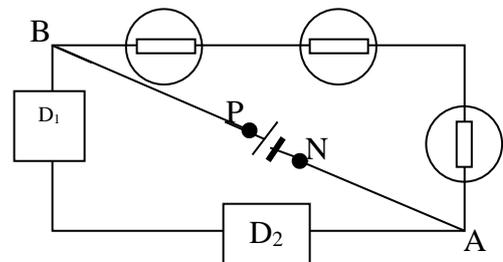


**EXERCICE 8 :**

Dans le montage ci-contre, les lampes sont identiques, ainsi que les deux dipôles  $D_1$  et  $D_2$ .

Chaque lampe fonctionne normalement sous une tension de 3,5 V.

1. Quelle est la valeur de la tension  $U_{PN}$  entre les bornes du générateur ?
2. Quelle est la tension entre les bornes de chacun des dipôles  $D_1$  et  $D_2$  ?

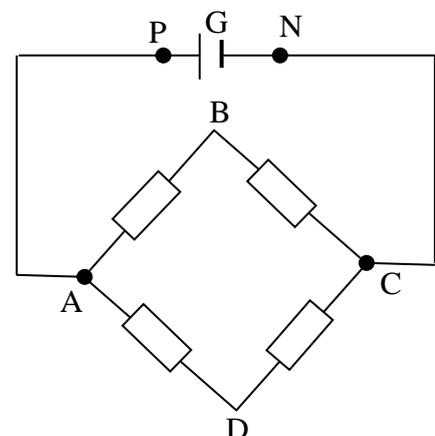


**EXERCICE 9:**

G est une alimentation stabilisée : la tension  $U_{PN}$  ses bornes est constante quelle que soit l'intensité débitée. Cette tension est réglée sur la valeur 24 V.

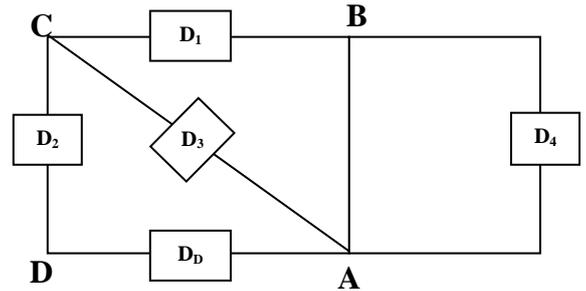
1. Quelle est la tension entre les bornes de chacun des dipôles s'ils sont tous identiques ?
2. On met en court-circuit les bornes B et D à l'aide d'un fil parfaitement conducteur.

Quelle est la tension entre les bornes de chacun des dipôles ?



### EXERCICE 10 :

Le montage ci-dessous est constitué de dipôles récepteurs ou générateurs.  
On donne les tensions  $U_{BC} = 3 \text{ V}$  et  $U_{CD} = -6 \text{ V}$ .  
Calculer les tensions  $U_{BA}$ ,  $U_{AC}$  et  $U_{DA}$ .  
Le dipôle  $D_4$  est une lampe ; peut-elle fonctionner ?

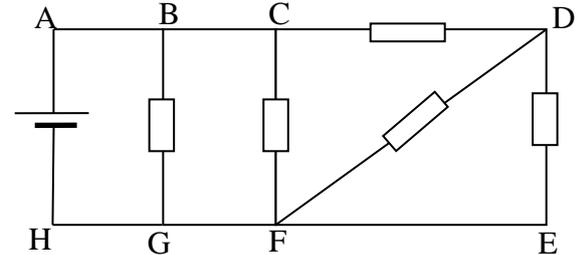


### EXERCICE 11 :

On considère le circuit représenté ci-dessous.

On mesure :  $U_{BG} = 10 \text{ V}$  et  $U_{CD} = 4 \text{ V}$ . La chute de tension provoquée par les fils de connexion est quasiment nulle.

1. Calculer les valeurs des tensions  $U_{CF}$ ,  $U_{FD}$  et  $U_{DE}$ .
2. Indiquer les nœuds et les branches du circuit, le sens du courant dans chaque branche si, seul, le dipôle (A, H) est générateur.
3. Représenter par des flèches les tensions  $U_{CF}$ ,  $U_{FD}$  et  $U_{DE}$ .

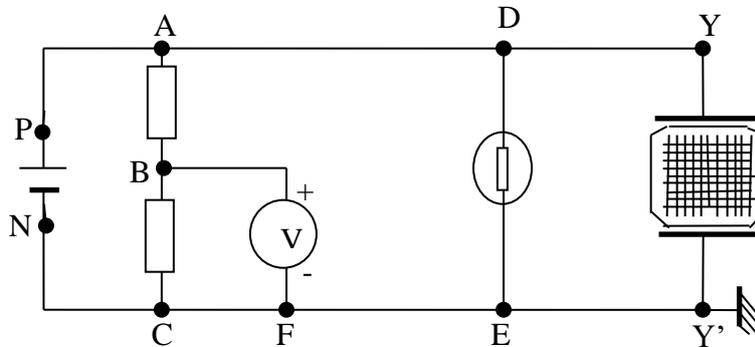


### EXERCICE 12 :

Dans le circuit représenté ci-dessous l'oscillographe est utilisé sur la sensibilité

$k = 2 \text{ V/division}$ . Le spot dévie de 3 divisions. Le voltmètre, utilisé sur le calibre 3 V, comporte 150 divisions. L'aiguille se fixe sur la graduation 100.

1. Déterminer les tensions  $U_{PN}$ ,  $U_{ED}$  et  $U_{AB}$ . Représenter par des flèches ces trois tensions.
2. Le voltmètre est de classe 2. Donner la précision de la mesure de  $U_{BC}$

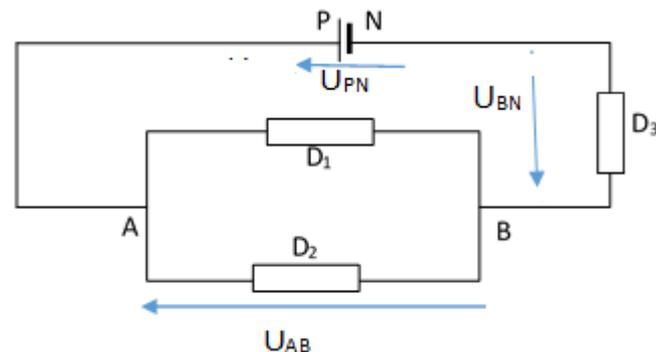


## D - CORRIGE DES EXERCICES

### EXERCICE 5 :

- 1) Les tensions  $U_{PN}$ ,  $U_{AB}$ ,  $U_{BN}$  sont représentées sur le schéma.
- 2) Appareil de mesure à mettre en dérivation entre B et N
- 3) La tension  $U_{AB}$ .

$$\text{On a : } U_{AB} = U_{PN} - U_{BN} = 3,5 \text{ V}$$



### EXERCICE 8 :

1) La tension aux bornes du générateur : On applique la loi d'additivité des tensions ;

d'où  $U_{PN} = 3 \times 3,5 = 10,5 \text{ V}$

2) On applique la même loi  $\rightarrow U_{D1} = U_{D2} = \frac{U_{PN}}{2} = 5,25 \text{ V}$

### EXERCICE 12

1) Déterminons les tensions  $U_{PN}$ ,  $U_{ED}$  et  $U_{AB}$

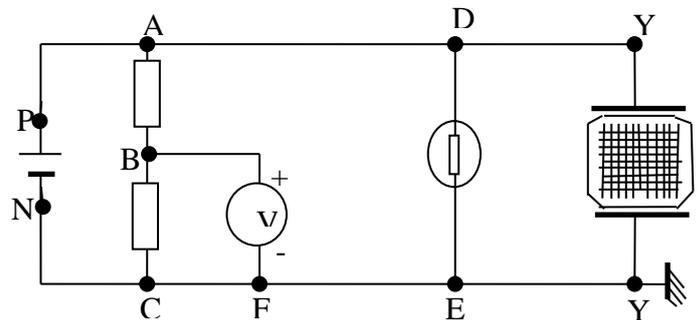
$U_{PN} = U_{YY'} = k.d = 6 \text{ V}$  ;

$U_{ED} = -U_{PN} = -6 \text{ V}$

$U_{AB} = U_{AC} - U_{BC}$  or  $U_{BC} = 3 \times 100/150 = 2 \text{ V}$

D'où  $U_{AB} = 6 - 2 = 4 \text{ V}$

2) Précision de la mesure de  $U_{BC}$



calculer l'incertitude absolue d'abord :  $\Delta U = \frac{\text{calibre} \times \text{classe}}{100} = 0,06 \text{ V}$

La précision de la mesure est l'incertitude relative  $\frac{\Delta U}{U} = 0,03$  ; soit une précision de 3%

## CHAPITRE P5

## DIPÔLES PASSIFS.

### A- OBJECTIFS

Distinguer dipôle actif et dipôle passif.

Réaliser un montage potentiométrique.

Tracer les caractéristiques de dipôles passifs

Exploiter les caractéristiques de dipôles passifs.

Reconnaître les caractéristiques de quelques dipôles passifs (résistor, varistance, diode simple et diode Zener)

Appliquer la loi d'ohm pour un résistor.

Utiliser les lois d'association des résistors.

Donner l'utilisation pratique de quelques dipôles passifs (résistor, VDR, diodes...)

Tenir compte des limites de fonctionnement d'un dipôle.

Prendre des mesures de sécurité pour l'utilisation des dipôles.

## B- ESSENTIEL DU COURS

Un dipôle est un composant ayant deux bornes électriques de connexion, exemple l'ampoule électrique, pile, interrupteur, électrolyseur etc....

Un dipôle est dit actif si la tension à ses bornes est non nulle même en circuit ouvert. Un dipôle est dit passif si la tension à ses bornes est nulle en circuit ouvert.

La caractéristique d'un dipôle est le graphe de la tension  $U$  (V) en fonction de l'intensité  $I$  (A) qui le traverse  $U = f(I)$

L'allure de la courbe permet de déterminer les caractéristiques du dipôle

La caractéristique du conducteur ohmique (résistor) est un segment de droite qui passe par l'origine, d'équation  $U = a I$ . Le coefficient directeur de la droite  $a$  représente la résistance  $R$  du conducteur

Le conducteur ohmique est un dipôle passif linéaire, symétrique

Loi d'ohm : La tension  $U$  aux bornes d'un conducteur ohmique (résistor) est proportionnelle à l'intensité du courant  $I$  qui le traverse. Le coefficient de proportionnalité est appelé résistance et est noté  $R$ .  $U = R I$   $R$  s'exprime en ohm ( $\Omega$ ) ;  $I$  (A) ;  $U$  (V)

La conductance  $G$  est l'inverse de la résistance ;  $G = \frac{1}{R}$ . Elle s'exprime en siemens (s)

L'équation de la caractéristique intensité-tension d'un conducteur ohmique de résistance  $R$  est  $I = G U$  où  $G$  est la conductance du résistor

Le dipôle équivalent à plusieurs résistors de résistances  $R_1, R_2, R_3, \dots$  montés en série est un résistor unique de résistance équivalente  $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots = \sum_i^n R_i$

Le dipôle équivalent à plusieurs résistors de résistances respectives  $R_1, R_2, R_3, \dots$  montés en parallèle est un résistor de résistance équivalente  $R_{eq}$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_i^n \frac{1}{R_i}$$

La conductance équivalente est  $G_{eq} = \frac{1}{R_{eq}}$

$$G_{eq} = G_1 + G_2 + G_3 + \dots = \sum_i^n G_i$$

La diode à jonction est un composant électronique qui a l'aspect d'un petit cylindre marqué d'un anneau indiquant la cathode  $K$ . Monté dans le sens direct, elle devient conductrice à partir de la tension seuil ( $U_s = 0,6V$ ). Dans le sens inverse (indirect) la diode ne conduit pas le courant électrique. La diode à jonction est un dipôle passif non linéaire non symétrique. Il est utilisé comme redresseur de courant alternatif

La diode Zener peut être traversée par un courant dans les deux sens (sens direct et sens inverse). Dans le sens direct la diode Zener devient conductrice si la tension seuil  $U_s$  est atteinte. Dans le sens indirect la diode laisse passer le courant si la tension Zener  $U_Z$  est atteinte

La diode électroluminescente (DEL) est une diode à jonction mais le matériau qui la constitue émet de la lumière lorsqu'il est traversé par un courant dans le sens direct. Ce type de diode est utilisé dans de nombreux appareils : les calculatrices et les montres digitales

La photodiode est une diode qui laisse passer le courant électrique dans le sens direct lorsqu'elle est éclairée

La varistance ou VRD « Voltage Depend Resistor » est un résistor dont la résistance dépend de la tension. Sa caractéristique est symétrique et non linéaire

## C-EXERCICES

### EXERCICE 1 :

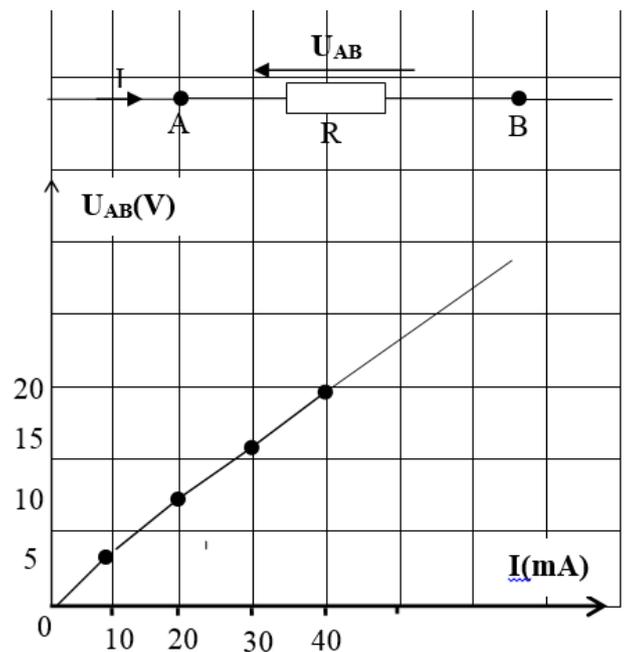
La tension entre les bornes A et B d'un conducteur ohmique est  $U_{AB} = 2,2 \text{ V}$ . L'intensité du courant qui traverse le conducteur est  $I = 47 \text{ mA}$ .

1. Représenter la tension  $U_{AB}$  et le sens du courant  $I$  sur un schéma
2. Calculer la résistance de ce conducteur ohmique.

### EXERCICE 2 :

La figure ci-contre représente la caractéristique intensité-tension d'un conducteur ohmique (A, B)

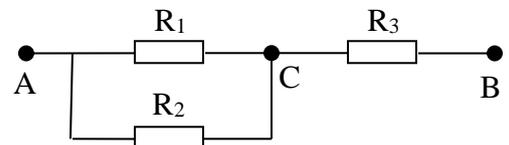
1. A l'aide de cette caractéristique, déterminer la tension  $U_{AB}$  entre les bornes du conducteur ohmique lorsqu'un courant d'intensité  $I = 25 \text{ mA}$  le traverse de A vers B.
2. Déterminer la résistance  $R$  de ce dipôle.



### EXERCICE 3 :

On donne la portion de circuit ci-contre :

$$R_1 = \frac{1}{2} R_2 = 2 \text{ ohms} ; R_3 = 0,75 \text{ ohm} ; U_{AB} = 12 \text{ V}$$

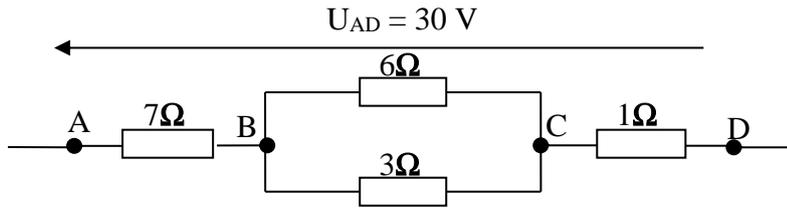


1. Calculer la résistance équivalente au dipôle AB
2. Trouver l'intensité du courant qui traverse chaque résistor.

### EXERCICE 4 :

Quatre résistors de résistances invariables sont associés et alimentés comme l'indique la figure ci-dessous. Déterminer :

1. La résistance équivalente entre A et D ;
2. Les intensités dans les différents résistors ;
3. Les différences de potentiel  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$  et  $U_{CD}$ .



**EXERCICE 5 :**

L'équation de la caractéristique intensité-tension d'un résistor de résistance  $R$  est  $i_{AB} = 2,5 u_{AB}$  Avec  $i_{AB}$  (A),  $u_{AB}$  (V) est en volts. Le résistor est constitué d'un fil conducteur homogène cylindrique de longueur  $l = 1,57$  m, de section  $s = 0,0314 \text{ cm}^2$ .

1. Calculer  $R$ .
2. Déterminer la résistivité de la substance qui constitue le résistor.

**EXERCICE 6 :**

Un fil métallique cylindrique de diamètre  $d$  est recouvert d'un isolant d'épaisseur  $e$ . la résistivité du métal utilisé est désignée par  $r$ .

Pour construire un rhéostat, ce fil est enroulé en spires jointives sur un cylindre isolant de diamètre  $D$  et de longueur  $L$ .

1. Exprimer la longueur totale de fil nécessaire pour réaliser ce rhéostat en fonction de  $e$ ,  $d$ ,  $D$  et  $L$ .
2. En déduire l'expression de la résistance totale  $R$  du rhéostat. Faire l'application numérique avec les données suivantes :

$$d = 0,8 \text{ mm} ; e = 0,1 \text{ mm} ; L = 80 \text{ cm} ; D = 6 \text{ cm} ; r = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$$

**EXERCICE 7 :**

Un fil de longueur  $l_1 = 1000$  m et de diamètre  $d_1 = 2$  mm a une résistance  $R_1 = 40 \Omega$ . Un autre fil de longueur  $l_2 = 500$  m et de diamètre  $d_2 = 0,5$  mm est constitué du même matériau. Quelle est la valeur de la résistance  $R_2$  de ce deuxième fil ?

**EXERCICE 8 :**

On donne le circuit ci-contre (pont de Wheatstone).

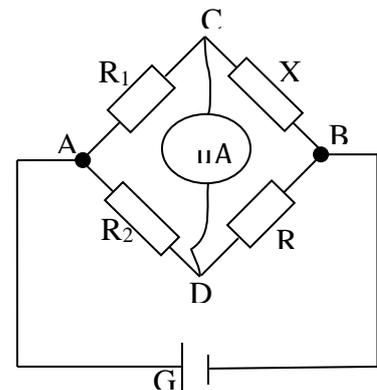
On donne  $R_1 = 20 \Omega$  ;  $R_2 = 60 \Omega$

$R$  est une résistance variable.

$X$  est une résistance inconnue.

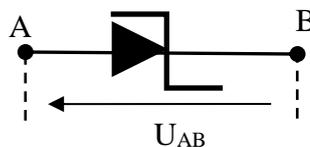
On donne à  $R$  une valeur  $R_0$  telle que le micro-ampèremètre ne soit traversé par aucun courant (le pont est alors dit équilibré)

1. Exprimer de 2 manières la tension entre A et C d'une part et la tension entre C et B d'autre part.
2. Trouver  $X$  sachant que  $R_0 = 1 \text{ k}\Omega$ .



**EXERCICE 9 :**

Le tableau de mesure ci-après donne les valeurs de la tension  $U_{AB}$  aux bornes d'une diode Zener en fonction de l'intensité  $I_{AB}$  qui la traverse. La figure ci-après représente le symbole de la diode Zener



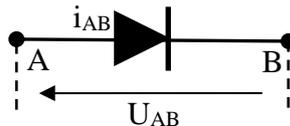
$U_{AB}$ (V)	0,70	0,75	0,80	-11,50	-12	-12,30	-12,40
$I_{AB}$ (mA)	10	20	70	-2	-10	-60	-80

- Tracez la caractéristique tension-courant de la diode.
- En déduire la tension seuil  $U_s$  puis la tension Zener  $U_z$  de la diode.
- Donner les caractéristiques de la diode Zener

### EXERCICE 10 :

Ci-après sont donnés quelques points de fonctionnement ( $i_{AB}$  ;  $u_{AB}$ ) d'une diode au germanium. La figure ci-après représente le schéma d'une diode à jonction

$i_{AB}$ (mA)	0	0	0,2	0,8	1,6	4,1	7,7	11,8	16,3	21,3
$u_{AB}$ (V)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4

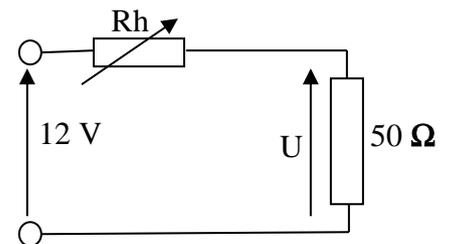


- Tracer la caractéristique tension-intensité de la diode.
- Montrer que la caractéristique est linéarisable dans un domaine que l'on précisera. Dans ce domaine écrire la tension en fonction de l'intensité sous la forme  $u_{AB} = Ri_{AB} + u_s$  et précisez la valeur numérique et la signification physique de chacune des grandeurs  $R$  et  $u_s$ .

### EXERCICE 11 :

Dans le montage de la figure ci-contre, on alimente un récepteur de résistance  $50 \Omega$  par l'intermédiaire d'un rhéostat  $R_h$  dont la résistance  $x$  varie entre 0 et  $200 \Omega$ .

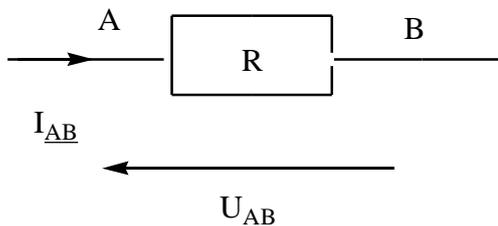
- Exprimer la tension  $U$  aux bornes du récepteur en fonction de  $x$  si l'ensemble est alimenté par une tension constante de  $12 \text{ V}$ .
- Représenter graphiquement les variations de  $U$  en fonction de  $x$ .



## D-CORRIGE DES EXERCICES

### EXERCICE 1

- Représentons la tension  $U_{AB}$  et le sens du courant  $I$  sur un schéma

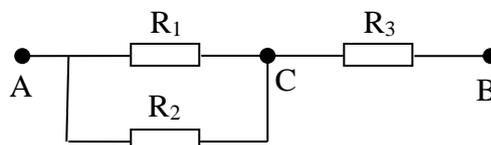


- Calculer la résistance de ce conducteur ohmique.

On applique la loi d'ohm  $U = R I \rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{2,2}{0,047} = 46,8 \Omega$

### EXERCICE 3 :

On donne la portion de circuit ci-après :



$$R_1 = \frac{1}{2}R_2 = 2 \text{ ohms} ; R_3 = 0,75 \text{ ohm} ; U_{AB} = 12V$$

1) Calculons la résistance équivalente au dipôle AB

Les résistances R1 et R2 sont montées en parallèle. La résistance équivalente totale est

$$R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{2 \times 4}{6} + 0,75 = 2,08 \Omega$$

2) Trouvons l'intensité du courant qui traverse chaque résistor.

L'intensité du courant qui traverse le dipôle AB est  $I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{eq}} = \frac{12}{2,08} = 5,8 \text{ A}$

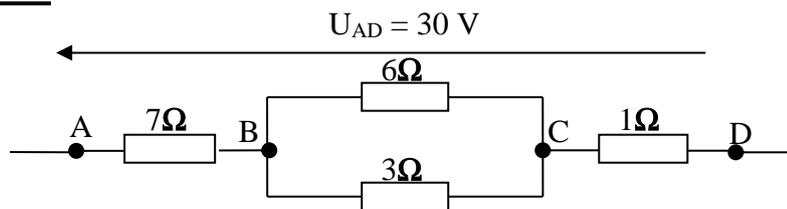
La tension aux bornes du résistor R3 est  $U_{CB} = R_3 \times I_{AB} = 0,75 \times 5,8 = 4,35 \text{ V}$

La tension  $U_{AC} = U_{AB} - U_{CB} = 12 - 4,35 = 7,65 \text{ V}$

L'intensité du courant qui traverse le résistor R1 est  $I_1 = \frac{U_{AC}}{R_1} = \frac{7,65}{2} = 3,825 \text{ A}$

L'intensité du courant qui traverse le résistor R2 est  $I_2 = \frac{U_{AC}}{R_2} = \frac{7,65}{4} = 1,912 \text{ A}$

#### EXERCICE 4 :



1) La résistance équivalente entre A et D

$$R_{AD} = 7 + \frac{6 \times 3}{6+3} + 1 = 10 \Omega$$

2) Les intensités dans les différents résistors ;

L'intensité qui traverse AD est  $I_{AD} = \frac{U_{AD}}{R_{AD}} = \frac{30}{10} = 3 \text{ A}$

L'intensité du courant qui traverse le dipôle AB est égale à l'intensité qui traverse le dipôle CD = 3A

La tension aux bornes de BC est  $U_{BC} = R_{BC} \times I_{AD} = 2 \times 3 = 6 \text{ V}$

L'intensité du courant qui traverse le résistor de résistance 6  $\Omega$   $I = \frac{U_{BC}}{6} = \frac{6}{6} = 1 \text{ A}$

L'intensité du courant qui traverse le résistor de résistance 3  $\Omega$   $I = \frac{U_{BC}}{3} = \frac{6}{3} = 2 \text{ A}$

3) Les différences de potentiel  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$  et  $U_{CD}$ .

$$U_{AB} = R_{AB} \times I = 7 \times 3 = 21 \text{ V}$$

$$U_{BC} = R_{BC} \times I = 2 \times 3 = 6 \text{ V}$$

$$U_{CD} = R_{CD} \times I = 1 \times 3 = 3 \text{ V}$$

---

## CHAPITRE P6 DIPOLES ACTIFS

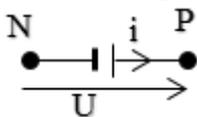
### A - OBJECTIFS

- Distinguer convention générateur et convention récepteur.
- Exploiter la caractéristique d'un dipôle actif linéaire.
- Déterminer la fem et la résistance interne d'un dipôle actif linéaire.
- Déterminer la résistance interne d'un dipôle actif linéaire.
- Utiliser la loi d'Ohm pour un dipôle actif linéaire
- Utiliser la loi d'association en série directe ou inverse des dipôles actifs linéaires.
- Appliquer la loi de Pouillet.

### B - L'ESSENTIEL DU COURS

Un dipôle est dit actif si la tension à ses bornes est non nulle même en circuit ouvert.

Convention générateur



Loi d'Ohm pour un générateur :  $U = E + ri$

$E$  : force électromotrice (f.e.m.)

$r$  : résistance interne

On met un générateur en court-circuit en reliant ses deux bornes par un fil métallique.

L'intensité du courant de court-circuit  $I_{cc} = \frac{E}{r}$

Des générateurs associés en série sont équivalents à un générateur unique, dont la f.e.m. a pour valeur la somme algébrique des f.e.m. des générateurs associés, et dont la résistance interne est la somme des résistances internes

$E_{eq} = \sum E_i$  et  $r_{eq} = \sum r_i$

Loi de Pouillet : Dans un circuit série l'intensité du courant électrique est donnée par la relation  $I = \frac{E}{\sum R}$

### C – EXERCICES

#### Exercice N°1

La caractéristique Intensité-Tension d'un dipôle générateur passe par les deux points :

A (0,5A ; 3,5 V) et B (3A ; 1 V).

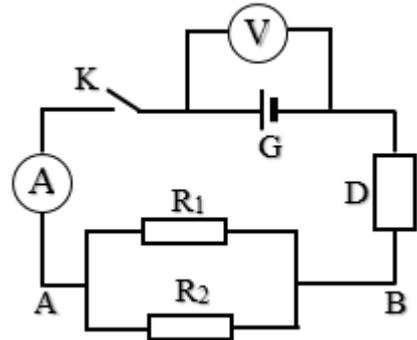
- 1) Faire le schéma du montage permettant de tracer cette caractéristique.
- 2) Tracer la caractéristique Intensité-tension de ce dipôle générateur. Préciser l'échelle.
- 3) Déterminer la force électromotrice et la résistance interne du dipôle générateur.
- 4) Déterminer la valeur de l'intensité du court-circuit, graphiquement.
- 5) Calculer la valeur théorique de l'intensité du court-circuit puis la comparer à la valeur expérimentale.
- 6) Ecrire la loi d'Ohm relative à ce générateur.

## Exercice N°2

On considère le circuit électrique représenté par la figure ci-contre où D est un dipôle électrique inconnu et G est un générateur de f.e.m.  $E = 22 \text{ V}$ .

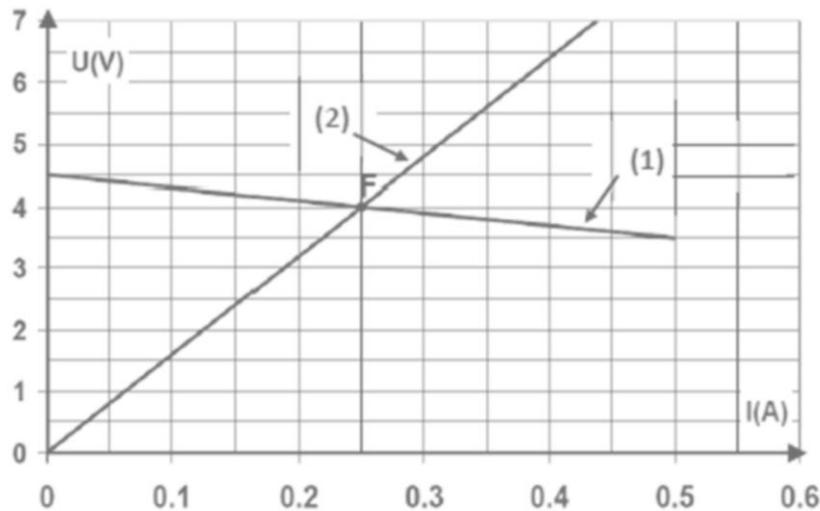
Lorsque le générateur fournit un courant électrique d'intensité  $I = 0,5 \text{ A}$ , le voltmètre indique une tension  $U = 20 \text{ V}$ .

- 1) L'interrupteur K étant ouvert, quelles sont les indications de l'ampèremètre et du voltmètre ?
- 2) L'interrupteur K est maintenant fermé.
  - a) Déterminer la résistance interne du générateur
  - b) Déterminer la résistance équivalente  $R_{\text{eq}}$  de la branche AB du circuit, sachant que la tension entre les bornes du dipôle D est  $U_D = 12 \text{ V}$ . En déduire la valeur de la résistance  $R_2$  sachant que  $R_1 = 20 \Omega$ .



## EXERCICE 3

- 1) On trace les caractéristiques intensité-tension d'un générateur  $G(E, r)$  et d'un résistor de résistance  $R$ .



- a) Identifier les caractéristiques (1) et (2) correspondant à chaque dipôle.
- b) Déterminer la valeur de la résistance  $R$  du résistor.
- 2) D'après la caractéristique du générateur, déterminer graphiquement  $E$  et  $r$ .
- 3) On relie le résistor  $R$  au générateur  $G$ .
  - a) En appliquant la loi de Pouillet, calculer l'intensité du courant dans le circuit.
  - b) Calculer la tension  $U$  entre les bornes de chacun des deux dipôles.
  - c) Comparer les valeurs de  $I$  et  $U$  avec les coordonnées du point d'intersection des courbes.
  - d) Comment appelle-t-on ce point d'intersection des deux courbes ?

est constitué d'un générateur  $G$  de f.e.m.  $E$  et de résistance interne  $r$

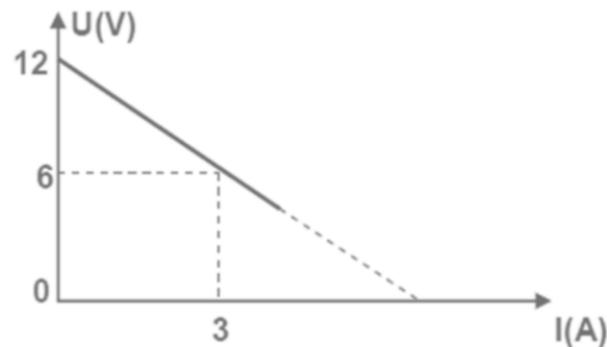
**Expérience1** : On branche aux bornes du générateur un résistor de résistance  $R_1 = 4 \Omega$ .

Un ampèremètre placé en série dans le circuit indique  $I_1 = 2 \text{ A}$ .

**Expérience2**: On branche aux bornes du générateur un résistor de résistance  $R_2 = 1 \Omega$ . L'ampèremètre indique  $I_2 = 4 \text{ A}$ .

- 1) Ecrire la loi d'Ohm aux bornes de chaque dipôle.
- 2) Déterminer les grandeurs caractéristiques ( $E$  ;  $r$ ) du générateur.

- 3) Le générateur G précédé de f.é.m.  $E$  et de résistance interne  $r$  est placé dans un circuit formé par un ampèremètre en série avec un rhéostat de résistance variable. Une étude expérimentale a permis de tracer la caractéristique intensité-tension du générateur. (voir figure ci-dessous) :



- Représenter le schéma du circuit en indiquant les branchements de l'ampèremètre et du voltmètre dans le circuit.
- A partir du graphe, retrouver les valeurs des grandeurs caractéristiques du générateur.
- Déterminer graphiquement et par le calcul la valeur de l'intensité du courant électrique de court-circuit  $I_{cc}$ .

### Exercice N°5

Le tableau ci-dessous donne les résultats du relevé de la caractéristique d'un générateur à courant continu.

I (A)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
U (V)	20	19,8	19,5	19,3	19	18,8	18,5

- Faire le schéma du montage permettant de relever ces points, en précisant le matériel utilisé.
- Tracer la caractéristique  $U = f(I)$ .
- Déterminer les éléments caractéristiques du générateur.
- Le générateur débite dans une résistance  $R = 200 \Omega$ . Faire un schéma du montage. Déterminer le point de fonctionnement suivant les 2 méthodes connues.

### EXERCICE 6

La caractéristique intensité-tension d'une pile de f.é.m  $E$  et de résistance interne  $r$  passe par les deux points A (3,9 V; 0,3 A); B (3,5V; 0,5 A).

- Ecrire l'expression de la tension  $U_{PN}$  entre les bornes de la pile lorsqu'elle débite un courant d'intensité  $I$ .
- Déterminer la valeur de  $E$  et celle de  $r$ .
- Calculer l'intensité  $I$  du courant lorsque la tension entre les bornes de la pile est  $U_{PN} = 2,5V$ .
- On associe en série  $N$  piles identiques caractérisée chacune par sa f.é.m  $E_0 = 4,5V$  et sa résistance interne  $r_0 = 2\Omega$ . Le générateur équivalent a pour f.é.m  $E = 13,5V$ .
  - Calculer le nombre  $N$  des piles associées en série.
  - Calculer la résistance  $r$  du générateur équivalent.
  - Ces  $N$  piles montées en série sont branchées aux bornes d'un résister de résistance  $R = 50 \Omega$ .
    - Faire un schéma du montage.
    - Calculer l'intensité  $I$  du courant dans le circuit.

## EXERCICE 7

On dispose de piles de caractéristique  $[1,5 \text{ V} ; 1,0\Omega]$ .

- 1) Combien faut-il au minimum de pile(s) pour obtenir une tension à vide de 6 V
- 2) Calculer la résistance interne de l'association.
- 3) Calculer la tension entre les bornes de l'ensemble pour une intensité de 0,10 A.
- 4) Pour que le récepteur fonctionne normalement, la tension à ses bornes ne doit pas descendre en deçà de 5,8 V et l'intensité est de 0,1 A. Dans les conditions précédentes, le récepteur fonctionne-t-il? Si non, comment faire?

## EXERCICE 8

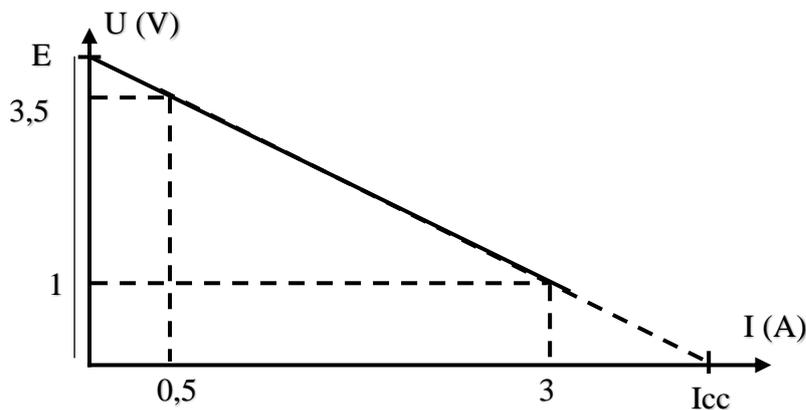
Un générateur de force électromotrice  $E=24\text{V}$  et de résistance interne  $r = 0,6 \Omega$  alimente un groupement de deux résistors  $R_1 = 6 \Omega$  et  $R = 4 \Omega$  en parallèle.

- 1) Faire un schéma du montage.
- 2) Calculer:
  - a) La résistance équivalente à  $R_1$  et  $R_2$
  - b) L'intensité du courant débité par le générateur.
  - c) La tension entre les bornes de  $r$
  - d) La tension  $U$  aux bornes du dipôle générateur
  - e) La tension entre les bornes de  $R_1$  et  $R_2$ . Justifier que les tensions entre les bornes des résistors  $R_1$  et  $R_2$  soient identique.

## **D – CORRIGÉ DES EXERCICES**

### EXERCICE N°1

1. Le schéma (conf. Cours)
2. Traçons la caractéristique Intensité-Tension du dipôle générateur  
 $2 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ A}$   
 $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ V}$



3. Déterminons- la f.e.m et la résistance interne du générateur

$$E = 4 \text{ V}$$

$$r = -\frac{1 - 3,5}{3 - 0,5} = 1\Omega$$

4. Déterminons- la valeur de l'intensité du court-circuit, graphiquement.

$$I_{cc} = 4,01 \text{ A} \text{ valeur expérimentale}$$

5. Calculons la valeur de l'intensité du court-circuit

$$I_{cc} = \frac{E}{r} = \frac{4}{1} = 4\text{A} \text{ valeur théorique}$$

Comparons valeur à la valeur théorique à calculer

$I_{CC}(\text{expérimentale}) \approx I_{CC}(\text{théorique})$

6. Ecrivons la loi d'Ohm relative à ce générateur.

$$U = 4 - I$$

### EXERCICE N°2

1. L'interrupteur K étant ouvert, les indications de l'ampèremètre et du voltmètre sont :

$$I = 0 \text{ A}$$

$$V = 22 \text{ V}$$

2. a) Calculons la résistance interne du générateur

$$r = \frac{22 - 20}{0,5} = 4 \Omega$$

2.b) calculons d'abord la résistance équivalente de la branche AB du circuit

$$U_G = R_{\text{éq}} I + U_D \Rightarrow R_{\text{éq}} = \frac{20 - 12}{0,5} = 16 \Omega$$

La valeur de la résistance  $R_2$  est donc :

$$R_{\text{éq}} = \frac{20 \times R_2}{20 + R_2} = 16 \Rightarrow 16 \times 20 + 16 R_2 = 20 R_2 \Leftrightarrow R_2 = \frac{320}{4}$$

$$R_2 = 80 \Omega$$

### EXERCICE 3

1. a- Identifions les caractéristiques (1) et (2) correspondant à chaque dipôle.

La caractéristique (1) est celle du générateur car elle indique une tension à vide non nulle.

La caractéristique (2) est celle du résistor car elle indique une tension à vide nulle.

1-b- Déterminons la valeur de la résistance R du résistor.

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{4 - 0}{0,25 - 0} = 16 \Omega$$

2- déterminons graphiquement E et r.

$$E = 4,5 \text{ V}$$

$$r = -\frac{3,5 - 4}{0,5 - 0,25} = 2 \Omega$$

3- a. Calculons l'intensité du courant dans le circuit.

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{4,5}{16 + 2} = 0,25 \text{ A}$$

3. b- Calculons la tension U aux bornes de chacun des deux dipôles.

$$U_R = RI = 16 \times 0,25 = 4 \text{ V}$$

$$U_G = 4,5 - 2 \times 0,25 = 4 \text{ V}$$

3. c- Comparons les valeurs de I et U avec les coordonnées du point d'intersection des courbes.

Les coordonnées du point d'intersection des courbes correspondent aux valeurs trouvées.

3. d- Le point d'intersection des deux courbes est appelé le point de fonctionnement du résistor

### EXERCICE 6

1) Ecrivons l'expression de la tension  $U_{PN}$  aux bornes de la pile lorsqu'elle débite un courant d'intensité I.

$$U_{PN} = E - rI$$

2) Déterminons la valeur de E et celle de r.

$$\begin{cases} 3,9 = E - 0,3 r \\ 3,5 = E - 0,5 r \end{cases}$$

$$3,9 - 3,5 = -0,3 r + 0,5 r = 0,2 r$$

$$r = 2 \Omega$$

$$E = 3,3 \text{ V}$$

3) Calculons l'intensité  $I$  du courant lorsque la tension aux bornes de la pile est  $U_{PN} = 2,5\text{V}$ .  
 $2,5 = 3,3 - 2 I$

$$I = 0,4 \text{ A}$$

4. a) Calculons le nombre  $N$  des piles associées en série.

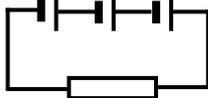
$$E_{\text{éq}} = N E_0 \Rightarrow N = \frac{13,5}{4,5} = 3$$

4. b) Calculer la résistance  $r$  du générateur équivalent.

$$r_{\text{éq}} = N r_0 = 3 \times 2 = 6 \Omega$$

4.c) Ces  $N$  piles montées en série sont branchées aux bornes d'un résistor de résistance  $R = 50 \Omega$ .

➤ Faire un schéma du montage.



➤ Calculons l'intensité  $I$  du courant dans le circuit.  $I = \frac{E}{\Sigma R} = \frac{13,5}{6+50} = 0,24 \text{ A}$

### EXERCICE °7

1) Calculons le nombre minimum de pile(s) pour obtenir une tension à vide de  $6 \text{ V}$

$$N = \frac{6}{1,6} = 4$$

2) Calculons la résistance interne de l'association.

$$r = 4 \times 1 = 4 \Omega$$

3) Calculons la tension entre les bornes de l'ensemble pour une intensité de  $0,10 \text{ A}$ ?

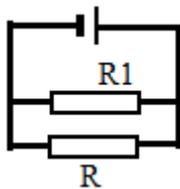
$$U = 6 - 4 \times 0,1 = 5,6 \text{ V}$$

4) Dans les conditions précédentes, le récepteur ne fonctionne pas car la tension appliquée est inférieure à  $5,8 \text{ V}$ .

Il faut ajouter en série un autre générateur

### EXERCICE °8

1. Faisons un schéma du montage.



2. Calculons:

a) La résistance équivalente à  $R_1$  et  $R_2$   $R_{\text{éq}} = \frac{R \times R_1}{R + R_1} = \frac{4 \times 6}{4+6} = 2,4 \Omega$

b) L'intensité du courant débité par le générateur.  $I = \frac{E}{R_{\text{éq}} + r} = \frac{24}{2,4+0,6} = 8 \text{ A}$

c) La tension entre les bornes de  $r$

$$U_r = rI = 0,6 \times 8 = 4,8 \text{ A}$$

d) La tension  $U$  entre les bornes du dipôle générateur  $U_G = E - rI = 24 - 4,8 = 19,2 \text{ V}$

e) La tension entre les bornes de  $R_1$  et  $R_2$ .  $U(R_1) U(R_2) = U_G = 19,2 \text{ V}$

Les tensions entre les bornes des résistors  $R_1$  et  $R_2$  soient identique car les résistors sont branchés en série.

## CHAPITRE P 8 GENERALITES SUR LES MOUVEMENTS

### A-OBJECTIFS

Illustrer la notion de mouvement par des exemples.

Illustrer la relativité du mouvement par des exemples.

Relier trajectoire d'un mobile et référentiel.

Faire un choix judicieux du référentiel et du repère pour l'étude d'un mouvement.

Exploiter des enregistrements

Donner les caractéristiques de quelques mouvements.

Déterminer la valeur de la vitesse instantanée d'un mobile (calcul, exploitation de documents et d'expériences).

Représenter le vecteur-vitesse instantané d'un point matériel.

Déterminer la vitesse angulaire

Donner les ordres de grandeurs de vitesse moyenne de quelques mobiles

### B-L'ESSENTIEL DU COURS

Un corps est en mouvement lorsqu'il change de position dans le temps par rapport à d'autres corps.

Le mouvement a un caractère relatif. Son étude nécessite le choix d'un corps ou d'un système de corps de référence. On lie un repère d'espace et de temps au système de référence.

Le choix d'un repère de temps se ramène au choix de l'instant de date  $t_0 = 0$  et au choix d'une unité

Le choix d'un repère d'espace se ramène au choix d'un système de coordonnées lié à la référence. Le repère d'espace peut être

- le repère cartésien
- le repère curviligne
- le repère angulaire

La trajectoire est l'ensemble des positions successives occupées par le mobile au cours du temps.

Si la trajectoire du mobile a pour support une droite, le mouvement est rectiligne.

Si la trajectoire n'est pas une droite, le mouvement est curviligne.

Si la trajectoire du mobile a pour support un cercle, le mouvement est circulaire..

La forme de la trajectoire dépend de la référence choisie.

L'allure d'un mouvement est décrite en physique par la vitesse.

#### **Vitesse moyenne**

Lorsqu'un mobile parcourt une distance  $\ell$  pendant une durée  $\Delta t$ , sa vitesse moyenne est

$$V_m = \frac{\ell}{\Delta t}.$$

#### **Vitesse instantanée**

C'est la limite de la vitesse moyenne lorsque la durée  $\Delta t$  est très petite

#### **Vecteur-vitesse instantané**

La vectrice vitesse instantanée d'un mobile est tangente à la trajectoire du mobile à l'instant considéré et orienté dans le sens du mouvement.

## C-EXERCICES

### EXERCICE 1

Une voiture roule sur une route jalonnée d'une borne tous les 100 m. A Chaque passage devant une borne un passager note l'heure. La vitesse maximale autorisée est 90 km/h.

Borne	7,100 km	7,200 km	7,300 km	7,400 km	7,500 km	7,600 km
Heure	10h31min	10h31min6s	10h31min11s	10h31min15s	10h31min18s	10h31min21s

- 1) La voiture roule-t-elle à vitesse constante ?
- 2) A partir de quel instant, approximativement, le conducteur est-il en infraction ?
- 3) Dessiner le vecteur vitesse de la voiture entre les bornes 7,500km et 7,600km.  
(Echelle 1cm  $\longrightarrow$  10m/s.)

### EXERCICE 2

Un mobile autoporteur est lancé sur une table

**A- La table est disposée horizontalement :**

Le mobile laisse à intervalle de temps régulier une marque sur le papier conducteur placé sur la table. Nous avons reproduit un tel enregistrement qui a eu lieu toutes les 20 ms.

$M_0; M_1; \dots; M_8$  sont les positions occupées par le mobile  $M$  aux temps  $t_0; t_1; \dots; t_8$

$M_0$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$	$M_8$
•	•	•	•	•	•	•	•	•
$t_0$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$	$t_8$

- 1) Quelle est la nature de la trajectoire ? Justifier.
- 2) Quelle est la nature du mouvement ? Justifier.
- 3) Calculer la valeur de la vitesse moyenne du point  $M$  entre :  $t_0$  et  $t_8$  et entre  $t_2$  et  $t_4$
- 4) Représenter le vecteur vitesse  $\vec{V}$  du mobile au point  $M_3$  en choisissant une échelle convenable.

**B- La table est maintenant inclinée :**

En utilisant des cales, on enregistre toutes les 20ms les positions occupées par le mobile.

$M_0$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$
•	•	•	•	•	•	•	•
$t_0$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$

- 1-Quelle est la nature de la trajectoire ?
- 2-Calculer la valeur de la vitesse moyenne entre :  $t_0$  et  $t_1$  ;  $t_3$  et  $t_4$  ;  $t_5$  et  $t_6$ . Conclure.
- 3-Calculer et représenter le vecteur vitesse instantanée du mobile aux instants:  $t_3$  ;  $t_4$  et  $t_5$ .

### EXERCICE 3

On a reproduit ci-après la trajectoire d'un mobile sur table à coussin d'air.

$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$
•	•	•	•	•	•	•

- 1- Quelle est la nature du mouvement ? Justifier sans calculer.
- 2- Déterminer la norme des vecteurs vitesses instantanées aux points  $A_1$  ;  $A_2$  ;  $A_3$  ;  $A_4$  ;  $A_5$ .  
L'intervalle de temps qui sépare deux positions consécutives est de 40 ms.

3- On prend comme origine des dates l'instant de passage en  $A_0$ . Dans un système d'axes, représenter le graphe  $V_{Ai} = f(t_i)$ . Comment sont disposés les points obtenus ?

4- Un tel mouvement est appelé un mouvement rectiligne uniformément varié.

4.1. A l'aide de la question 3-, donner une définition de ce type de mouvement.

4.2. En déduire la relation entre la vitesse  $V_{Ai}$  et  $t_i$ .

4.3. Comment pourrait-on reconnaître facilement qu'un mouvement d'un mobile sur une trajectoire est de ce type ?

#### EXERCICE 4

Deux voitures A et B quittent Dakar pour se rendre à St Louis. Les deux villes sont distantes de 256 km. La voiture A roulant à la vitesse de  $20 \text{ m.s}^{-1}$  quitte Dakar à 8 h 15 min. Par contre La voiture B quitte Dakar à 8 h 35 min et arrive à St Louis à 11 h 26 min.

1- Quelle est la voiture la plus rapide ?

2- Ecrire les équations horaires des deux mobiles en prenant pour origine des dates ( $t = 0$ ) l'instant de départ du mobile B. On appellera  $x_1, V_1, x_{01}$ , l'abscisse, la vitesse et l'abscisse à  $t = 0$  du mobile A et  $x_2, V_2$  et  $x_{02}$  l'abscisse, la vitesse et l'abscisse à  $t = 0$  du mobile B.

3- A quelle date et à quelle heure la voiture B rattrape-t-elle la voiture A ?

4- A quelle distance de St Louis a lieu le dépassement ?

5- La voiture B pourrait-elle rattraper la voiture A si cette dernière roulait à  $85 \text{ km.h}^{-1}$  ?

#### EXERCICE 5

Deux voitures : une R5 et une 406, roulent sur une autoroute dans le même sens, à la date  $t_0 = 0$ , la 406 roulant à  $110 \text{ km.h}^{-1}$  dépasse la R5 qui roule à  $90 \text{ km.h}^{-1}$ .

Les deux véhicules poursuivent le même trajet en conservant leurs vitesses.

1- Donner les équations horaires des mouvements des deux véhicules ;

2- Quelle est alors la distance qui sépare les deux voitures au bout d'un quart d'heure ?

3- Au bout de combien de temps la 406 aura-t-elle pris un kilomètre d'avance sur la R5 ?

4- Après deux heures de trajet, la 406 s'arrête pour 10min à une station-service ; le chauffeur verra-t-il passer la R5 pendant son arrêt ? Justifier votre réponse.

5- Quelle serait la durée de l'arrêt qui lui permettrait de voir passer la R5 ?

#### EXERCICE 6

Un disque a un diamètre  $d = 17 \text{ cm}$ . Il tourne à 45 tours/min.

1- Calculer la fréquence du mouvement ainsi que la période.

2- Calculer la vitesse angulaire du disque.

3- Calculer la vitesse d'un point de la périphérie du disque et représenter le vecteur vitesse de ce point.

#### EXERCICE 7

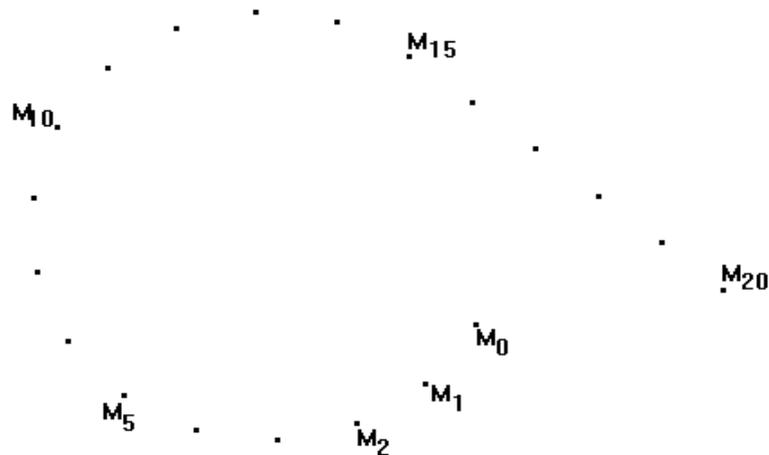
On considère le schéma ci-dessous à l'échelle 1/5 à des intervalles de temps  $\tau = 60 \text{ ms}$ .

1- Monter que, de  $M_0$  à  $M_{15}$ , le mouvement est circulaire. On déterminera pour cela le centre et le rayon R de la trajectoire.

2- Calculer la valeur des vitesses instantanées  $\vec{V}_5, \vec{V}_{10}, \vec{V}_{14}$  et les représenter en utilisant l'échelle ( $1 \text{ cm} \Rightarrow 0,05 \text{ m/s}$ )

3- Que peut-on dire d'un tel mouvement ? Calculer la vitesse angulaire du mouvement.

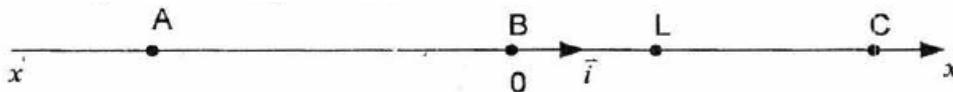
4- Montrer que, de  $M_{15}$  à  $M_{20}$ , le mouvement est rectiligne uniforme et calculer la valeur V de sa vitesse. Représenter  $\vec{V}_{16}$  et  $\vec{V}_{19}$ .



### EXERCICE 8

On considère trois mobiles A, B et C supposés ponctuels animés d'un mouvement suivant la droite joignant leur point de départ. Les mouvements sont étudiés dans le référentiel terrestre muni d'un repère  $(O, \vec{i})$  orienté positivement dans le même sens que le mouvement de A et de B. Les vitesses algébriques des mobiles sont respectivement  $\vec{V}_A = 10\text{m/s}$  ;  $\vec{V}_B = 2,5\text{m/s}$  et  $\vec{V}_C = -2\text{m/s}$ .

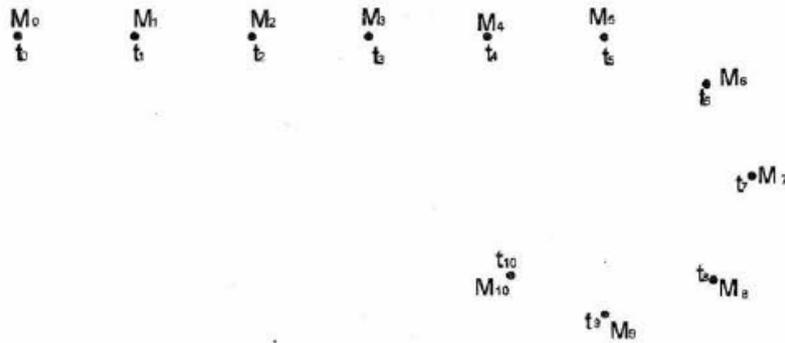
A l'instant initial  $t_0 = 0\text{s}$ , le mobile B est à 200m devant A et la distance AC est égale à 400m (voir figure). L'origine des abscisses est choisie à la position de départ de B.



- 1- Pourquoi faut-il forcément choisir un référentiel quand on étudie un mouvement d'un corps ? Quand-est-ce que le référentiel terrestre est utilisé ?
- 2- Dans quel sens se dirige le mobile C ? Justifier.
- 3- A l'instant  $t_0 = 0\text{s}$ , préciser les abscisses  $x_{0A}$ ,  $x_{0B}$  et  $x_{0C}$  respectives de A, B et C.
- 4- En déduire les équations horaires  $x_A(t)$ ,  $x_B(t)$  et  $x_C(t)$  respectives des mobiles A, B et C.
- 5- Quelle est la date d'arrivée du mobile B au lieu L situé 50m du point de départ de B ?
- 6- Si on veut que A et B arrivent en même temps en L, quelle devrait être la vitesse de A ?
- 7- A quelle date le mobile C croise-t-il le mobile A ? Quelle est l'abscisse du point de rencontre ?

### EXERCICE 9

Une mouche M ; supposée ponctuelle, est posée sur une table à coussin d'air et on enregistre ses différentes positions successives à intervalle de temps régulier  $\tau = 80\text{ms}$ . On obtient ; à l'échelle 1/10, l'enregistrement suivant qui comporte deux phases.



- 1-** Quelle est la nature précise du mouvement entre les points  $M_0$  et  $M_5$  ? Justifier.
- 2-** Donner les caractéristiques du vecteur vitesse à l'instant  $t_1$  puis le représenter à l'échelle : 1 cm pour 1m/s.
- 3-** Arrivé au point  $M_5$ , le mobile d'écrit un arc de cercle de rayon  $R$  et va jusqu'au point  $M_{10}$ .
- 3.1-** Déterminer le centre  $I$  et le rayon  $R$  de la trajectoire.
- 3.2** Mesurer l'angle  $\theta$  formé par les rayons passant par  $M_5$  et  $M_9$ .
- 3.3-** En déduire la vitesse angulaire  $\omega$  ; la vitesse moyenne  $V_m$  ; la période  $T$  ainsi que la fréquence  $N$  du mouvement.
- 3.4-** Le vecteur vitesse de cette phase est-il constant ? Justifier.

### EXERCICE 10

Un mobile est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme dans un plan muni d'un repère orthonormé  $(Ox, Oy)$ . A l'aide d'un chronomètre on détermine les dates  $t_0=0s$ ,  $t_1=1s$  et  $t_2$  de passage du mobile respectivement par les points  $M_0(x_0,y_0)$ ,  $M_1(x_1,y_1)$  et  $M_2(x_2,y_2)$ . Les coordonnées du vecteur vitesse sont :  $(v_x= 0,8m/s ; v_y= 0,6m/s)$ . On donne  $x_1=1m ; y_1=0,5m ; x_2=2m$ .

- 1-** Définir la vitesse instantanée et donner sa différence entre la vitesse moyenne.
- 2-** Donner les caractéristiques du vecteur vitesse instantanée.
- 3-** Placer le point  $M_1$  dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  et représenter le vecteur vitesse au point  $M_1$ .  
Echelle : 1cm  $\rightarrow$  0,5m ; 1cm  $\rightarrow$  0,5 m/s.
- 4-** En déduire l'emplacement de  $M_0$  ( $t_0=0s$ ) et  $M_2$ . En déduire la valeur de  $t_2$ .

### EXERCICE 11

Un mobile  $M$  décrit un mouvement circulaire uniforme sur une trajectoire de diamètre  $D = 6$  cm à la vitesse angulaire  $\omega$  dans le sens positif trigonométrique. A  $t_0 = 0$  s le mobile  $M$  occupe la position d'abscisse angulaire  $\theta_0$ . L' équation horaire de son abscisse angulaire est donnée par l'expression :

$$\theta(t) = 2\pi.t + \frac{\pi}{4}$$

- 1-** Définir les termes suivants : mouvement circulaire uniforme (MCU) ; période  $T$  du mouvement.
- 2-** Déduire de l'équation horaire, la vitesse angulaire  $\omega$  du mobile  $M$  et l'abscisse angulaire à l'instant initial. Calculer la période  $T$  du mouvement.
- 3-** Représenter la trajectoire de ce mobile à l'échelle  $\frac{1}{3}$  (1 cm  $\longrightarrow$  3cm). Placer le point  $M_0$  occupé par le mobile à l'instant  $t_0$ .

**4-** Donner les caractéristiques de la vitesse  $\vec{V}_1$  de ce mobile à l'instant  $t_0$ . Représenter  $\vec{V}_1$  à l'échelle  
 $1\text{cm} \longrightarrow 5 \cdot 10^{-1} \text{m/s}$ .

**5-** Déterminer la distance parcourue par le mobile M à l'instant  $t_1 = \frac{1}{4} \text{s}$ .

## D – CORRIGE DES EXERCICES

### EXERCICE 1

A La table est disposée horizontalement

M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>
•	•	•	•	•	•	•	•	•
t <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>8</sub>

- 1) On vérifie que les points matérialisant les positions successives du mobile sont alignés  
La trajectoire est une droite
- 2) Le mouvement est rectiligne uniforme car la trajectoire est une droite et les espaces parcourus pendant des intervalles de temps égaux à 20 ms sont égaux
- 3) Vitesse moyenne entre t<sub>0</sub> et t<sub>8</sub> puis entre t<sub>2</sub> et t<sub>4</sub>

$$V_{M_0M_8} = \frac{M_0M_8}{t_8 - t_0} = \quad ; \quad V_{M_2M_4} = \frac{M_2M_4}{t_4 - t_2} = \quad = V_{M_0M_8}$$

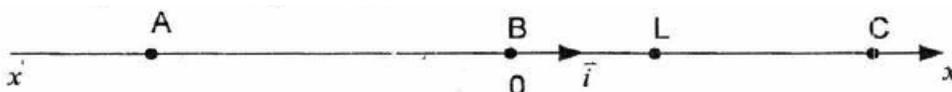
- 4) Le vecteur vitesse en M<sub>3</sub> a comme support la trajectoire et est orienté dans le sens M<sub>0</sub>M<sub>8</sub>

B) La est maintenant inclinée

M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>
•	•	•	•	•	•	•	•
t <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>7</sub>

- 1) La trajectoire est une droite
- 2) La vitesse moyenne : on procède comme en A 3)
- 3) Le vecteur-vitesse : procéder comme en A 4)

### EXERCICE 8



- 1-** Il faut forcément choisir un référentiel quand on étudie le mouvement d'un corps du fait de la relativité du mouvement.

Le référentiel terrestre est la terre prise comme corps de référence pour étudier un mouvement.

2- Le mobile se dirige vers A. justification : la vitesse algébrique de C étant négative ce mobile se dirige dans le sens contraire de l'axe OX

2- A l'instant  $t_0 = 0$ s,

$$x_{0A} = -200 ; \quad x_{0B} = 0 \quad \text{et} \quad x_{0C} = 200.$$

3- Les équations horaires

Il s'agit de mouvements sont rectilignes uniformes ; d'où l'équation générale

$$x = Vt + x_0$$

$$\text{Ainsi on a : } x_A(t) = V_A t + x_0(A) = -200 + 10 t$$

$$x_B(t) = 2,5 t$$

$$\text{et } x_C(t) = 2 t + 200$$

4- La date d'arrivée du mobile B au lieu L

$$x_B(t) = 2,5 t = 50 \quad ; \quad \text{on en tire } t = 20 \text{ s}$$

5- Vitesse de A

$$x_A(t) = V_A t + x_0(A) = 50 \quad ; \quad \text{avec } t = 20 \quad ; \quad \text{on en tire } V_A = 15 \text{ m/s}$$

6- Date de croisement de C et A et abscisse du point de rencontre

$$x_A(t) = x_C(t) \quad ; \quad \text{d'où } -200 + 10 t = 2 t + 200 \quad ; \quad t = 50$$

$$x_A(t) = \mathbf{300 \text{ m}}$$

## EXERCICE 11

On donne l'expression de l'abscisse angulaire :  $\theta(t) = 2\pi.t + \frac{\pi}{4}$

1- Définitions des termes

- Mouvement circulaire uniforme : mouvement dont la trajectoire est un cercle, qui s'effectue dans le même sens et tel que la norme du vecteur vitesse est constante.
- Période T : c'est l'intervalle de temps le plus petit durant lequel la grandeur reprend la même valeur.

2- La vitesse angulaire  $\omega$  du mobile M

La vitesse angulaire  $\omega$  est la dérivée par rapport au temps de l'élongation angulaire  $\theta(t)$

$$\text{Si } \omega = \frac{d\theta}{dt} = 2\pi$$

L'abscisse angulaire à l'instant initial.  $\theta(0) = \frac{\pi}{4}$

La période T du mouvement.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 1 \text{ s}$$

3 Tenant compte de l'échelle, la trajectoire est représentée sur la copie par un cercle de rayon  $\frac{6}{3} = 2 \text{ cm}$

---

## CHAPITRE P 9 GENERALITES SUR LES FORCES

### A-OBJECTIFS

Identifier certaines interactions entre objets

Distinguer interaction de contact et interaction à distance.

Identifier une force par ses effets.

Rappeler les caractéristiques d'une force.

Définir un système

Etre capable de représenter une action mécanique par un vecteur force  
Savoir énoncer le principe d'interaction  
Savoir utiliser le principe d'interaction

## B - L'ESSENTIEL DU COURS

Une action mécanique s'exerçant sur un objet est susceptible de :

- le déformer
- le mettre en mouvement
- modifier son mouvement ( trajectoire et vitesse)
- il existe des actions mécaniques localisées ou réparties ( en surface ou en volume)
- Une action mécanique localisée est modélisable par un vecteur force dont les caractéristiques sont :
  - Sa direction ou droite d'action
  - Son sens
  - Sa valeur mesurée en newton(symbole :N)
  - Son point d'application

### Interaction

- Lorsque un objet  $\{A\}$  agit sur un objet  $\{B\}$ , alors l'objet  $\{B\}$  agit sur l'objet  $\{A\}$
- Principe d'interaction

Lorsque un objet  $\{A\}$  exerce sur un objet  $\{B\}$  une action mécanique modélisée par la force  $\vec{F}_{A \rightarrow B}$ , l'objet  $\{B\}$  exerce sur l'objet  $\{A\}$  une action mécanique modélisée par la force  $\vec{F}_{B \rightarrow A}$

**Que les objets soient au repos en mouvement, les forces  $\vec{F}_{A \rightarrow B}$  et  $\vec{F}_{B \rightarrow A}$  ont la même intensité, la même droite d'action et sont telles que  $\vec{F}_{A \rightarrow B} = - \vec{F}_{B \rightarrow A}$**

### Bilan des forces

Seules les forces extérieures interviennent dans le mouvement d'ensemble d'un système, car les forces intérieures s'annulent deux à deux.

## C - EXERCICES

### EXERCICE 1

**1-** On considère deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  d'intensité  $F_1= 2\text{N}$  et  $F_2= 4\text{N}$  dont les directions font entre elles un angle  $\alpha= 120^\circ$ .

**1. a-** Représenter  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  à l'échelle  $1\text{cm} \longrightarrow 1\text{N}$ .

**1. b-** Déterminer graphiquement puis par le calcul, l'intensité de la force  $\vec{F}$  telle que  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F} = \vec{O}$ .

**2-** Soient deux forces  $\vec{F}_3$  et  $\vec{F}_4$  de même intensité et dont les directions font entre elles un angle  $\beta= 60^\circ$ . Déterminer l'intensité commune sachant que l'intensité de leur résultante  $\vec{F}^*$  est de  $17,3\text{N}$ .

### EXERCICE 2

On considère trois forces  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  et  $\vec{F}_3$  appliquées à l'origine 0 d'un repère  $(0, \vec{i}, \vec{j})$ . Ces forces sont caractérisées par:  $F_1=35\text{ N}$  ;  $F_2=25\text{ N}$  ;  $\vec{F}_3=\vec{F}_1+2\vec{F}_2$  ;  $(\vec{i}, \vec{F}_1) = 60^\circ$  et  $(\vec{j}, \vec{F}_2) = 30^\circ$ .

1/ Représenter  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  et  $\vec{F}_3$ . On prendra comme échelle: 1 cm  $\rightarrow$  10 N.

2/ En déduire graphiquement la norme de la force  $\vec{F}_3$  et l'angle  $(\vec{i}, \vec{F}_3)$ .

3/ Déterminer par le calcul, l'intensité de la force  $\vec{F}_3$ .

### EXERCICE 3

Dans un repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ , l'unité de l'intensité étant le Newton, on donne les deux

forces suivantes :  $\vec{F}_1 = 2\vec{i} - 3\vec{j}$  et  $\vec{F}_2 = -\vec{i} - 2\vec{j}$

1°) Représenter  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ . Calculer la norme de chaque force, les angles  $(\vec{i}, \vec{F}_1)$  et  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$

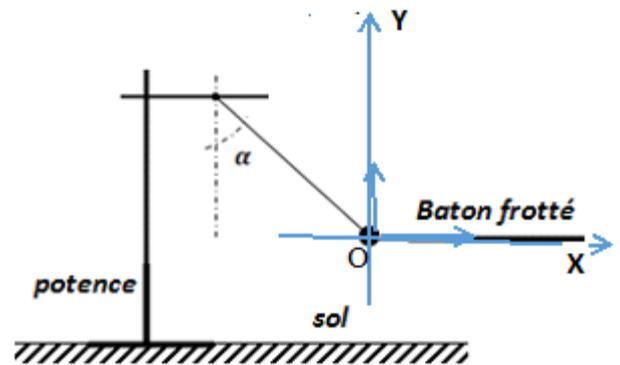
2°) Tracer  $\vec{F} = 2\vec{F}_1 + 4\vec{F}_2$ , déterminer graphiquement et par le calcul la norme F et

H l'angle  $(\vec{i}, \vec{F})$ .

### EXERCICE 4

Un pendule est constitué d'une boule métallique légère de masse m attachée à un fil de masse négligeable dont l'autre extrémité est fixée à une potence.

Lorsqu'on approche un bâton de verre frotté avec de la laine, le pendule s'incline d'un angle  $\alpha=30^\circ$  par rapport à la verticale (*voir figure*).



**1-** Représenter qualitativement (sans tenir compte d'une échelle) toutes les forces extérieures qui s'exercent sur la boule métallique. Préciser pour chaque cas s'il s'agit d'une force de contact ou à distance.

**2-** Donner les expressions des coordonnées des forces dans un repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ .

**3-** On donne l'intensité du poids  $P = 2\text{N}$ . Déterminer les intensités des autres forces sachant que la somme vectorielle des forces est égale au vecteur nul

**4-** Considérons maintenant le système (**boule +fil**). Faire le bilan des forces extérieures et les représenter dans un autre schéma.

### Exercice 5 : Interaction aimant-barre de fer

On considère un aimant droit, de masse  $m = 20\text{g}$  placé sur une barre de fer collée sur un support de direction oblique telle que l'indique la figure.1 ci-contre.

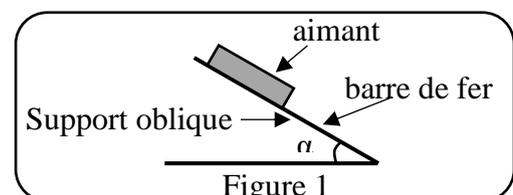
1- Définir toutes les forces agissant sur l'aimant.

2- Pour chacune des forces précédentes, dire s'il s'agit :

2.1- d'une interaction de contact ou à distance ;

2.2- d'une force localisée ou répartie.

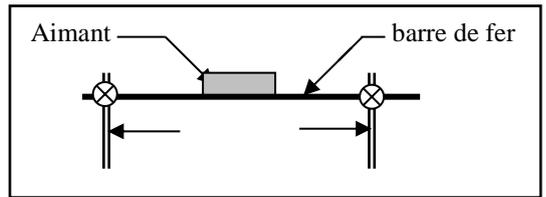
3- On note par  $\vec{F}$ , la force exercée par la Terre sur l'aimant.



Préciser toutes les caractéristiques de cette force. La représenter sur la figure.1 que l'on aura reproduit.

Echelle : F  $\longleftrightarrow$  5 cm.

4. On isole le système aimant-barre de fer que l'on dispose horizontalement (figure.2). Soit  $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$  la force exercée par l'aimant sur la barre de fer et soit  $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$  la force exercée par la barre de fer sur l'aimant.



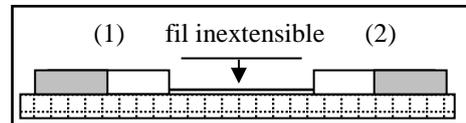
4.1- Etablir une relation vectorielle entre ces deux forces.

4.2- Etablir la relation entre les intensités de ces deux forces.

4.3- Représenter sur la figure.2 ces deux forces sachant que  $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$  mesure 3 cm.

**Exercice 6 :** Interaction entre deux aimants reliés par un fil

Deux aimants droits identiques dont les faces sud sont en regard, sont reliés par un fil inextensible et déposés sur un support horizontal poli et lubrifié (figure ci-contre). Le fil reste tendu. On dispose d'une boîte d'allumettes et d'un fil élastique de même longueur que le fil inextensible.



1- Proposer deux expériences simples permettant de montrer que les aimants sont en interaction en utilisant séparément les deux fils.

2- Quel effet de la force d'interaction se manifeste dans l'expérience utilisant :

2.1- le brin d'allumettes enflammé ?

2.2- le fil élastique.

3- Représenter, lorsque les deux fils sont reliés par le fil inextensible, toutes les actions s'exerçant sur le système aimant (1) – fil – aimant (2) puis sur le système aimant (2) sans considération d'échelle dans les deux cas.

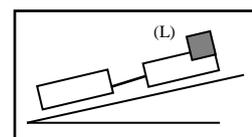
3.1- Le système aimant (1) – fil – aimant (2) est maintenant placé sur un support horizontal dont on ignore le caractère lisse ou rugueux. On brûle le fil : aucun effet dynamique n'est observé.

3.2- Expliquer pourquoi les deux aimants ne partent pas vers des sens opposés comme dans le cas des expériences proposées au 1- Préciser la nature (lisse ou rugueux) du support.

3.3- Représenter alors toutes les forces s'exerçant sur le chaque aimant.

**Exercice 7:** Bilan des forces agissant sur un système

Une locomotive (L) tracte un wagon (W) sur des rails faiblement inclinés d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale (figure ci-contre). Les forces de contact exercées par les rails sur les roues motrices de la locomotive sont inclinées vers l'avant et les forces de contact exercées par les rails sur les roues du wagon sont inclinées vers l'arrière.



On suppose, par ailleurs que les actions exercées par l'air sur la locomotive et sur le wagon sont modélisées par deux forces horizontales (l'une de valeur  $F_L$  agissant sur la locomotive et l'autre de valeur  $F_W$  agissant sur le wagon) .

1- On choisit le système locomotif (L).

1.1- Préciser les systèmes avec lesquels la locomotive est en interaction de contact / en interaction à distance.

1.2- Représenter sans considération d'échelle, les forces appliquées a la locomotive.

2- On choisit le système wagon (W). Répondre aux mêmes questions 1-

3- On choisit en fin le système global locomotive – wagon.

Répondre aux mêmes questions en 2- .

## D - CORRIGE DES EXERCICES

**EXERCICE 3** : 1-  $\|\vec{F}_1\| = \sqrt{13}$  et  $\|\vec{F}_2\| = \sqrt{5}$  ;  $\cos(\widehat{\vec{F}_1, \vec{i}}) = \frac{2}{\sqrt{5}}$  et  $\cos(\widehat{\vec{F}_1, \vec{F}_2}) = \frac{4}{\sqrt{65}}$

2-  $\|\vec{F}\| = 14$  et  $(\widehat{\vec{F}, \vec{i}}) = 90^\circ$

### EXERCICE 4

4-1- Système boule : les forces extérieures

- Force électrostatique due au bâton frotté  $\vec{F}_e$  : force à distance
- Le poids de la boule ( due à l'attraction terrestre)  $\vec{P}$  : force à distance
- La tension du fil  $\vec{T}$  : force de contact

4-2 – Dans le repère donné :  $\vec{F}_e = F_e \vec{i} + 0\vec{j}$  ;  $\vec{T} = -T \sin \alpha \vec{i} + T \cos \alpha \vec{j}$  et  $\vec{P} = 0 \vec{i} - P \vec{j}$

4-3-  $T = \frac{P}{\cos \alpha}$  et  $F_e = P \cdot \tan \alpha$

4-4 – Système boule +fil : Forces extérieures :  $\vec{F}_e$  ,  $\vec{P}$  et  $\vec{R}$  : réaction au point d'attache du fil sur la potence

# CHAPITRE P10

# POIDS ET MASSE –

## RELATION ENTRE POIDS ET MASSE

### A – OBJECTIFS

- Déterminer les valeurs de la masse d'un corps solide ou liquide ;
- Donner des valeurs de la masse volumique ;
- Déterminer la masse d'un corps par la double pesée ;
- Déterminer le volume d'un solide de forme quelconque par le déplacement de liquide
- Utiliser la relation  $\rho = \frac{m}{V}$  (entre la masse, le volume et la masse volumique) ;
- Déterminer la densité relative d'un solide ou liquide ;
- Définir le poids d'un corps ;
- Déterminer les caractéristiques du poids d'un corps ;
- Faire la représentation vectorielle du poids d'un corps ;
- Déterminer l'intensité de pesanteur à l'aide d'une expérience ;
- Déterminer les caractéristiques du vecteur champ de pesanteur ;
- Utiliser la relation entre le poids et la masse ;

### B – L'ESSENTIEL DU COURS

La masse d'un corps caractérise la quantité de matière contenue dans ce corps. Elle caractérise aussi la "résistance" que ce corps oppose à la modification de son état de repos ou de mouvement.

Pour un corps donné la masse est constante

La masse est une grandeur mesurable.

L'unité internationale de masse est le *kilogramme* (kg).

Le poids d'un objet peut être assimilé à la force d'attraction que la terre exerce sur cet objet.

Le poids est évidemment une force à action non localisée : le poids d'un objet est réparti dans tout le volume de l'objet.

Le poids est une force à distance (force de champ)

Le poids d'un objet est une force verticale. Nous représentons cette force par un vecteur  $\vec{P}$  (vecteur poids) appliqué au centre de gravité de l'objet.

En un lieu le poids d'un objet est proportionnel à sa masse.  $\frac{P_{(A)}}{m} = g_{(A)} \Leftrightarrow P_{(A)} = m \cdot g_{(A)}$

$g$  est appelé intensité de pesanteur du lieu considéré (A),  $g$  varie avec l'altitude et la latitude.

La masse volumique d'un gaz est la masse de l'unité de volume de ce gaz.

Dans le système international la masse volumique est exprimée en  $\text{kg/m}^3$

La densité d'un gaz par rapport à l'air est le rapport de la masse  $m$  d'un volume du gaz à la masse  $m'$  d'un égal volume d'air pris dans les mêmes conditions de température et

de pression  $d = \frac{m}{m'}$ . La densité d'un gaz par rapport à l'air peut s'écrire aussi :  $d = \frac{\mu}{\mu'}$

Elle s'exprime aussi par :  $d = \frac{M}{29}$  avec  $M$  masse molaire du gaz

## C – EXERCICES

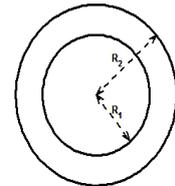
### EXERCICE 1

**1-** La masse  $m$  d'un cylindre plein en cuivre est déterminée par double pesée. On obtient successivement  $M = 670$  g et  $M' = 1350$  g. Ce cylindre en cuivre a un diamètre  $d = 4$  cm et une hauteur  $h = 6$  cm.

**1.1-** Que représente chacune de ces valeurs ? En déduire la masse  $m$  du cylindre.

**1.2-** Calculer, en  $\text{kg/m}^3$ , la masse volumique du cuivre. En déduire sa densité.

**2-** On considère une couronne assimilable à un cylindrique homogène de rayon intérieur  $R_1 = 10$  cm, de rayon extérieur  $R_2 = 20$  cm et de hauteur  $h = 5$  cm (voir figure ci-contre).



La masse volumique de la substance constituant la couronne est  $\rho = 7800$   $\text{kg/m}^3$ .

**2.1-** Déterminer la masse et l'intensité du poids de cette couronne.

**2.2-** Calculer l'intensité de la poussée d'Archimède  $\vec{F}$  qui s'exerce sur cette couronne dans l'air.

**2.3-** En déduire qu'on peut négliger l'intensités de  $\vec{F}$  devant celle du poids dans l'air.

**N.B-** On rappelle que le volume d'un cylindre de rayon  $r$  et de hauteur  $h$  est donné par la formule  $V = \pi r^2 h$  ; masse volumique de l'air :  $\rho_0 = 1,3$   $\text{kg/m}^3$ .

### EXERCICE 2 La couronne du roi Hiéron : couronne en or ou en alliage or-argent ?

Au III<sup>e</sup> siècle avant J.C, **Hiéron II (306-215)** roi de Syracuse avait confié à un orfèvre, une certaine quantité d'or pour en faire une couronne. Soupçonnant l'orfèvre d'avoir remplacé une partie de l'or par de l'argent, Hiéron chargea le savant grec Archimède de vérifier s'il y avait fraude ou non sans détruire la couronne. Archimède réussit.

**Données :** masse de la couronne :  $m_c = 482,5$  g ; volume de la couronne  $V_c = 29,1$   $\text{cm}^3$  ; masse volumique de l'or :  $\rho_o = 19,3$   $\text{g/cm}^3$  ; masse volumique de l'argent :  $\rho_a = 10,5$   $\text{g/cm}^3$  ;

**1-** Montrer qu'il y a bel et bien fraude.

**2-** Soient  $m_o$  et  $m_a$  respectivement les masses d'or et d'argent contenues dans la couronne. On note de même par  $V_o$  et  $V_a$  respectivement les volumes occupés par l'or et l'argent dans la couronne.

a) Etablir une relation entre  $m_o$ ,  $m_a$  et  $m_c$  puis entre  $m_o$ ,  $m_a$ ,  $\rho_o$ ,  $\rho_a$  et  $V_c$ .

b) Résoudre le système d'équations précédent pour déterminer  $m_o$  et  $m_a$ .

**N.B-** On admettra que le volume de l'alliage est égal à la somme des volumes des métaux qui le constituent.

### EXERCICE 3

La masse volumique de la glace est  $917$   $\text{kg.m}^{-3}$ .

**1-** Déterminer le volume de glace qu'il faut faire fondre pour recueillir un litre d'eau liquide.

**2-** Ce litre d'eau est chauffé et transformé intégralement en vapeur de masse volumique  $0,6$   $\text{g.L}^{-1}$  dans les conditions de l'expérience. Déterminer le volume occupé par la vapeur d'eau.

#### EXERCICE 4

L'intensité de la pesanteur varie avec l'altitude  $h$  selon la relation  $g = g_0 \frac{R^2}{(R+h)^2}$  où  $R$  est le rayon de la terre et  $g_0$  l'intensité de la pesanteur au sol.

**1-** Quelle est la valeur de l'intensité de la pesanteur  $g$  à l'altitude  $h = 300 \text{ km}$  ? L'intensité de la pesanteur augmente-t-elle ou diminue-t-elle lorsque l'altitude  $h$  augmente ?

**2-** L'intensité du poids d'un corps au niveau du sol est  $P_0 = 10^3 \text{ N}$ . Déterminer l'intensité du poids à l'altitude  $h = 300 \text{ km}$ .

**3-** Déterminer l'altitude  $h_1$  qu'il faut atteindre pour que l'intensité du poids du corps vaut

**4-**  $P_1 = 0,01P_0$ .

**4-** Un engin spatial a une masse  $m = 1$  tonne.

**4.a-** Calculer l'intensité de son poids au niveau de la surface terrestre.

**4.b-** On veut que l'engin ait, à l'altitude  $300 \text{ km}$ , le même poids qu'au sol.

- Faudra-t-il ajouter ou enlever une masse ?
- Déterminer cette masse On prendra :  $R = 6400 \text{ km}$  ;  $g_0 = 9,8 \text{ N/kg}$ .

#### EXERCICE 5

Pour réaliser un dynamomètre à l'aide d'un ressort on effectue un étalonnage.

Pour cela le ressort est suspendu à un point fixe par une des extrémités, et l'extrémité libre porte un index qui se déplace devant une règle graduée maintenue verticalement par un support fixe. On accroche, à l'extrémité libre, différentes «masses marquées» et on lit les indications correspondantes sur la règle graduée.

On obtient :

m(kg)	0	0,20	0,40	0,80	1,20	1,60	2,00
x(cm)	0	2,6	5,2	10,7	16,0	21,5	26,5
T(N)							

**1-** Faire le bilan des forces s'exerçant sur la masse  $m$ .

**2-** Quelle relation lie les forces s'exerçant sur celle-ci pendant chaque opération? Justifier.

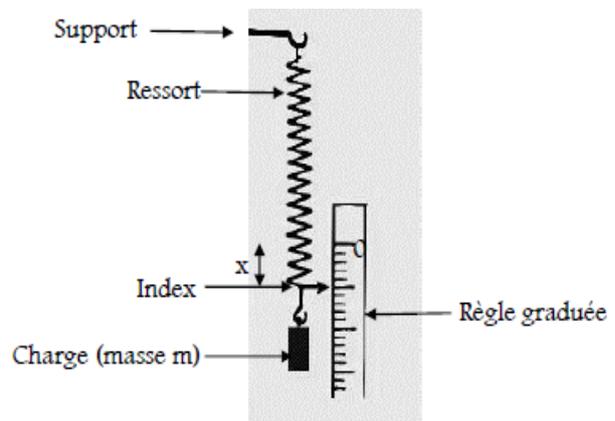
**3-** En déduire l'expression la valeur de  $T$  en fonction de  $m$  et  $g$ .

**4-** Compléter le tableau en donnant les valeurs de  $T$ .

**5-** Construire le graphe  $T = f(x)$  à l'échelle :  $1 \text{ cm} \rightarrow 2 \text{ N}$  et  $1 \text{ cm} \rightarrow 2 \text{ cm}$ .

**6-** Etablir la relation numérique entre  $T$  et l'allongement  $x$ . En déduire la valeur de la constante de raideur  $k$  de ce ressort.

**7-** Déterminer graphiquement et par le calcul l'intensité  $T_1$  de la tension du ressort quand il est allongé de  $6 \text{ cm}$



#### EXERCICE 6

**1-** La longueur d'un ressort mesure  $11 \text{ cm}$  et  $15 \text{ cm}$  respectivement sous l'action de  $0,5 \text{ kg}$  et  $2 \text{ kg}$ .

**1.a-** En déduire la constante de raideur du ressort et sa longueur à vide.

**1.b-** Pour quelle masse le ressort prend-t-il une longueur de  $17 \text{ cm}$  ?

**1.c-** Evaluer la longueur du ressort sous l'action d'une masse de 3kg.

**2-** Une bille en acier plonge entièrement dans une éprouvette contenant de l'huile moteur. Sur la bille au repos s'exercent les deux forces suivantes : son poids  $\vec{P}$  et la poussée d'Archimède  $\vec{F}$  qui est une force verticale orientée vers le haut, d'intensité  $F = \rho_h V_B g$  (relation où  $\rho_h$  est la masse volumique de l'huile moteur,  $V_B$  le volume de la bille et  $g$  l'intensité de la pesanteur).

**2.a-** Faire un schéma et représenter les deux forces appliquées à la bille.

**2.b-** Calculer l'intensité de chacune de ces forces. En déduire qu'on ne peut pas négliger l'intensité de  $\vec{F}$  dans l'huile moteur devant celle du poids.

**Données :** les masses volumiques :  $\rho_{\text{acier}} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  et  $\rho_h = 1,26 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  ; Rayon de la bille  $r = 1,5 \text{ mm}$  ; Volume de la bille  $V_B = \frac{4}{3} \pi r^3$  ;  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

### **EXERCICE 7**

Une boule en bois de masse  $m = 195 \text{ g}$  est suspendue à l'extrémité inférieure d'un ressort. Cette boule est immergée dans l'eau jusqu'au  $\frac{1}{3}$  de son volume total, comme l'indique la figure ci-contre (*voir figure*).

**1-** A l'équilibre, le ressort, de masse négligeable et de constante de raideur  $k = 50 \text{ N.m}^{-1}$ , s'allonge de  $x = \Delta l = 1,9 \text{ cm}$ .

**1.a-** Calculer la valeur de la tension du ressort.

**1.b-** Représenter les forces qui s'exercent sur la boule.

**1.c-** Ecrire la condition d'équilibre de la boule. En déduire la valeur de la poussée d'Archimède s'exerçant sur cette boule.

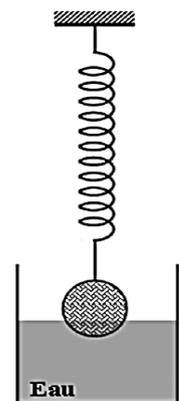
**1.d-** Déterminer le volume de la boule.

**1.e-** Déterminer la densité du bois.

**2-** Le ressort est coupé brusquement de son extrémité inférieure.

**2.a-** Déterminer le nouveau volume immergé  $V_i'$  de la boule.

**2.c-** La boule sera-t-elle complètement immergée ? Justifier.



### **EXERCICE 8**

Une médaille de forme cylindrique de rayon  $r = 1 \text{ cm}$  et d'épaisseur  $e = 1 \text{ mm}$  a une masse  $m = 4,1 \text{ g}$ . Cette médaille est constituée d'un alliage d'or et de cuivre de masses volumiques respectives :  $\rho_{\text{or}} = 19300 \text{ kg/m}^3$  et  $\rho_{\text{Cu}} = 8900 \text{ kg/m}^3$ .

**1-** Calculer le volume  $V$  de cette médaille. En déduire sa masse volumique.

**2-** Soient  $V_{\text{or}}$  et  $V_{\text{Cu}}$  respectivement les volumes occupés par l'or et le cuivre dans la médaille.

**2.a** Etablir une relation entre  $V_{\text{or}}$ ,  $V_{\text{Cu}}$  et  $V$  puis entre  $\rho_{\text{or}}$ ,  $\rho_{\text{Cu}}$ ,  $V_{\text{or}}$ ,  $V_{\text{Cu}}$  et  $m$ .

**2.b** Résoudre le système d'équations précédant pour déterminer  $V_{\text{or}}$  et  $V_{\text{Cu}}$ .

**2.c** Calculer le pourcentage volumique du cuivre et de l'or dans l'alliage.

**3-** Calculer la masse  $m_{\text{or}}$  d'or et  $m_{\text{Cu}}$  de cuivre que contient la médaille.

**N.B:**

- On rappelle que le volume d'un cylindre de rayon  $r$  et de hauteur  $h$  est donné par la formule  $V = \pi r^2 h$ .
- On admettra que le volume de l'alliage est égal à la somme des volumes des métaux qui le constituent.

## D - CORRIGE DES EXERCICES

### EXERCICE 4

**1-** La valeur de l'intensité de la pesanteur  $g$  à l'altitude  $h = 300$  km

On calcule  $g$  par la relation  $g = g_0 \frac{R^2}{(R+h)^2}$  on obtient  $g$

L'intensité de la pesanteur diminue lorsque l'altitude  $h$  augmente.

**2-** L'intensité du poids d'un corps au niveau du sol est  $P_0 = 10^3$  N.

L'intensité du poids à l'altitude  $h = 300$  km. :

On a  $P = P_0 \frac{R^2}{(R+h)^2}$

**5-** Altitude  $h_1$  qu'il faut atteindre pour que l'intensité du poids du corps vaut  $0,01P_0$

On a  $P_1 = P_0 \frac{R^2}{(R+h)^2} = 0,01P_0$ . d'où  $\frac{R^2}{(R+h)^2} = 0,01$  on en tire  $h_1$

**4-**

**4.a-** Intensité de son poids au niveau de la surface terrestre

$P = mg_0 = 980$  N

**4.b-** Il faut ajouter une masse pour avoir le même poids puis que  $g$  diminue

Valeur de la masse :  $P = (m+m')g = mg_0$  d'où  $(m+m')g_0 \frac{R^2}{(R+h)^2} = mg_0$ .

$(m'+m) \frac{R^2}{(R+h)^2} = m$  d'où l'on tire  $m'$

### EXERCICE 7

**1-** A l'équilibre, le ressort, de masse négligeable et de constante de raideur

$k = 50 \text{ N.m}^{-1}$ , s'allonge de  $x = \Delta l = 1,9$  cm.

**1.a-** La valeur de la tension du ressort.

$T = k \Delta l = 0,95$  N

**1.b-** Représentation des forces qui s'exercent sur la boule. Voir schéma

**1.c-** La condition d'équilibre de la boule.

$$\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = \vec{0}$$

La valeur de la poussée d'Archimède s'exerçant sur cette boule.

$F = P - T = 0,961$  N

**1.d-** Le volume de la boule.

On calcule d'abord le volume de la partie immergée  $F = \rho V_i g$  d'où  $V_i = \frac{F}{\rho g} = 98 \text{ cm}^3$

Le volume de la boule  $V = 3 V_i = 294 \text{ cm}^3$

**1.e-** La densité du bois.

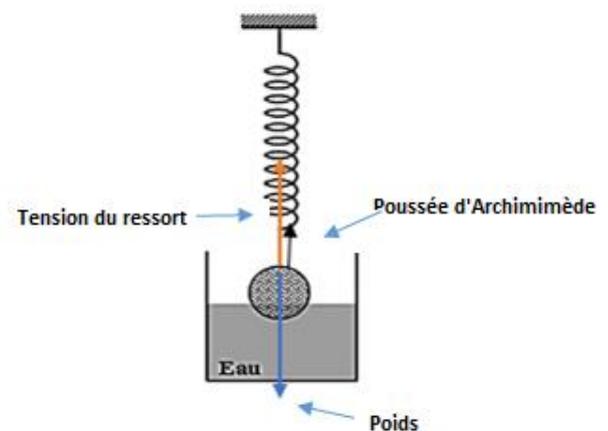
On calcule d'abord la masse volumique du bois  $\rho(\text{bois}) = \frac{m}{V} = 0,66 \text{ g/cm}^3$

Densité du bois  $d = 0,66$

**2-2.a-** Le nouveau volume immergé  $V_i'$  de la boule.

Sur la boule s'exercent le poids et la poussée d'Archimède

$F' = \rho V' g$  et  $P = 0,95$  N



A l'équilibre  $F' = P$  d'où  $V' = \frac{P}{\rho g} = 97 \text{ cm}^3$

**2-c-** La boule ne sera pas complètement immergée ; elle va flotter..

### **EXERCICE 8**

Le volume  $V$  de cette médaille

$$V = \pi r^2 e = 3,14 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

Sa masse volumique :  $\rho = \frac{m}{V}$  ;  $\rho = 1,3 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$

**2-**

**2-a** Les relations :

$$V_{\text{or}} + V_{\text{Cu}} = V \quad (1)$$

$$m(\text{Cu}) + m(\text{Au}) = m \quad \text{d'où l'on tire : } \rho_{\text{Cu}} V_{\text{Cu}} + \rho_{\text{or}} V_{\text{or}} = m \quad (2)$$

**2-b** Détermination de  $V_{\text{or}}$  et  $V_{\text{Cu}}$ .

La résolution du système d'équations 1 et 2 donne :  $V_{\text{Cu}} =$  et  $V_{\text{or}} =$

**2-c** Pourcentages volumiques

$$\text{Pour le cuivre : } \text{Cu}\% = \frac{V_{\text{Cu}}}{V} \times 100$$

$$\text{Pour l'or : } \text{Au}\% = \frac{V_{\text{or}}}{V} \times 100$$

$$3) \text{ La masse d'or : } m_{\text{or}} = \rho_{\text{or}} V_{\text{or}}$$

$$\text{La masse de cuivre } m_{\text{Cu}} = m - m_{\text{or}}$$

---

## **CHAPITRE P11 EQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS A DES FORCES NON PARALLELES**

### **A - OBJECTIFS**

Réaliser l'équilibre d'un solide à l'aide de forces non parallèles.

Ecrire la condition d'équilibre d'un solide soumis à des forces non parallèles.

Exploiter la condition d'équilibre d'un solide soumis à des forces non parallèles.

Appliquer la règle de composition des forces.

Déterminer les caractéristiques de quelques forces : force de tension d'un ressort, force de tension d'un fil, réaction d'un support, force de frottement.

## B – L'ESSENTIEL DU COURS

### Condition d'équilibre d'un solide soumis à deux forces ou trois forces

Lorsqu'un solide soumis à deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  est en équilibre, ces 2 forces ont même support, même intensité mais sont de sens contraires  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$ .

Lorsqu'un solide soumis à 3 forces  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  et  $\vec{F}_3$  est en équilibre

- les 3 forces sont coplanaires

- les 3 forces sont concourantes

- de plus la somme vectorielle de ces forces est nulle :  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$

Cette condition est nécessaire st non suffisante

### Cas des couples de forces

Un ensemble de deux forces  $\vec{F}$  et  $\vec{F}'$  de droites d'action parallèles de sens contraires et de même intensité constitue un *couple de forces*.

Si l'on applique aux deux forces  $\vec{F}$  et  $\vec{F}'$  d'un couple la règle de composition des forces parallèles et de sens contraire, on trouve que la résultante a une intensité nulle.

Cependant l'effet d'un couple sur le solide auquel il est appliqué n'est pas nul ;

Le couple de forces tend toujours à faire tourner le solide auquel il est appliqué.

Cet effet de rotation du couple est fonction de l'intensité commune des deux torées et de la distance des droites d'action des deux forces (CF chapitre 12)

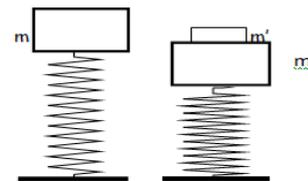
## C - EXERCICES

### EXERCICE 1

1- Un ressort (R) d'axe vertical de constante de raideur  $k=5.10^3\text{N/m}$  supporte un objet (S) de masse  $m=5\text{kg}$ .

Déterminer le raccourcissement du ressort. On prendra  $g=10\text{N/kg}$

2- Une surcharge de masse  $m'=1\text{kg}$  est posée sur (S). De combien varie le raccourcissement du ressort ?



### EXERCICE 2

Un iceberg de masse volumique  $\rho = 910\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a pour volume émergé  $V_e = 600\text{m}^3$ . La masse volumique de l'eau de mer vaut  $\rho_m = 1024\text{kg}/\text{m}^3$ .

1- Faire le bilan des forces appliquées à l'iceberg

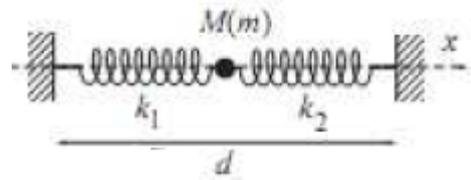
2- A partir de la condition d'équilibre de l'iceberg, établir une relation entre le volume immergé  $V_i$ , le volume émergé  $V_e$  et les masses volumiques  $\rho$  et  $\rho_m$ .

3- Calculer le volume immergé  $V_i$  de l'iceberg et sa masse.

### EXERCICE 3

Un anneau M de dimensions et de masse m négligeables est maintenu en équilibre par l'intermédiaire de deux ressorts (R<sub>1</sub>) et (R<sub>2</sub>).

Le ressort (R<sub>1</sub>) a pour longueur à vide  $\ell_{o1} = 20\text{cm}$ , sa constante de raideur  $k_1 = 20\text{N.m}^{-1}$ ; le ressort (R<sub>2</sub>) mesure à vide  $\ell_{o2} = 15\text{cm}$ , sa constante de raideur est  $k_2 = 10\text{N.m}^{-1}$ .

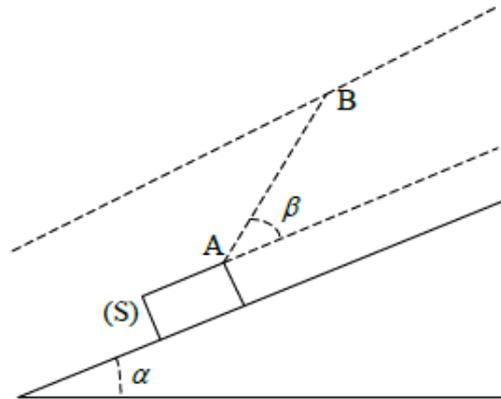


On tend l'ensemble de manière à avoir les deux ressorts horizontaux. La distance  $O_1O_2$  est alors  $d = 60\text{cm}$ .

Déterminer la tension des deux ressorts et leur allongement respectif.

#### **EXERCICE 4**

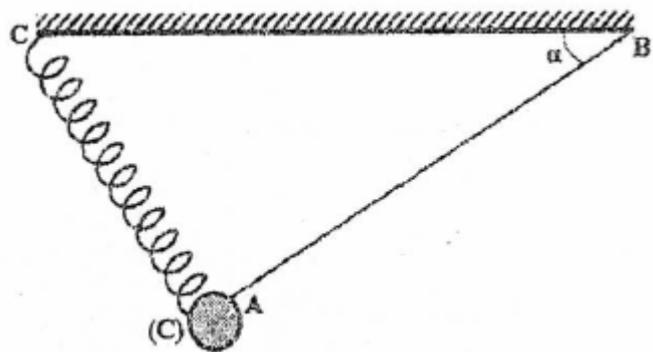
Un solide (S), homogène de masse 100 kg est maintenu en équilibre sur un plan incliné rugueux, par rapport à l'horizontale, d'un angle  $\alpha = 30^\circ$ . Le solide est relié à un câble par un fil AB faisant un angle  $\beta = 25^\circ$  avec la ligne de plus grande pente. Les forces de frottement sont modélisées par le vecteur  $\vec{f}$ , d'intensité  $f = 20\text{ N}$ , colinéaire au plan et dirigée vers le bas de la pente.



- 1- Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le solide (S) et représenter qualitativement (sans considération d'échelle) ces forces sur la figure.
- 2- Déterminer l'intensité de la tension du fil AB.
- 3- Déterminer l'intensité de la réaction du plan incliné et donner sa direction.

#### **EXERCICE 5**

On considère une bille (A), de masse  $m = 100\text{ g}$ , maintenue en équilibre par un fil AB inextensible de longueur  $L = 17,3\text{ cm}$  et un ressort de constante de raideur  $k = 20\text{ N/m}$  comme le montre la *figure*.



Lorsque la bille est en équilibre, on remarque que :

- Le ressort est perpendiculaire au fil tendu et sa longueur vaut  $\ell = 10\text{cm}$  ;
- Le fil AB est incliné d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale.

- 1- Faire le bilan des forces extérieures à la bille (A).
- 2- Reprendre le schéma de la *figure* et représenter qualitativement (sans considération d'échelle) ces forces extérieures.
- 3- Énoncer et écrire la condition d'équilibre de la bille.
- 4- En choisissant un système d'axes convenable, déterminer l'expression de l'intensité de la tension  $\vec{T}_f$  du fil AB et celle de l'intensité de la tension  $\vec{T}_r$  du ressort en fonction de m, g

et l'angle  $\alpha$ .

**5-** En s'appuyant sur le schéma de la *figure*, déterminer la valeur de l'angle  $\alpha$ .

**6-** En déduire la valeur de la tension  $\vec{T}_f$  du fil AB ainsi que l'allongement  $\Delta l$  et la longueur à vide  $l_0$  du ressort.

### EXERCICE 6

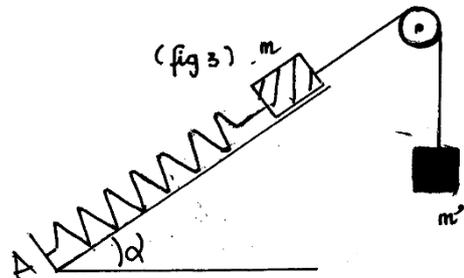
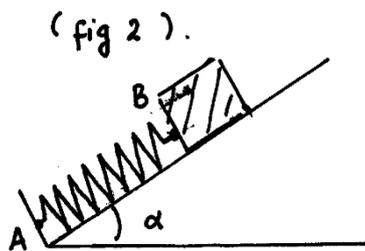
On considère le dispositif ci-dessous (*voir figure*). Un ressort de constante de raideur  $K=50N.m^{-1}$  est fixé en A. Un solide de masse  $m=1\text{ Kg}$  est accroché à l'extrémité B. L'axe du ressort est maintenu en équilibre suivant la ligne de plus grande pente d'un plan incliné de  $\alpha=45^\circ$  par rapport au plan horizontal.

**1-** Représenter les forces qui s'exercent sur le solide (les *frottements sont supposés nuls*).

**2-** Déterminer les intensités de ces forces. Calculer la diminution de longueur  $x$  du ressort.

**3-** On reprend le dispositif précédent en le modifiant comme le montre la figure 3. Le fil est inextensible de masse négligeable et passe sur la gorge d'une poulie (C).

Quelle doit être la valeur de  $m'$  pour que le ressort ne soit ni allongé ni comprimé ?



### EXERCICE 7

On considère l'équilibre schématisé à la figure ci-contre.

La poulie est sans frottement et le solide ( $S_1$ ) est posé sur un plan incliné d'un angle  $\alpha = 30^\circ$  par rapport à l'horizontal.

**1-** Représenter les forces extérieures qui s'exercent sur les solides ( $S_1$  et ( $S_2$ )).

**2-** Enoncer la condition d'équilibre pour le solide ( $S_1$ ) et pour le solide ( $S_2$ ).

En déduire que le plan incliné est lisse.

**3-** Déterminer la masse  $m_1$  du solide ( $S_1$ ) pour réaliser l'équilibre de l'ensemble ( $S_1$ ) et ( $S_2$ ) sachant que  $m_2=100g$ .

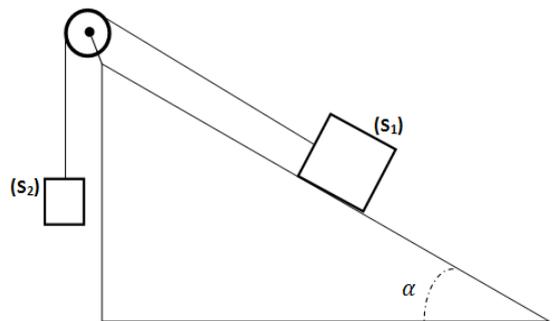
**4-** Déterminer l'intensité de chacune des forces appliquées aux solides ( $S_1$ ) et ( $S_2$ ).

### EXERCICE 8

**1-** La masse  $m$  d'un cylindre en cuivre est déterminée par double pesée. On obtient successivement  $M=670g$  et  $M'=1350g$ . Ce cylindre en cuivre a un diamètre  $d=4cm$  et une hauteur  $h=6cm$ .

**1.a-** Que représente chacune de ces masses. En déduire la masse  $m$  du cylindre.

**1.b-** Calculer, en  $kg/m^3$ , la masse volumique du cuivre.



**2-** Un ressort, à spires non jointives (ressort qui peut travailler en extension et en compression) a une longueur à vide  $\ell_0 = 20\text{cm}$  et une masse négligeable. Lorsqu'il est étiré, sa longueur est  $\ell_1 = 24\text{cm}$  pour une tension  $T_1 = 5\text{N}$ .

Déterminer sa nouvelle longueur  $\ell_2$  pour une tension  $T_2 = 12\text{N}$ .

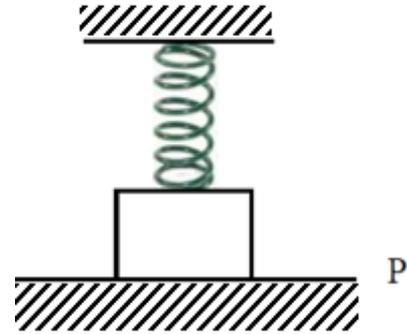
**3-** On accroche à ce ressort le cylindre précédant de masse  $m$  qui repose sur un plan lisse et horizontal  $P$  (voir figure). La longueur du ressort à l'équilibre vaut  $\ell = 10\text{cm}$ .

**3.a-** Le ressort est-il allongé ou comprimé ? Justifier.

**3.b-** Représenter qualitativement (sans considération d'échelle) les forces extérieures à ce cylindre.

**3.c-** Déterminer l'intensité de chacune de ces forces.

*N.B-* On rappelle que le volume d'un cylindre de rayon  $r$  et de hauteur  $h$  est donné par la formule  $V = \pi r^2 h$ .



### **EXERCICE 9**

Un solide (S) de masse  $m = 500\text{g}$  est accroché à un ressort de constante de raideur  $k = 100\text{N/m}$  et repose sans frottement sur une table inclinée d'un angle  $\alpha = 30^\circ$  par rapport à l'horizontale. L'axe du ressort est parallèle au plan incliné (voir figure ci-dessous)

**1-** Représenter qualitativement (sans soucis d'échelle) les forces suivantes :

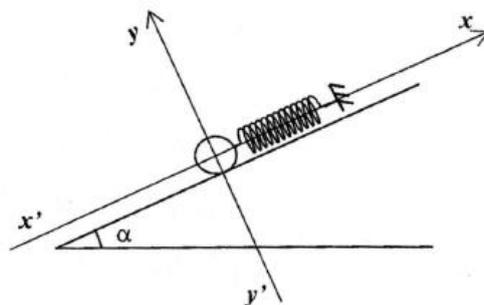
- La réaction  $\vec{R}$  que la table inclinée exerce sur le solide (S) ;
- La tension  $\vec{T}$  que le ressort exerce sur le solide (S) ;
- Le poids  $\vec{P}$  que la terre exerce sur le solide (S).

**2-** Quelle force devient une force intérieure lorsque l'on choisit comme système {solide (S)-table inclinée} ? Justifier.

**3-** Calculer l'intensité de la force de pesanteur.

**4-** Sachant que la somme vectorielle des forces est égale au vecteur nul ( $\vec{R} + \vec{T} + \vec{P} = \vec{0}$ ), déterminer l'intensité  $R$  de la réaction ainsi que l'allongement  $x$  du ressort.

**5-** En déduire la longueur à vide  $\ell_0$  du ressort sachant que la longueur vaut  $\ell = 22,5\text{cm}$ .



### EXERCICE 10

Une sphère homogène de rayon  $r = 12 \text{ cm}$  et de masse  $m = 2,5 \text{ Kg}$  est maintenue le long d'un mur parfaitement lisse ; par un fil AB de longueur  $L = 40 \text{ cm}$  et de masse négligeable (voir figure 1).

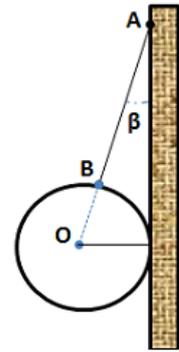


figure 1

- 1- Déterminer la masse volumique de la sphère. En déduire sa densité.
- 2- Montrer par le calcul que l'angle  $\beta$  que fait le fil avec le mur vaut  $13,3^\circ$ .
- 3- Faire le bilan des forces extérieures à la sphère et les représenter qualitativement.
- 4- Enoncer et écrire la condition d'équilibre de la sphère.
- 5- Déterminer l'intensité de chacune des forces.

N.B- On rappelle que le volume  $V$  d'une sphère de rayon  $r$  est donné par la formule  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

**EXERCICE 11** Un solide (S) de poids  $P$  glisse sur un support oblique AB (figure 2).

La partie AC de ce plan est rugueuse et la partie CB lisse.

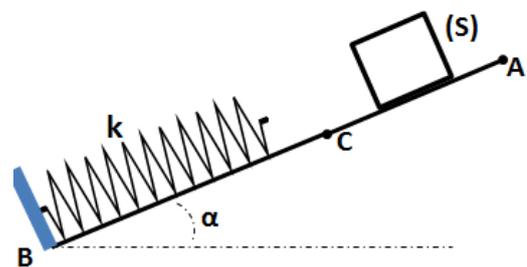


figure 2

1- Le solide S s'arrête entre A et C.

1.a- Représenter les forces qui s'exercent sur le solide (S).

1.b- Exprimer les composantes tangentielle  $f$  et normale  $R_n$  de la réaction du plan AC en fonction de  $P$  et  $\alpha$ .

2- On déplace le solide S et on le pose sur le plan CB au-delà du point C (figure 2). Il glisse puis se met en contact avec un ressort de constante de raideur  $k = 50 \text{ N/m}$ . Le solide S s'immobilise alors quand le ressort est comprimé d'une quantité  $x = 8 \text{ cm}$ .

2.a- Représenter les forces s'exerçant sur le solide S dans ce nouvel état d'équilibre.

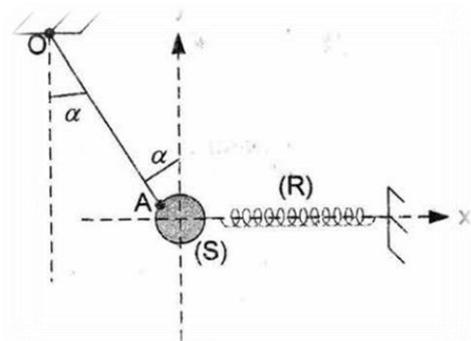
2.b- Exprimer l'intensité de la force exercée par le ressort sur S en fonction de  $P$  et  $\alpha$ .

2.c- Considérant les résultats des questions 1.b) et 2.b), exprimer l'intensité  $f$  des forces de frottement du plan AC en fonction de  $x$  et de  $k$ .

2.d- Calculer dans l'ordre  $f$ ,  $R_n$ , la réaction  $R$  du plan AC. En déduire la masse  $m$  du solide S.

### EXERCICE 12

On cherche à déterminer la masse  $m$  et le volume  $V$  d'un solide (S). Pour cela un groupe d'élèves propose de l'accrocher à un fil inextensible OA et à un ressort horizontal (R de constante de raideur  $k = 150 \text{ N/m}$  (voir figure).



1- Si on choisit comme système le solide (S), reproduire la figure et y représenter qualitativement : la force  $\vec{T}_1$  exercée par le ressort sur le solide ; la force  $\vec{T}_2$  exercée par le fil OA sur le solide et la force  $\vec{P}$  exercée par la terre sur le solide.

2- L'intensité de la force exercée par le fil OA sur le solide (S) est  $T_2 = 15 \text{ N}$  et l'angle que fait le fil avec la verticale est  $\beta = 60^\circ$ . En travaillant dans le repère indiqué sur la figure et en

admettant que la somme vectorielle de toutes ces forces est égale au vecteur nul, déterminer la masse  $m$  du solide (S) ainsi que l'allongement  $x$  du ressort.

**3-** Sachant que la densité du solide (S) est de 2,7 déterminer le volume  $V$  du solide (S).  
On prendra masse volumique de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

## D – CORRIGE DES EXERCICES

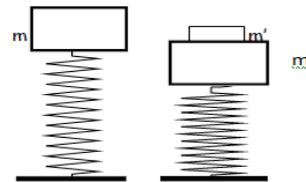
### EXERCICE 1

**1-** Le raccourcissement du ressort.

A l'équilibre :  $T = P = Kx$  d'où  $x = 10 \text{ cm}$

**2-** Le nouveau allongement sera  $x' = 12 \text{ cm}$

Le ressort se raccourci de :  $x' - x = 2 \text{ cm}$



### EXERCICE 9

**1** Représentation des forces : voir figure

**2** La force intérieure est la force de réaction  $\vec{R}$   
C'est la force qui s'exerce entre parties du système.

**3)** Intensité de la force de pesanteur.

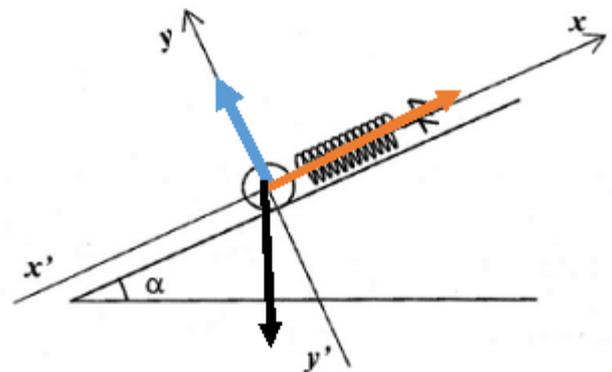
$P = mg = 4,9 \text{ N}$

**2-**  $R = P \cos \alpha = 4,24 \text{ N}$

$T = kx = P \sin \alpha = 2,45 \text{ N}$  et  $x = 2,45 \text{ cm}$

**1-** La longueur à vide  $\ell_0$  du ressort

$\ell_0 = \ell - x =$  sachant que la longueur vaut  $\ell = 20 \text{ cm}$ .



### EXERCICE 12

**1-** Représentation des forces : figure ci-contre

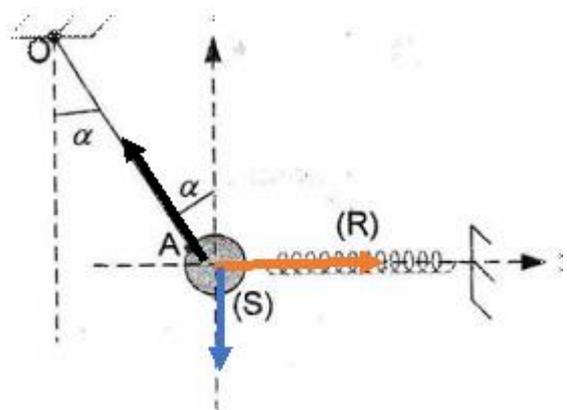
**2-** La masse  $m$  du solide (S)

On a  $T_2 \cos \alpha = P = mg$  d'où

$$m = \frac{T_2 \cos \alpha}{g} = 0,765 \text{ kg} = 765 \text{ g}$$

Allongement du ressort  $T_1 = kx = T_2 \sin \alpha$

$$\text{d'où } x = \frac{T_2 \sin \alpha}{k} = 0,0866 \text{ m} = 8,66 \text{ cm}$$



**3-** Le volume  $V$  du solide (S).

$$V = \frac{m}{\rho} = 283,3 \text{ cm}^3$$

---

## CHAPITRE P12

## EQUILIBRE D'UN SOLIDE

### MOBILE AUTOUR D'UN AXE FIXE

#### A. - OBJECTIFS

Identifier l'axe de rotation d'un solide en mouvement.

Définir le moment d'une force par rapport à un axe de rotation fixe.

Enoncer le théorème des moments.

Définir un couple de force.

Définir un couple de torsion.

Connaitre les conditions de nullité d'un moment.

Connaitre le caractère algébrique du moment.

Déterminer le moment d'une force par rapport à un axe de rotation fixe.

Traduire la condition d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe.

Déterminer les caractéristiques d'un couple de force.

Connaitre le principe d'une balance, des machines simples.

Réaliser l'équilibre d'un solide pouvant tourner autour d'un axe fixe.

Prendre conscience de l'importance d'une poulie lorsqu'il s'agit d'élever une lourde masse à une certaine hauteur.

Pouvoir appliquer le moment pour expliquer certains phénomènes.

#### B. L'ESSENTIEL

L'axe de rotation  $\Delta$  d'un solide mobile autour d'un axe est la droite autour de laquelle tourne le solide

Le moment d'une force  $\vec{F}$  par rapport à un axe de rotation  $\Delta$  est le produit de l'intensité de la force  $F$  par la distance  $d$  qui sépare le support de la force et l'axe de rotation  $\Delta$ ,

$\mathcal{M} = F \cdot d$  ;  $\mathcal{M}$  en Newton-mètre (N.m)

$d$  est appelé « bras de levier ».

Si le support de la force rencontre l'axe de rotation, le moment est nul.

*Le moment d'une force est une grandeur algébrique son signe dépend du sens positif de rotation arbitrairement choisi.*

Si la force fait tourner le solide dans le sens positif, le moment est compté positivement :

$\mathcal{M} = F \cdot d$

Si la force fait tourner le solide dans le sens négatif, le moment est compté négativement

$\mathcal{M} = - F \cdot d$

Un couple de force est un ensemble de deux forces de même intensité, de sens opposé et portées par deux droites parallèles séparées par une distance  $d$

Le moment d'un couple de forces est  $\mathcal{M} = F \cdot d$

$F$  est l'intensité commune des deux forces ;  $d$  est la distance séparant les deux droites d'action.

Condition d'équilibre:

Un solide mobile autour d'un axe de rotation fixe est en équilibre ou en mouvement de rotation uniforme

Si la somme vectorielle des forces extérieures qui s'appliquent est nulle

Si la somme algébrique des moments des forces extérieures est nulle

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$

$$\sum_i M(\vec{F}_i) = 0$$

## C. EXERCICES

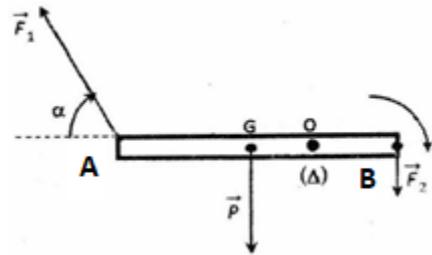
### EXERCICE 1

Une barre homogène AB de  $m = 1 \text{ kg}$ , est mobile autour d'un axe horizontal fixe  $(\Delta)$  passant par le point O (figure ci-contre).

Aux extrémités A et B de la barre sont appliquées les forces  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  d'intensités respectives 2 N et 1,5 N. Ces forces sont dans un plan perpendiculaire à l'axe  $(\Delta)$ . On donne  $AB = 1 \text{ m}$  ;  $OG = 20 \text{ cm}$  ;  $\alpha = 60^\circ$

Déterminer les moments de chacune des différentes forces appliquées à la barre.

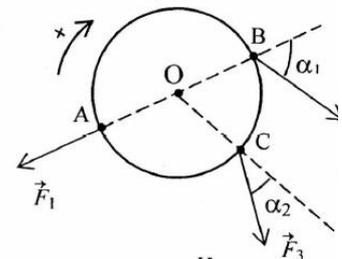
En déduire le sens de rotation de la barre



### EXERCICE 2

Sur un disque de rayon  $r = 20 \text{ cm}$ , on exerce des forces de même intensité égale à 30 N et situées dans le plan vertical du disque (voir figure ci-contre).

Déterminer le moment des forces appliquées sur le disque par rapport à un axe  $(\Delta)$  passant par O, centre disque et perpendiculaire au plan du disque. On donne  $\alpha_1 = 50^\circ$ ,  $\alpha_2 = 40^\circ$ .

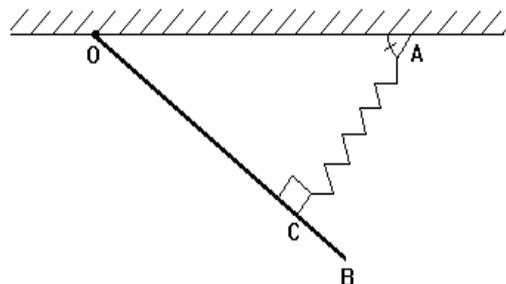


### EXERCICE 3

Une barre homogène OB de masse  $m = 5 \text{ kg}$ , accrochée au plafond horizontal d'un bâtiment, est articulée autour d'un axe horizontal  $(\Delta)$  passant par son extrémité O.

Elle est maintenue en équilibre à l'aide d'un ressort comme l'indique la **figure ci-contre**.

La suspension est telle que la direction du ressort, de constante de raideur  $k = 500 \text{ N/m}$ , soit perpendiculaire à  $OB = \ell = 1,2 \text{ m}$  comme l'indique la figure et passe par le point C tel que  $OC = \frac{3}{4} OB$ .



- 1) Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la barre. Les représenter.
- 2) Déterminer le bras de levier de chacune des forces appliquées à la barre.

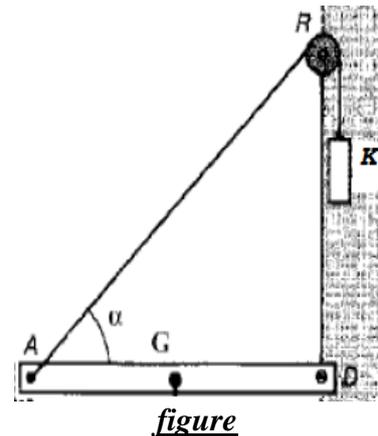
- 3) En appliquant le théorème des moments à la barre homogène 0B, déterminer l'intensité de la tension  $\vec{T}$  du ressort. En déduire l'allongement du ressort.
- 4) Déterminer les composantes de la réaction  $\vec{R}$  qui s'applique sur la barre et déduire ses caractéristiques

#### EXERCICE 4

Considérons un pont-levis AD, mobile autour d'un axe ( $\Delta$ ) passant par le point D, en équilibre à l'aide d'un corps K qui permet de tendre la corde (voir figure).

La longueur du pont levis vaut  $\ell = DA = 6 \text{ m}$ , sa masse  $m = 800 \text{ kg}$  et l'angle  $\alpha = 40^\circ$ .

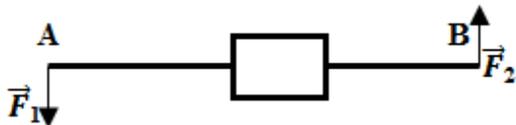
- 1) Faire le bilan des forces qui s'appliquent sur le pont-levis AD. Les représenter.
- 2) Rappeler la définition de chacun des termes suivants : force orthogonale à un axe ; bras de levier d'une force.
- 3) En appliquant le théorème des moments à la barre DA que l'on énoncera (pont levis), déterminer l'intensité T de la corde. En déduire la masse m' du corps K.
- 4) Déterminer les caractéristiques de la réaction  $\vec{R}$  de l'axe de rotation ( $\Delta$ ).



#### EXERCICE 5

1- 1) Deux personnes mettent en équilibre une clef en exerçant un couple de force  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  aux extrémités A et B de la barre. Les directions de  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  restent orthogonales à la barre au cours de la rotation.

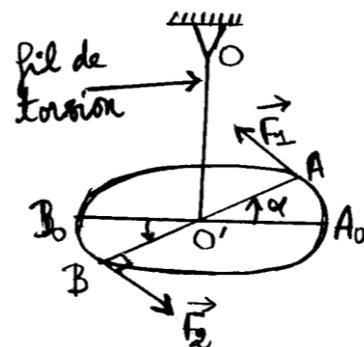
- a) Rappeler la définition de couple de forces.



- b) Calculer le moment du couple formé par  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ . Dépend-il de la position de l'axe de rotation  $\Delta$  ? Justifier la réponse. Données :  $F_1 = F_2 = 25 \text{ N}$  ;  $AB = 1 \text{ m}$

2) Un fil de torsion vertical, bloqué à son extrémité supérieure O, est soudé par son extrémité inférieure au milieu O' d'une tige horizontale AB. Initialement le fil n'est pas tordu.  $O'A = O'B = 6 \text{ cm}$ .

- a) On exerce en A et B deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  perpendiculaire à AB, de sens opposés, d'intensité  $F_1 = F_2 = 0,1 \text{ N}$ . Le système atteint une position d'équilibre lorsque la tige AB a tourné d'un angle  $\alpha$ . Déterminer  $\alpha$  sachant que la constante de torsion du fil est de  $C = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ N.m.rad}^{-1}$
- b) On exerce maintenant deux forces toujours perpendiculaire à la tige, de sens opposés et de même intensité, en deux points A' et B' de la tige, distante de 4cm.



Déterminer l'intensité commune des deux forces pour que le système atteigne une position d'équilibre quand la tige aura tourné de l'angle  $\alpha = 40^\circ$ .

### EXERCICE 6

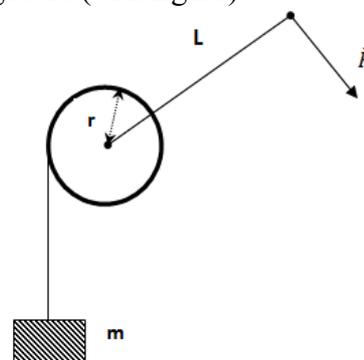
On remonte une charge de masse  $m$ , à l'aide d'un treuil manuel. Sur le tambour du treuil de rayon  $r$  d'axe horizontal s'enroule une corde de masse négligeable (voir figure).

La longueur de la manivelle est  $L$ . On applique tangentielllement à la circonférence décrite par l'extrémité de la manivelle une force  $\vec{F}$  d'intensité constante, ce qui permet de remonter la charge. Le mouvement étant lent on peut considérer que c'est une suite d'états d'équilibre.

1) Déterminer la relation entre l'intensité de la tension de la corde et celle de la force  $\vec{F}$ .

2) En déduire la relation donnant l'intensité  $F$  de la force en fonction de la masse  $m$  de la charge, de  $L$ ,  $r$  et  $g$  intensité de la pesanteur.

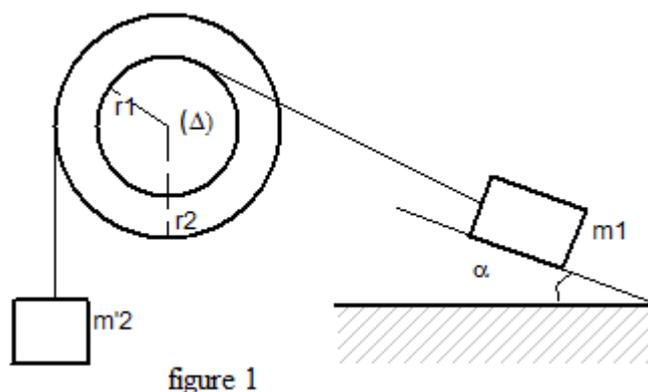
AN :  $L = 80 \text{ cm}$  ;  $r = 30 \text{ cm}$  ;  $m = 100 \text{ kg}$  et  $g = 9,9 \text{ N/kg}$



### EXERCICE 7

Le dispositif représenté par la **figure (1)** comprend:

- une poulie à deux gorges pouvant tourner sans frottement autour d'un axe fixe ( $\Delta$ ) horizontal passant par son centre.
- Deux fil ( $f_1$ ) et ( $f_2$ ) fixés respectivement aux gorges, enroulés sur celle-ci et supportant les solides  $S_1$  et  $S_2$  de respectives masses  $m_1$  et  $m_2$ .



Le solide  $S_1$  de masse  $m_1$  repose sur un plan lisse et incliné d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale.

On donne  $m_1 = 120 \text{ g}$  ;  $m_2 = 60 \text{ g}$  ;  $r_1 = 10 \text{ cm}$  et  $r_2 = 15 \text{ cm}$ .

1) On considère le solide ( $S_1$ ).

- Faire le bilan des forces extérieures au système ( $S_1$ ) et les représenter.
- En appliquant la condition d'équilibre au solide ( $S_1$ ), déterminer la relation entre l'intensité de la tension  $T_1$  que le fil exerce sur le solide ( $S_1$ ) et  $\alpha$ ,  $g$  et  $m_1$ .

2) On considère le solide ( $S_2$ ).

- Faire le bilan des forces extérieures au système ( $S_2$ ) et les représenter.
- En appliquant la condition d'équilibre au solide ( $S_2$ ), déterminer la relation entre l'intensité de la tension  $T_2$  que le fil exerce sur ( $S_2$ ) et  $m_2$  et  $g$ .

3) On considère la poulie à deux gorges comme le troisième système.

- Faire le bilan des forces extérieures à cette poulie et les représenter.

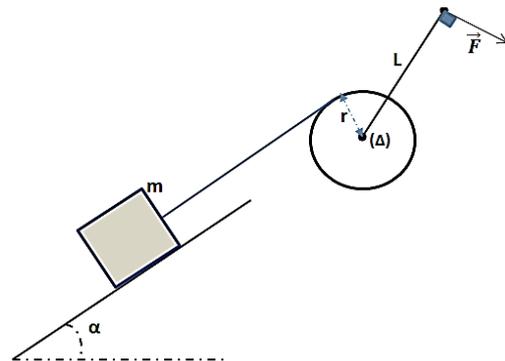
- b) En appliquant la condition d'équilibre pour la poulie, déterminer la relation entre l'intensité  $T_{01}$  de la tension que le fil ( $f_1$ ) exerce sur la poulie et de l'intensité  $T_{02}$  que le fil ( $f_2$ ) exerce également sur la poulie.
- 4) En appliquant la condition d'équilibre à la poulie, déterminer la relation entre  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $r_1$ ,  $r_2$  et  $\alpha$ . Calculer la valeur de l'angle  $\alpha$ .

### EXERCICE 8

On remonte une charge à l'aide d'un treuil manuel. Sur le tambour du treuil de rayon  $r = 30 \text{ cm}$  d'axe horizontal s'enroule une corde de masse négligeable à l'extrémité de laquelle est accrochée la charge de masse  $m = 100 \text{ kg}$ . La charge repose sur un plan lisse et incliné d'un angle  $\alpha = 30^\circ$  par rapport à l'horizontale (voir figure).

La longueur de la manivelle vaut  $L = 80 \text{ cm}$ .

Un ouvrier applique tangentiellement à l'extrémité de la manivelle une force  $\vec{F}$  d'intensité constante, ce qui permet de remonter la charge. On considère que la vitesse la charge est constante



1) On considère la poulie comme le premier système.

a) Représenter toutes les forces extérieures qui s'appliquent à cette poulie.

b) En appliquant le théorème des moments à la poulie, déterminer la relation entre l'intensité  $T_0$  de la tension de la corde et celle de la force  $\vec{F}$ .

2) On considère la charge de masse  $m$ .

a)- Représenter les forces qui s'exercent sur la charge.

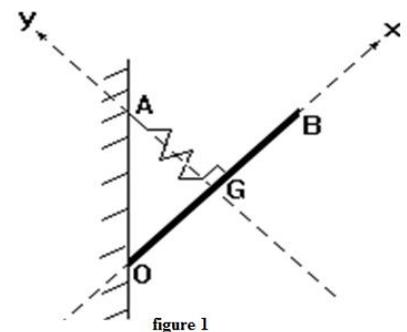
b) En appliquant la condition d'équilibre à la charge déterminer l'expression de la tension en fonction de  $m$ ,  $g$  et  $\alpha$

3) en appliquant le théorème des moments pour la poulie déterminer la relation donnant l'intensité  $F$  en fonction de la masse  $m$  de la charge, de  $L$ ,  $r$ ,  $\alpha$  et  $g$  intensité de la pesanteur. Calculer  $F$ .

4) Calculer les intensités de chacune des forces qui s'exercent sur la charge.

### EXERCICE 9

Une barre homogène  $OB$  de masse  $m = 5 \text{ kg}$  accrochée à un mur, repose en  $O$  contre un mur. La suspension est telle que la direction du ressort  $AG$ , de la tension du ressort de constante de raideur  $k$ , passe par le centre de gravité  $G$  du tableau. Cette tension est perpendiculaire à  $OB$  comme l'indique la figure 1. La distance  $AG$  est égale à la distance  $OG$ .



On donne :  $OB = 2 OG = 1,2 \text{ m}$  ;  $k = 500 \text{ N/kg}$  et  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

1) Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la barre  $OB$ . Les représenter.

2) Montrer par le calcul que l'angle  $\beta = (\widehat{AOB}) = 45^\circ$ .

- 3) Déterminer le bras de levier de chacune des forces appliquées à la barre.
- 4) En appliquant le théorème des moments à la barre homogène 0B, déterminer l'intensité de la force exercée par le ressort sur le système. En déduire l'allongement du ressort.

**N.B.**- La barre est susceptible de tourner autour d'un axe fixe ( $\Delta$ ) perpendiculaire au plan de la figure et passant par le point O.

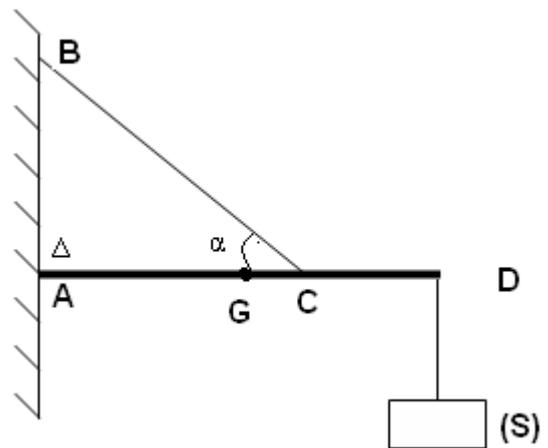
- 5) En appliquant la condition d'équilibre à la barre, déterminer l'intensité de la force exercée par le mur sur la barre et déduire ses caractéristiques.

### **EXERCICE 10**

Un solide S est suspendu à l'aide d'une barre AD de longueur  $\ell$  de masse 0,5 kg et de centre d'inertie G, et d'un câble BC de masse négligeable fixées toutes deux sur un mur vertical (*voir figure*).

On donne :  $\ell = 50 \text{ cm}$  ;  $AC = 30 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ,  
 $g = 10 \text{ N/kg}$ , poids du solide (S)  $P = 50 \text{ N}$ .

- 1) Faire le bilan des forces extérieures au solide (S) et les représenter. Calculer leurs intensités.
- 2) Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la tige AD et les représenter.
- 3) On considère que la barre AD peut tourner autour d'un axe fixe ( $\Delta$ ) perpendiculaire au plan de la figure et passant par A.
- a) Déterminer les moments des forces appliquées à la tige AD.
- b) En déduire l'intensité de la force exercée par le câble CB sur la barre AD.
- 4) Déterminer les composantes de la force exercée par le mur sur la barre AD. En déduire les caractéristiques de cette force.

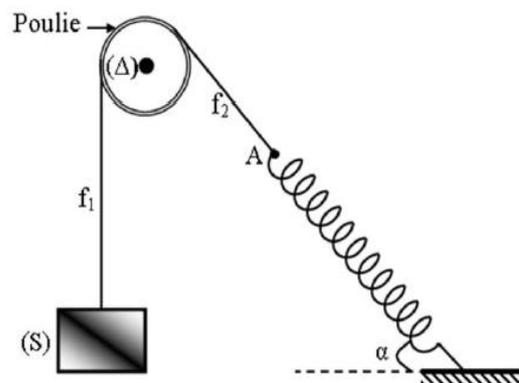


### **EXERCICE 11**

Un solide (S) de masse  $m = 200\text{g}$  est relié à un fil de masse négligeable passant par la gorge d'une poulie à axe fixe ( $\Delta$ ), de masse négligeable et de rayon  $r$ .

L'autre extrémité du fil est attaché à un ressort de constante de raideur  $k$  et de masse négligeable. A l'équilibre, l'axe du ressort fait un angle  $\alpha = 30^\circ$  avec l'horizontale et le ressort est allongé de  $x = \Delta\ell = 4\text{cm}$  (*voir figure ci-contre*). On néglige les frottements.

- 1) On considère le solide (S).
  - a) Représenter qualitativement les forces qui s'exercent sur le système.
  - b) Enoncer et écrire la condition d'équilibre du solide (S).
  - c) En déduire l'expression de la tension du fil  $f_1$ , puis la calculer.
- 2) On considère maintenant comme système la poulie de masse négligeable.
  - a) Représenter les forces qui s'exercent sur la poulie.



- b) En appliquant le théorème des moments, déterminer la tension du fil  $f_2$ .
- c) En déduire la tension du fil  $f_2$  au point A ainsi que la constante de raideur  $K$  du ressort.
- 3) On considère la relation vectorielle traduisant l'équilibre de poulie dans un repère orthonormé d'axes vertical et horizontal.
- a) Montrer que l'intensité de la réaction de l'axe ( $\Delta$ ) est donnée par la relation :  $R = mg\sqrt{1 + 2\sin\alpha}$
- b) En déduire les caractéristiques de la réaction de l'axe ( $\Delta$ ).

## D – CORRIGE DES EXERCICES

### EXERCICE 1

Déterminons les moments de chacune des différentes forces appliquées à la barre.

$$\mathcal{M}(P) = -P \times OG = -1 \times 10 \times 0,2 = -2 \text{ N.m}$$

$$\mathcal{M}(F_2) = +F_2 \times OB = 1,5 \times 0,3 = +4,5 \text{ N.m}$$

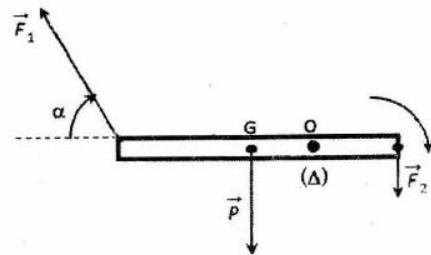
$$\mathcal{M}(F_1) = +F_1 \times OA \sin \alpha = +2 \times 0,7 \times \sin 60$$

$$\mathcal{M}(F_1) = +1,21 \text{ N.m}$$

Le sens de rotation de la barre

La somme des moments  $\mathcal{M}(P) + \mathcal{M}(F_2) + \mathcal{M}(F_1) = -2 + 4,5 + 1,21 = +3,71 \text{ N.m}$

La barre tourne dans le sens positif choisi car la somme des moments est positive



### EXERCICE 7

1) On considère le solide ( $S_1$ ).

a) Faisons le bilan des forces extérieures

Les forces sont  $\vec{R}$ ,  $\vec{P}$  et  $\vec{T}_1$

b) Déterminons la relation entre l'intensité de la tension  $T_1$  que le fil exerce sur le solide ( $S_1$ ) et  $\alpha$ ,  $g$  et  $m_1$ .

Système  $m_1$

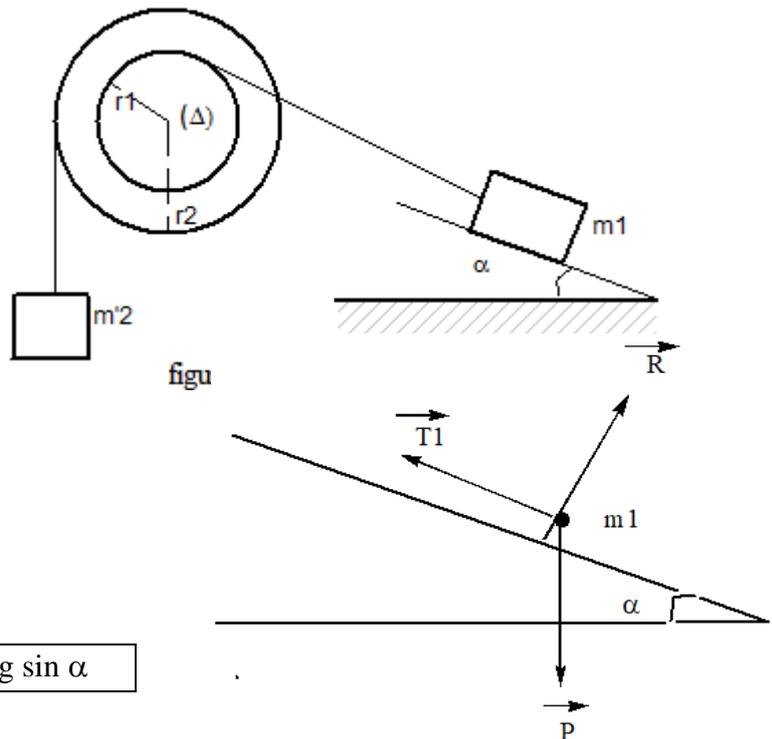
Bilan des forces  $\vec{R}$ ,  $\vec{P}$  et  $\vec{T}_1$

Condition d'équilibre  $\vec{R} + \vec{P} + \vec{T}_1 = \vec{0}$

$$R_x + P_x + T_1_x = 0$$

$$0 - m g \sin \alpha + T_1 = 0$$

$$T_1 = m g \sin \alpha$$



2) On considère le solide ( $S_2$ ).

a) Faire le bilan des forces extérieures au système ( $S_2$ ) et les représenter.

Système  $m_2$

Bilan des forces,  $\vec{P}_2$  et  $\vec{T}_2$

b) Déterminons la relation entre l'intensité de la tension  $T_2$  et  $m_2$  et  $g$ .

Condition d'équilibre  $\vec{P}_2 + \vec{T}_2 = \vec{0}$

$$P_2y - T_2y = 0 \rightarrow \boxed{T_2 = m_2 g}$$

3) On considère la poulie à deux gorges comme le troisième système.

La poulie transmet les intensités des forces  $T_1 = T_2$

$$T_1 = m g \sin \alpha = T_2 = m_2 g$$

4) En appliquant la condition d'équilibre à la poulie, déterminons la relation entre  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $r_1$ ,  $r_2$  et  $\alpha$ . Puis calculer la valeur de l'angle  $\alpha$ .

$$\mathcal{M}(T_1) + \mathcal{M}(T_2) = 0 \rightarrow T_1 \times r_1 = T_2 \times r_2 \rightarrow \boxed{r_1 \times m_1 \sin \alpha = m_2 r_2}$$

$$\sin \alpha = \frac{m_2 r_2}{m_1 r_1} = \frac{60 \times 15}{120 \times 10} = 0,75 \rightarrow \alpha = 48,6^\circ$$

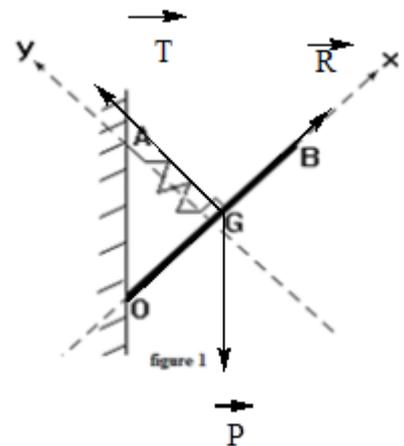
### EXERCICE 9

1) Faisons le bilan des forces qui s'exercent sur la barre OB.

Système barre homogène OB

Bilan des forces  $\vec{P}$ ,  $\vec{R}$  et  $\vec{T}$

Représentons les forces sur un schéma.



2) Montrons par le calcul que l'angle  $\beta = (\widehat{AOB}) = 45^\circ$ .

$$\tan \beta = \frac{AG}{OG} = 1 \text{ car } AG = OG \rightarrow \beta = 45^\circ$$

2) Déterminons le bras de levier de chacune des forces appliquées à la barre

Le bras de levier de la tension est OG

Le bras de levier du poids est  $OG \sin \beta$

La réaction  $\vec{R}$  rencontre l'axe de rotation.

3) En appliquant le théorème des moments à la barre homogène OB, déterminons l'intensité de la force exercée par le ressort sur le système.

$$\sin \beta = \frac{T}{P} \rightarrow T = P \sin \beta = 5 \times 10 \times \sin 45 = 50 \text{ N}$$

Déduisons-en l'allongement du ressort.

$$T = K x \rightarrow x = \frac{T}{K} = \frac{50}{500} = 0,1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

# CHAPITRE P13 PROPAGATION RECTILIGNE DE LA LUMIERE

## A – OBJECTIFS

- Distinguer une source primaire d'une source secondaire.
- Distinguer les sources des récepteurs de lumière
- Identifier expérimentalement des milieux transparents, translucides et opaques.
- Restituer le principe de la propagation de la lumière.
- Mettre en évidence la propagation rectiligne de la lumière.
- Expliquer la formation des ombres et des pénombres.
- Déterminer la hauteur d'un objet par visée.
- Expliquer le phénomène d'éclipse.

## B – L'ESSENTIEL DU COURS

Les sources primaires de lumière produisent elles-mêmes la lumière qui nous parvient; on distingue :

Les sources primaires naturelles telles que le Soleil (et les autres étoiles) et les combustions vives (réaction chimique avec le dioxygène qui s'effectue avec incandescence),

Les sources primaires artificielles que sont principalement les lampes (ampoule électrique, lasers, lampe au néon) ou l'écran d'un ordinateur.

Un milieu transparent est un milieu qui se laisse traverser par la lumière

Un milieu translucide est un milieu qui laisse passer une partie de la lumière.

Un milieu opaque est un milieu qui ne se laisse pas traverser par la lumière

Un faisceau lumineux est un ensemble de rayons lumineux issus d'une source lumineuse

Dans le vide et les milieux transparents homogènes, la lumière se propage en ligne droite.

Dans le vide, la vitesse  $C$  de la lumière est voisine de  $3.108\text{m/s}$  ; soit  $300000\text{km/s}$ .

L'année –lumière (al) est la distance parcourue par la lumière dans le vide pendant une année.

La vitesse  $V$  de propagation de la lumière dépend de la nature du milieu transparent.

L'indice de réfraction d'un milieu transparent est défini par  $n = \frac{c}{v}$

L'indice de réfraction de l'air est voisin de 1

Lorsqu'un objet opaque est entièrement dans un faisceau lumineux on distingue l'ombre propre et l'ombre portée.

Les éclipses sont dues à l'ombre portée

## C – EXERCICES

### EXERCICE 1 :

1. Choisir le bon mot ou groupe de mots

- a) Dans l'air d'une salle de classe, la lumière se propage **en ligne droite / en ligne courbe.**  
b) Pour visualiser un faisceau de lumière, il doit y avoir des particules **diffusantes / un milieu transparent** sur le trajet du faisceau.  
c) L'ombre portée d'un objet opaque éclairé par une source de lumière colorée est **colorée / noire.**  
d) La position de l'ombre portée sur un écran d'un objet éclairé par une source de lumière **dépend de la forme de l'objet éclairé / de la position de la source.**

2. Compléter les phrases ci-dessous avec les mots ou groupes de mots suivants :

**Ligne droite/ rayons /noire/ transparent / éclairée / faisceau/ombre**

- a) Dans un milieu ..... et homogène, la lumière se propage en .....
- b) Un ..... de lumière est un ensemble de plusieurs ..... de lumière.
- c) Si un objet opaque est éclairé par une source, il se forme une ..... sur un écran correctement placé.
- d) Depuis la zone ..... d'un objet, il est possible de voir la source qui éclaire cet objet.
- e) L'ombre propre d'un objet opaque éclairé par une source de lumière rouge a une couleur .....

### EXERCICE 2 :

Choisir la bonne réponse

**2. 1.** Dans un milieu homogène, la lumière se propage :

- a. en ligne brisée.      b. en ligne courbe.      **c. en ligne droite.**

**2. 2.** Le trajet suivi par la lumière est modélisé par

- a. Un faisceau de lumière.      **b. Un rayon de lumière**      c. Un rayon de Soleil.

**2. 3.** La partie non éclairée d'un objet opaque est appelée :

- a. **ombre portée**      b. cône d'ombre      c. ombre propre.

**2. 4.** La forme de l'ombre portée d'un objet opaque dépend :

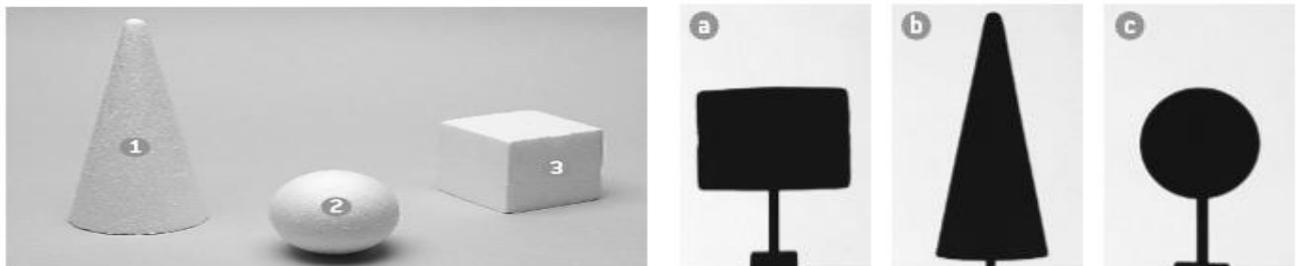
- a. de la couleur de la lumière.      b. des dimensions de l'écran.      **c. de la forme de l'objet opaque.**

**2. 5.** L'ombre portée d'un objet éclairé par une source de lumière rouge est toujours

- a. rouge.      **b. noire**      c. incolore.

### EXERCICE 3

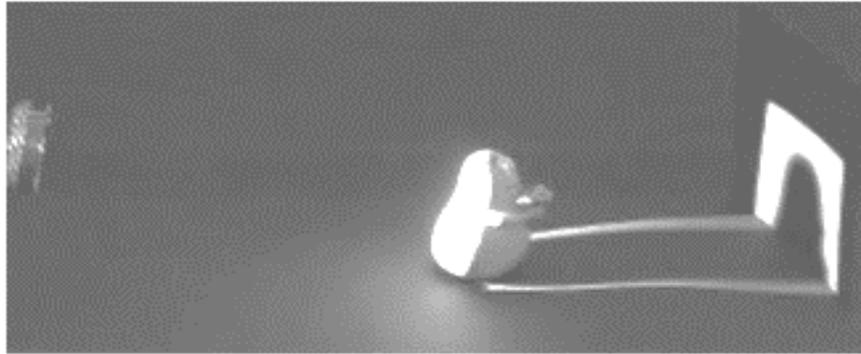
On éclaire avec une source de lumière divers objets placés sur un support horizontal.



On observe leur ombre sur un écran. Attribuer son ombre à chaque objet et justifier la réponse .

#### **EXERCICE 4**

La figurine ci-dessous est éclairée par une source de lumière.



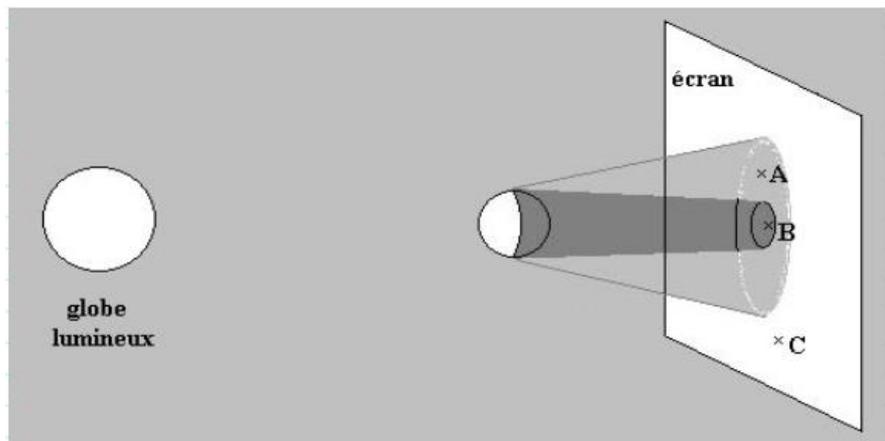
**4.1.** Quelle est la couleur de son ombre propre ?

**4.2.** Quelle est la couleur de son ombre portée ?

**4.3.** Si l'on éclaire la figurine avec une source de lumière rouge, quelles seront les couleurs de l'ombre propre et de l'ombre portée ?

#### **EXERCICE 5**

On imagine un globe lumineux éclairant une boule opaque. On place un écran blanc derrière celle-ci. Sur cet écran, on trace 3 points : A, B et C.



**5.1.** Dans quelles zones se trouvent les points A, B et C

**5.2.** Si on perceait des trous sur ces 3 emplacements et si on plaçait un œil derrière, verrait-on le globe lumineux ? Entièrement, en partie, totalement ?

**5.3.** Comment s'appelle l'ombre située à l'arrière de la boule ?

**5.4.** Comment s'appelle la zone entre la boule et l'écran où n'arrive pas de lumière ?

**5.5.** Qu'est-ce qui changerait si on remplaçait le globe lumineux par une toute petite lampe ?

#### **EXERCICE 6**

Eclairé par le soleil, un poteau vertical de hauteur 1m donne une ombre portée de longueur 40cm. Au même moment, l'ombre d'un arbre mesure 8m sur le sol horizontal. Le soleil étant une source de lumière très éloignée, on peut admettre que les rayons qui nous parviennent sont parallèles entre eux.

**6.1.** Dédurre de ces observations la hauteur approximative de l'arbre

**6.2.** Ces observations ont-elles été faites le matin peu après le lever du soleil ? en début d'après-midi ? le soir peu avant le coucher du soleil ? justifier votre réponse

### **EXERCICE 7**

Selon un dicton bien connu : « La nuit, tous les chats sont gris ». Si l'obscurité était vraiment totale, comment verrait-on les chats ? Justifier votre réponse.

### **EXERCICE 8**

La foudre tombe à  $d = 6 \text{ km}$  d'un observateur. Foudre et tonnerre prennent naissance simultanément.

**8.1.** Quelle durée faut-il à la lumière émise par l'éclair pour atteindre l'observateur ?

**8.2.** Quelle durée faut-il au son émis par le tonnerre pour atteindre l'observateur ?

(Vitesse de propagation du son dans l'air :  $V = 340 \text{ m/s}$ )

**8.3.** Pourquoi peut-on considérer que la vision de l'éclair correspond pratiquement au départ du son ?

**8.4.** Pour connaître approximativement la distance du point de chute de la foudre, une recette de calcul préconise de compter les secondes qui séparent la vision de l'éclair de l'audition du tonnerre : ce nombre de secondes divisé par 3 donne la distance en km. Expliquer et justifier.

### **EXERCICE 9**

**9.1.** Dans l'eau, un signal lumineux met un temps  $t = 2,5 \mu\text{s}$  pour parcourir une distance  $d = 562 \text{ m}$ . En déduire la vitesse de propagation de la lumière dans l'eau.

**9.2.** Calculer la durée  $t$  mise par la lumière pour nous parvenir du soleil. La distance Terre-Soleil vaut en moyenne  $D = 150$  millions de kilomètres

**9.3.** Les distances astronomiques sont exprimées en années-lumière (al.) : évaluer 1 al. en km

### **EXERCICE 10**

Entre une source de lumière ponctuelle  $S$  et un écran  $E$ , on place, dans l'axe, un obstacle carré de côté  $AB = 8 \text{ cm}$  parallèlement à l'écran. La distance source-obstacle vaut  $l = 20 \text{ cm}$  et la distance obstacle écran vaut  $L = 80 \text{ cm}$ .

**10.1.** Faire un schéma et tracer les rayons qui permettent de limiter la zone d'ombre portée sur l'écran.

**10.2.** Quelle est la forme de l'ombre sur l'écran ?

**10.3.** Calculer les dimensions de l'ombre portée sur l'écran

### **EXERCICE 11**

**11.1.** Une chambre noire est constituée d'une boîte percée à l'avant d'une petite ouverture et fermée à l'arrière par un corps translucide (papier calque par exemple).

On souhaite obtenir une image de  $10 \text{ cm}$  de hauteur d'un édifice (hauteur  $H = 40 \text{ m}$ ) situé à  $80 \text{ m}$  de la chambre noire. Quelle doit être la profondeur de la chambre noire ?

**11.2.** Une source ponctuelle se trouve sur l'axe d'un disque opaque de rayon  $r = 5 \text{ cm}$  et situé à une distance  $d = 1 \text{ m}$  de celui-ci. A quelle distance faut-il placer un écran parallèle pour que la surface de l'ombre portée soit 16 fois plus grande que la surface du disque ?

### **EXERCICE 12**

Une personne, de taille  $1,80 \text{ m}$ , se regarde dans un miroir. Ses yeux étant à  $10 \text{ cm}$  du sommet de la tête. Quelles doivent être la dimension minimale du miroir ainsi que sa distance au sol pour que la personne s'y voit de la tête aux pieds ?



**5.4.** Il s'agit du **cône d'ombre**.

**5.5.** Si la source de lumière était ponctuelle, l'**ombre portée serait plus grosse** que la boule, bien **nette**, et il n'y aurait **plus de zone de pénombre**.

### **EXERCICE 7 :**

On ne verrait tout simplement pas les chats, car ils ne seraient pas éclairés. On ne verrait rien du tout. Mais l'obscurité est rarement totale et nos yeux sont des détecteurs de lumière très sensibles. On peut donc distinguer notre environnement de nuit, bien qu'il soit très faiblement éclairé (par la Lune, par des nuages qui diffusent la lumière provenant de l'éclairage public, etc.). Cependant, lorsque l'éclairage est trop faible, nos yeux sont incapables de distinguer les couleurs ; ainsi ce que nous voyons nous paraît gris.

---

## **CHAPITRE P14 REFLEXION ET REFRACTION DE LA LUMIERE**

### **A.OBJECTIFS**

Distinguer diffusion et réflexion.

Utiliser les lois de la réflexion.

Tracer la marche d'un rayon lumineux.

Construire l'image d'un objet donné par un miroir plan.

Utiliser les lois de Descartes

Donner les caractéristiques de l'image d'un objet réel donnée par un miroir plan.

Appliquer la réflexion dans la vie courante.

### **B. L'ESSENTIEL**

Dans un milieu homogène et transparent, la lumière se propage en ligne droite. On appelle rayon lumineux toute droite selon laquelle la lumière se propage.

La vitesse de la lumière dans le vide est  $c = 3.10^8$  m/s

L'indice de réfraction d'un milieu est  $n = \frac{c}{v}$  où  $c$  est la vitesse de la lumière dans le vide et  $v$  vitesse de la lumière dans le milieu. Exemple :

Dans l'eau  $v = 2,25. 10^8$  m/s l'indice de l'eau est  $n = 1,33$

Dans le verre :  $2. 10^8$  m/s l'indice de réfraction du verre est  $n = 1,5$

A la surface de séparation de deux milieux, la lumière subit une réflexion et une réfraction :

Le rayon arrivant sur la surface s'appelle le rayon incident.

Le rayon renvoyé par la surface s'appelle le rayon réfléchi

Le rayon traversant la surface s'appelle le rayon réfracté ou rayon transmis.

1<sup>ère</sup> loi de Descartes.

Le plan contenant le rayon incident et la normale au point d'incidence contient aussi le rayon réfléchi.

2<sup>ème</sup> loi de Descartes.

L'angle d'incidence est l'angle formé entre la normale à la surface et le rayon incident

L'angle d'incidence ( $i$ ) est égal à l'angle réfléchi ( $r$ ) :  $i = r$   
3<sup>ème</sup> loi de Descartes.

Le rayon réfracté est également situé dans le plan d'incidence.

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

$i_1$  est l'angle d'incidence,  $i_2$ , l'angle réfracté,  $n_1$  indice de réfraction du milieu 1 et  $n_2$  l'indice de réfraction du milieu 2

la lumière blanche est composée de sept radiations visibles qui sont violet, indigo, bleu, vert, jaune, orange et rouge. les radiations infrarouges et ultraviolettes sont invisibles

la couleur d'un objet correspond à la couleur réfléchie par l'objet

## C. EXERCICES

### EXERCICE 1 :

- 1) Citer deux exemples de sources de lumière primaire.
- 2) Citer deux exemples de sources de lumière secondaire.
- 3) Quelles sont les deux lois de Descartes pour la réflexion de la lumière ?

### EXERCICE 2 :

Un rayon lumineux faisant un angle d'incidence de  $35^\circ$  arrive sur le miroir plan un point

- 1) Qu'appelle-t-on miroir plan?
- 2) Déterminer la valeur de l'angle de réflexion  $r$
- 3) Tracer le rayon réfléchi IR.

### EXERCICE 3 :

L'un des rayons d'un faisceau de lumière se propageant dans l'air pénètre dans un diamant d'indice de réfraction 2,43.

- 1) Schématiser la situation.
- 2) Écrire la seconde loi de Descartes.
- 3) Calculer l'angle d'incidence permettant d'obtenir un angle de réfraction de  $20^\circ$ .

### EXERCICE 4:

- 1) Quelles sont les sept principales radiations visibles de la lumière blanche ?
- 2) Citer deux radiations invisibles
- 3) On éclaire un objet par une source de lumière blanche, l'objet apparaît rouge. On place entre l'objet et la source un filtre jaune. Quelle est la couleur apparente de l'objet ?

### EXERCICE 5 :

- 1) La lumière blanche est constituée de sept radiations visibles et colorées. On donne les six couleurs : rouge, orange, jaune, bleu, indigo, et violet. Quelle est la couleur manquante-?
- 2) Quelles sont les deux radiations extrêmes visibles de la lumière blanche ?
- 3) Quelles sont les deux radiations invisibles à l'œil nu ?

### EXERCICE 6 :

- 1) Qu'appelle-t-on phénomène d'irisation ?
- 2) Donner deux exemples de phénomène d'irisation.
- 3) Quel phénomène optique se produit-il lorsque la lumière pénètre dans deux milieux transparents (air-eau) ?

### EXERCICE 7 :

Répondre aux questions suivantes

- 1) Qu'est-ce qu'une source primaire de lumière ? Citer deux exemples sources primaires naturelles et deux exemples sources primaires artificielles.
- 2) Qu'est-ce qu'une source secondaire de lumière ?
- 3) Qu'est-ce qu'un corps opaque ? Qu'est-ce qu'une lumière diffusée ?
- 4) Citer deux exemples d'objets réfléchissants et deux exemples d'objets diffusants.
- 5) Qu'est-ce qu'un récepteur de lumière ? Donner un exemple de récepteur de lumière.
- 6) Citer un phénomène montrant que la lumière se propage dans le vide.
- 7) Décrire un fait d'observation courante illustrant la propagation rectiligne de la lumière.
- 8) Qu'est-ce qu'un rayon lumineux ? Qu'est-ce qu'un faisceau rectiligne lumineux ?
- 9) Qu'est-ce que le phénomène de réflexion de la lumière ? Énoncer la première loi de Descartes pour la réflexion.
- 10) Qu'est-ce que le phénomène de réfraction de la lumière ? Énoncer la deuxième loi de Descartes pour la réfraction.
- 11) Qu'appelle-t-on diffraction de la lumière ?
- 12) Pourquoi peut-on affirmer que la lumière a une nature ondulatoire ?
- 13) La lumière est une onde : que signifie une telle expression ? Quel est l'ordre de grandeur des longueurs d'onde lumineuses ?
- 14) Qu'observe-t-on dans la zone d'interférence de deux faisceaux lumineux ?

### **EXERCICE 8 :**

**Compléter les phrases suivantes :**

- 1) Dans un milieu transparent, homogène et isotrope, la lumière se propage en .....
- 2) Le phénomène d'interférence résulte de la ..... de deux ondes provenant de sources cohérentes. Dans la zone où les deux faisceaux se superposent, on observe des ..... alternativement sombres et brillantes, appelées .....
- 3) La lumière est un phénomène vibratoire qui se propage sous forme d'une .....

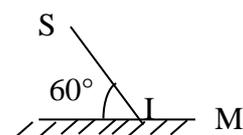
### **EXERCICE 9 :**

Calculer l'indice de réfraction d'un milieu dans lequel la lumière se propage à la vitesse de 185 000 km/s. On donne :  $v = \frac{c}{n}$  avec  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s où  $n$  est l'indice de réfraction.

### **EXERCICE 10**

Un fin pinceau lumineux SI vient frapper, en I, un miroir M (voir figure).

- 1) Quelle est la valeur de l'angle d'incidence ?



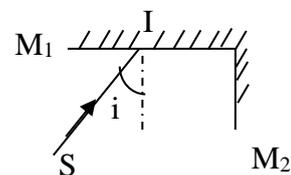
- 2) Tracer le rayon réfléchi.

### **EXERCICE 11 :**

On dispose de deux miroirs plans  $M_1$  et  $M_2$  qui sont disposés à angle droit (voir figure).

Un rayon vient frapper  $M_1$  sous une incidence  $i = 20^\circ$ .

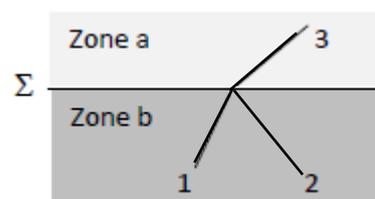
- 1) Tracer la marche des rayons réfléchis sur  $M_1$  puis sur  $M_2$ .
- 2) Montrer que le rayon incident et le rayon réfléchi sur  $M_2$  sont parallèles, quelle que soit la valeur de l'angle d'incidence  $i$  sur le mur  $M_2$ .



### **EXERCICE 12 :**

Un pinceau lumineux tombe sur la surface plane  $\Sigma$  séparant l'air de l'eau. On observe les rayons représentés sur la figure ci-après .

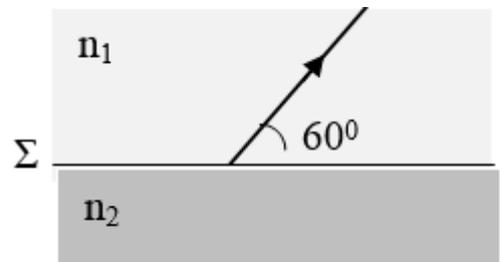
- 1) Le rayon 3 peut-il être le rayon incident ?
- 2) Identifier le rayon incident et les autres rayons
- 3) Indiquer le sens de propagation de la lumière.



4) Dans quelle zone l'eau se trouve-t-elle ?  
On donne les indices de réfraction de l'air ( $n = 1$ ) et l'eau ( $n=1,33$ ).

**EXERCICE 13 :**

Un fin pinceau lumineux tombe sur la surface  $\Sigma$  séparant deux milieux transparents d'indices  $n_1 = 1,2$  et  $n_2 = 1,6$  (voir figure ci-contre).



Recopier et représenter le rayon incident correspondant au rayon réfracté dessiné sur la figure.

**EXERCICE 14:**

Un rayon lumineux se propage dans l'air et arrive, sous une incidence  $i_1 = 30^\circ$ , sur un bloc de verre d'indice  $n = 1,5$ . Déterminer l'angle de réfraction  $i_2$ .

**EXERCICE 15 :**

Un rayon lumineux se propage dans du plexiglas ( $n = 1,5$ ) et sort dans l'air ( $n = 1$ ).

On appelle  $i_1$  l'angle d'incidence et  $i_2$  l'angle de réfraction.

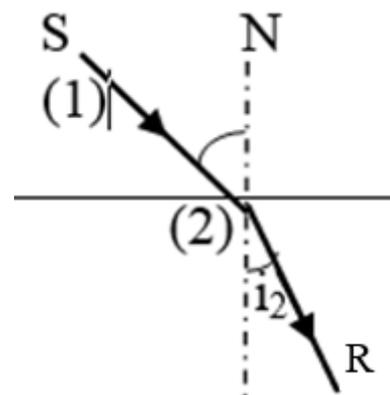
Recopier et compléter le tableau ci-contre :

$i_1$	$0^\circ$	$10^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$
$i_2$					

**EXERCICE 16:**

Un rayon lumineux (SI) est brusquement dévié (IR) en traversant la surface de séparation de deux milieux transparents (1) et (2) comme l'indique la figure.

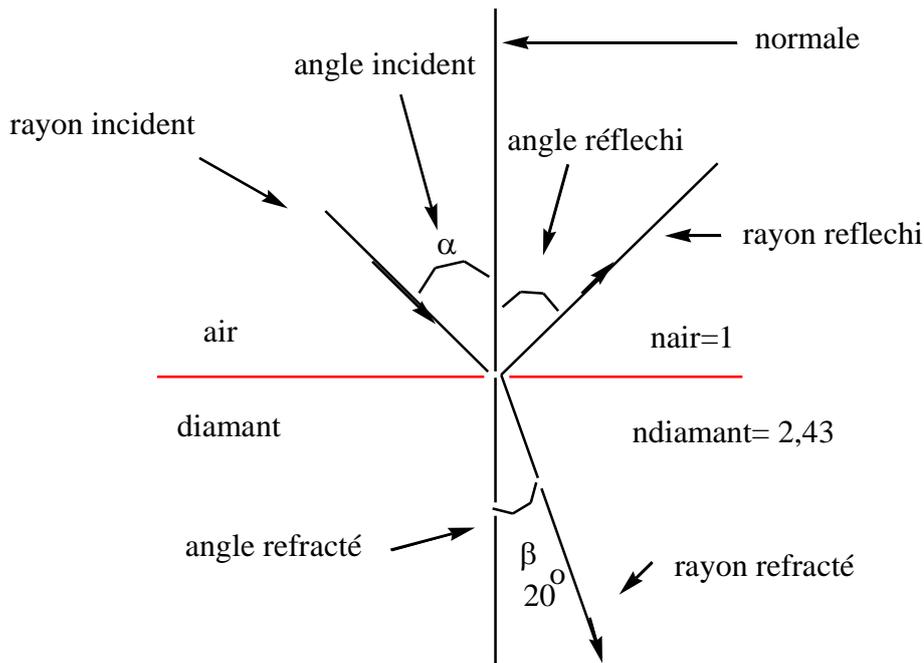
- 1) Comment appelle-t-on ce phénomène ?
- 2) Que représente SI, IR,  $i_1$  et  $i_2$  ?
- 3) Donner la relation entre  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $n_1$  et  $n_2$  sachant que  $n_1$  et  $n_2$  sont respectivement les indices des milieux (1) et (2).
- 4) Calculer  $i_2$  dans le cas où  $i_1 = 90^\circ$ ,  $n_1 = 1$  et  $n_2 = 1,5$ . Comment appelle-t-on  $i_2$  dans ce cas ?



**D -CORRIGE DES EXERCICES**

**EXERCICE 3 :**

- 1) Schématisons la situation.



- 2) Énonçons la seconde loi de Descartes.  
2<sup>ème</sup> loi de Descartes.

L'angle d'incidence est l'angle formé entre la normale à la surface et le rayon incident

L'angle d'incidence (i) est égal à l'angle réfléchi (r) :  $i = r$

- 3) Calculons l'angle d'incidence permettant d'obtenir un angle de réfraction de  $20^\circ$ .

$$n_{\text{air}} \sin \alpha = n_{\text{diamant}} \sin \beta \rightarrow \sin \alpha = \frac{2,43}{1} \sin 20 \rightarrow \text{l'angle d'incidence} \quad \boxed{\alpha = 56,2^\circ}$$

#### **EXERCICE 4:**

- 1) Les principales radiations visibles de la lumière blanche sont Violet, Indigo, Bleu Vert, Jaune, Orange, Rouge
- 2) Citons deux radiations invisibles : infrarouge (IR) et ultraviolet (UV)
- 3) La couleur de l'objet est noire

#### **EXERCICE 16:**

- 1) Ce phénomène s'appelle la réfraction
- 2) SI rayon incident ; IR rayon réfracté ;  $i_1$  angle incident ;  $i_2$  angle réfracté
- 3) Donnons la relation entre  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $n_1$  et  $n_2$  sachant que  $n_1$  et  $n_2$  sont respectivement les indices des milieux (1) et (2).

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

