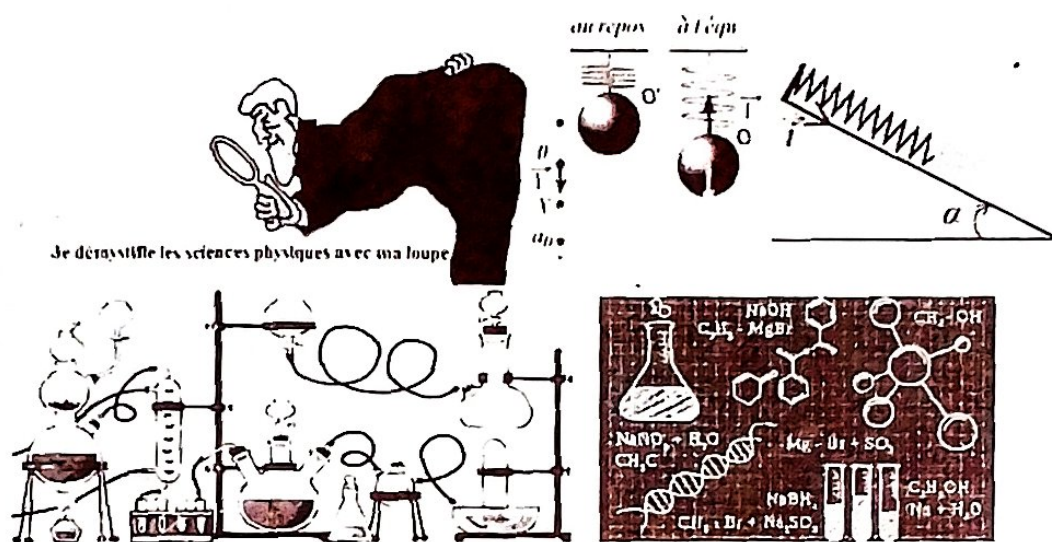


# PHYSIQUE CHIMIQUE

**GUIDE DES VERIFICATIONS DES CONNAISSANCES, DES APPLICATIONS DES CONNAISSANCES, DES RESOLUTIONS DES PROBLEMES ET DES QUELQUES COURS RESUMES DES SCIENCES PHYSIQUES**



Conformément aux programmes 2002 révisité – édition 2018 par l'Institut National de Recherche et d'Action Pédagogique (INRAP)

## 2<sup>nd</sup> C&T

Par Guichel – Kévin NKAYA – BOUKORO,  
Professeur Certifié de l'Enseignement Secondaire, option: Sciences Physiques  
En Service au Lycée d'Enseignement Général Victor Augagneur, Pointe – Noire  
Courriel : guichelkevin@gmail.com  
Tél: + 242 04 485 27 25

CINQUIÈME ÉDITION  
COLLECTION CLEVER

Année Scolaire : 2020 - 2021

2000F

## **Avant-propos, particularité du guide et Méthode de résolution d'un problème ou d'un exercice des Sciences Physiques**

### **Avant-propos**

Dans le souci d'apporter une amélioration et démystifier le mystère qui règne en sciences Physiques dans les classes des Secondes Scientifiques (C&T) l'auteur a pensé de concevoir ce guide d'exercices de Physique tout en se référant sur la nouvelle donne portant sur l'amélioration de la composition des items d'évaluation proposée en 2014 par l'Institut National des Recherches et d'Action Pédagogique (INRAP).

### **Particularité du Guide**

Ce document, fait avec un cœur scientifique et un esprit ouvert vous donne la possibilité d'appliquer directement le cours dans la **partie I** de chaque chapitre intitulé **Pour comprendre le cours**. Cette rubrique vous offre les exercices d'application qui sont liés à chaque sous-titre du cours, cela va vous permettre de bien comprendre le cours. Dans la **Partie II**, intitulé **Pour approfondir les connaissances**, vous trouverez des exercices mixtes c'est - à - dire tous les sous - titre fusionnés, voir même des combinaisons de deux ou trois chapitres dans un seul exercice. Dans cette partie vous trouverez aussi des problèmes.

### **Méthode de résolution d'un problème ou d'un exercice des Sciences Physiques**

Un problème ou un exercice des Sciences Physiques est constitué essentiellement d'une problématique posée et une question ou une série de questions que l'élève est appelé à résoudre c'est - à - dire à trouver la solution ou les solutions. La résolution de telles questions suppose une manière de conduire le raisonnement, de progresser pour arriver au but.

Pour ce faire, il faut en premier, procéder à l'analyse du problème. Celle-ci consiste à préciser ce que l'on demande dans l'énoncé et à cerner tout ce qui y est connu en d'autres termes les données. Il importe ensuite de réfléchir sur le comment passer de ce que l'on demande.

Comment découvrir l'inconnu à partir du connu ?

Cette préoccupation fondamentale conduit à tracer l'itinéraire du chemin à parcourir afin de dégager la réponse à la question posée. Cette phase est le raisonnement. **C'est un procédé essentiellement scientifique.** C'est là on utilise les formules, les équations chimiques, bref tous les moyens et autres astuces rencontrés en cours et travaux dirigés de Sciences Physiques.

Lorsque cette étape discursive et bien agencée, sa solidité et sa clarté conformées, elle s'offre à apprenant comme un escalier bien construit. En l'utilisant, le candidat ne court alors aucun risque de se casser le nez. Il lui suffit simplement d'en prendre une à une les marches pour parvenir à la solution escomptée.

A ce niveau, il ne reste à l'élève qu'à vérifier si le résultat obtenu est compatible avec les différentes données énoncées dans le problème ou l'exercice. Cette vérification s'avère nécessaire car elle rassure l'élève.

**L'Auteur**

## Table des matières

Partie Physique .....	04
Propagation de la lumière .....	05
Incertitude sur une mesure physique .....	09
Forces .....	11
Centre d'inertie.....	12
Variation du poids d'un corps avec l'altitude.....	12
Ressorts.....	13
Forces Concourantes .....	15
Forces Parallèles .....	17
Théorème de moment.....	18
Travail et Puissance.....	23
Machines simples.....	25
Les Pressions et La Poussée d'Archimède.....	29
Partie Chimique.....	34
Matière – Transformation Physique et Chimique .....	35
Mélanges des corps purs .....	39
La mole et Préparation des solutions.....	40
Rappel du Cours sur le modèle atomique.....	41
Atomes – Classification des atomes – Structures des atomes.....	42
Molécules et Liaisons chimiques.....	45
Réactions Chimiques.....	48
Réactions D'oxydoréduction.....	51
Bibliographie.....	55

# **PREMIERE PARTIE : PHYSIQUE**

**PROPAGATION DE LUMIERE**

**I. Rappels les notions fondamentales sur la lumière**

**I. Les Phénomènes lumineux**

C'est l'ensemble des phénomènes aux quels l'œil est sensible. Pour être visible, un objet doit pouvoir faire parvenir de la lumière à l'œil.

**I. 1. Source lumineuse**

**I.1.1. Définition**

Une source de lumière est un corps artificiel ou céleste qui émet (c'est à dire qui projette) de la lumière autour de lui. On distingue deux types de sources lumineuses.

**I.1.1.1. Les sources primaires**

Soleil, bougies, lampe à incandescence, tube fluorescent... Elles produisent la lumière qu'elles émettent. Les éclairages artificiels tendent à produire une lumière la plus voisine possible de celle du Soleil (lumière blanche) afin que notre perception des couleurs se rapproche le plus possible de celle de la lumière du jour.

**I.1.1.2. Les sources secondaires**

La Lune, le ciel, les planètes, l'écran d'un projecteur... Elles réfléchissent ou absorbent de la lumière produite par une source primaire et la diffusent.

**Exemple : Miroir, lune**

La lune et les planètes du système solaire ne produisent aucune lumière. Elles renvoient en partie la lumière qu'elles reçoivent du Soleil.

**Exemples des sources**

Sources primaires	Sources secondaires
Soleil, étoile	Lune, planètes
Lampe, bougie	Mur, plafond
Ecran de téléviseur	Tableau, photo
Laser	

Ces différentes sources peuvent être des sources ponctuelles ou des sources étendues.

**I.1.1.2.1. Sources lumineuses ponctuelles**

Une "source lumineuse ponctuelle" (assimilable à un point matériel) est une émission de lumière qui apparaît concentrée en un point minuscule alors qu'elle irradie dans toutes les directions. Exemple : Les étoiles sont des sources lumineuses ponctuelles.

**I.1.1.2.2. Sources étendues**

Source étendue est une source qui occupe une grande partie dont la taille n'est pas négligeable et qui créera une pénombre autour d'une ombre.

**I.1.1.2.2.1. Ombre**

Elle est liée à une source lumineuse, c'est une région de l'espace dans laquelle un observateur ne voit pas la source lumineuse.

**I.1.1.2.2.2. La pénombre**

C'est la zone de moindre éclairage que détermine l'interception partielle de la source lumineuse par un objet.

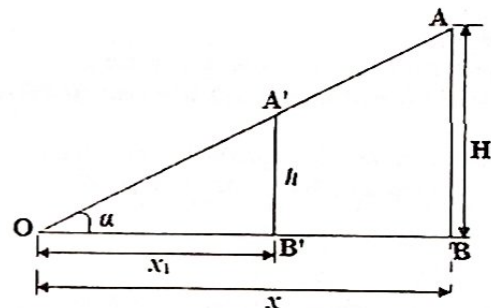
**I.2.2. Lumière**

La lumière est un phénomène physique qui peut produire une sensation visuelle. Elle peut aussi être définie comme blanche  $c - \lambda - d$ . superposition d'ondes monochromatique (une seule couleur caractérisée par une longueur d'onde bien précise)

**I.2.3. Nature de la lumière**

La lumière est de nature ondulatoire. Elle est constituée : soit d'une seule radiation, c'est alors une lumière monochromatique ; ... À chaque radiation correspond une couleur bien déterminée.

**II. Rappel des formules sur la propagation rectiligne de la lumière**



$$\Delta(B'OA'): \tan \alpha = \frac{A'B'}{OB'} = \frac{h}{x_1} \quad (1)$$

$$\Delta(BOA): \tan \alpha = \frac{AB}{OB} = \frac{H}{x} \quad (2)$$

$$(1) = (2)$$

$$\frac{h}{x_1} = \frac{H}{x} \Rightarrow \frac{H}{h} = \frac{x}{x_1} : \text{C'est le théorème de Thalès}$$

$$\Delta(B'OA'): \begin{cases} \cos \alpha = \frac{OB'}{OA'} = \frac{x_1}{\sqrt{x_1^2 + h^2}} \\ \sin \alpha = \frac{A'B'}{OA'} = \frac{h}{\sqrt{x_1^2 + h^2}} \end{cases}$$

$$\Delta(BOA): \begin{cases} \cos \alpha = \frac{OB}{OA} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + H^2}} \\ \sin \alpha = \frac{AB}{OA} = \frac{H}{\sqrt{x^2 + H^2}} \end{cases}$$

## TRAVAUX DIRIGES

### TRAVAUX DIRIGES

#### Partie I : Vérification des connaissances

##### A. Question à réponse construite

A<sub>1</sub>: Décris une expérience montrant que la propagation de la lumière a traversé le dioptré.

A<sub>2</sub>: Donne les lois de la réflexion de la lumière.

A<sub>3</sub>: Donne les lois de la réfraction de la lumière.

##### B. Construction des schémas

B<sub>1</sub>: Fais le schéma de la formation des images dans une chambre noire.

B<sub>2</sub>: Fais le schéma de l'éclipse de soleil.

B<sub>3</sub>: Fais le schéma de la lune.

##### Application n° 01

Les distances astronomiques s'évaluent souvent en année lumière (une année lumière est la distance parcourue par la lumière, dans le vide, en un an) ; évalue approximativement une année lumière en milliards de kilomètres.

##### Application n° 02

Un observateur entend le tonnerre 4,0 secondes. Après avoir vu l'éclair correspondant. Déduis la distance à laquelle l'éclair s'est produit sachant que la vitesse de propagation du son dans l'air est 340 m/s.

##### Application n° 03

La lumière de l'étoile polaire met 46 ans et demi à nous parvenir. Quelle est la distance de cette étoile à la terre ?

On donne la vitesse de propagation de la lumière :

$$C = 3.10^8 \text{ m/s}$$

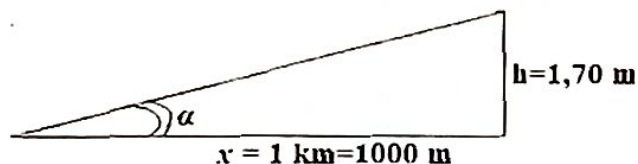
##### Application n° 04

Calcule le temps que met la lumière pour nous parvenir de lune sachant que la distance de la terre à la lune vaut 60 fois le rayon de la terre.

On admet que le mètre est les dix - millièmes parties du quart de la circonférence d'un grand cercle de la sphère Terrestre.

##### Application n° 05

Sous quel angle (exprimé en degré, minutes, secondes) voit - on un homme de hauteur 1,70 m, situé à 1 km.



##### Application n° 06

Un bâton vertical de 1 m de longueur projette son ombre, longue de 4 m, sur le sol horizontal.

Quel l'angle (exprimé en radians et en degrés) fait la verticale avec une droite passant par le sommet du bâton et le centre du soleil ?

##### Application n° 07

1. Une antenne verticale de hauteur  $h = 1,00 \text{ m}$  est plantée sur le sol horizontal. Calcule la longueur  $L$  de son ombre lorsque les rayons du soleil sont inclinés d'un angle de  $29^\circ$  avec l'horizontal.

2. A ce même moment, on mesure la longueur  $L'$  de l'ombre d'un ombre vertical, on trouve  $L' = 9,65 \text{ m}$ . Calcule la hauteur de l'arbre.

##### Application n° 08

Un poteau vertical de 2 m de hauteur est planté dans un plan horizontal.

1. Quelle est la longueur de l'ombre lorsque les rayons du soleil sont inclinés de  $30^\circ$  par rapport à l'horizontal ?

2. Quelle est, au même moment, la hauteur d'un arbre dont l'ombre mesure 15 ?

##### Application n° 09

On photographie avec une chambre noire une tour de 40 m de hauteur situé à 300 m. La profondeur de la chambre étant 30 cm. Quelle est la grandeur de l'image obtenue ?

##### Application n° 10

Dans l'obscurité complète, l'œil peut voir la flamme d'une bougie situé à 30 km. La flamme a une hauteur de 2 cm. Calcule son diamètre apparent.

##### Application n° 11

Où faut - il placer un objet circulaire pour obtenir sur un écran une ombre portée d'aire 4 fois plus grande que l'objet ? On donne la distance source - écran = 2 m.

##### Application n° 12

Un arbre projette une ombre de 6 m. Au même moment, un piquet vertical de 1,5 cm projette une ombre de 0,9 m. Calcule la hauteur de l'arbre.

##### Application n° 13

Un objet de 20 cm de hauteur se trouve à 125 cm du trou d'une chambre noire dont la profondeur est de 25 cm.

Calcule la hauteur de l'image projetée sur le papier huilé.

##### Application n° 14

Calcule la hauteur d'un poteau électrique sachant que son ombre mesure 5 m au sommet où l'ombre règle verticale de 1 m mesure 0,62 m.

##### Application n° 15

Entre une source lumineuse ponctuelle et un écran, on place une plaque rectangulaire de 8 cm de large et 12 cm de long. La plaque est équidistante de la source et l'écran. Quelles sont les dimensions de l'ombre portée de la plaque sur l'écran ?

##### Application n° 16

Une source lumineuse circulaire de 4 cm de diamètre est située à 50 cm d'un disque opaque de 20 cm de diamètre.

Calcule le diamètre de l'ombre portée et l'épaisseur de la pénombre sur un écran situé à 1 m au-delà du corps opaque.

##### Application n° 17

Une ampoule de 5 cm de diamètre éclaire un disque de 10 cm de diamètre situé à 1 m de l'ampoule. On place perpendiculaire à l'axe du disque qui passe par le centre de l'ampoule. La pénombre portée sur l'écran a une largeur de 3 cm.

1. Quelle est la distance qui sépare l'écran du disque.
2. calcule le diamètre de l'ombre portée.

#### Application n° 18

Un disque opaque ( $D$ ) de 10 cm de diamètre est placé à 150 cm d'une source étendue de 9 cm de long. On place un écran à 2 m du disque.

1. Quelle est la surface de l'ombre portée et la largeur de pénombre.
2. On remplace la source étendue par une source ponctuelle. Calcule l'angle au sommet du côté d'ombre.

#### Application n° 19

1. L'ouverture d'une chambre noire a 1 mm de diamètre et la profondeur de cette chambre est 1 m. L'image d'une source ponctuelle qui se forme sur l'écran a 10 mm de diamètre. Explique la formation de cette image par un schéma.
2. Que devient le diamètre de cette image en mm si la profondeur de la chambre passe de 1 à 2 m ?

#### Application n° 20

1. Quelle est la plus petite distance séparant deux points vus distinctement situés à 20 cm de l'œil ?
2. Quelle est la plus petite distance entre deux points vus séparément sur la lune ? On donne terre - lune : 3,843902.10<sup>8</sup> km.
3. On émet en même temps deux flashes lumineux puissants sur la lune. Que voit-on de la terre si les deux points éclairés sont distants de 50 km ? de 200 km ?

Remarque : Le pouvoir séparateur de l'œil est le plus petit diamètre apparent sous lequel l'œil peut distinguer deux points. Il est de  $3.10^{-4}$  rad pour un œil normal.

#### Application n° 21

1. Une chambre noire a une profondeur de 10 cm et un trou de 5 mm de diamètre. On place sur l'axe du trou à 12 cm de celui-ci une source ponctuelle. On observe sur le fond de la chambre une tâche circulaire lumineuse. Calcule la surface de cette tâche en mm<sup>2</sup>.
2. On remplace le point lumineux par une tige lumineuse de 10 cm de longueur disposée symétriquement sur l'axe.
  - 2.1. Fais le schéma de l'expérience.
  - 2.2. Détermine la taille de l'image et déduis le grandissement.

#### Application n° 22

Une caisse de 20 cm de profondeur dispose d'un petit trou de diamètre  $AB = 3$  cm placé à 15 cm d'une source de hauteur  $S_1S_2$ . Éclairé par cette source, on observe une ombre sur l'écran de la caisse (face parallèle à la source). Le rayon qui quitte  $S_1$  passant par  $B$  et le rayon qui quitte  $S_2$  passant par  $A$  se croisent en  $O$  à une distance  $x=SO=10$  cm de la source.

1. Fais le schéma du dispositif.
2. Détermine la hauteur de l'objet  $S_1S_2$  et celui de l'image sur l'écran.

#### Application n° 23

Un disque opaque de diamètre 10 cm est placé entre une source de lumière ponctuelle et un écran parallèle à ce disque, à 1 mètre de l'ombre portée sur l'écran.

1. Calcule le diamètre de l'ombre portée sur l'écran.
2. Donne une idée par le dessin de ce que deviendrait cette ombre portée si la source était une droite lumineuse, parallèle au disque, de 5 cm de hauteur.

#### Application n° 24

Une source ponctuelle se trouve sur l'axe d'un disque opaque de 5 cm de rayon, à 1 m de ce cercle : à quelle distance doit-on placer un écran parallèle au plan du disque pour que la surface de l'ombre portée soit 16 fois plus grande que la surface du disque ?

#### Application n° 25

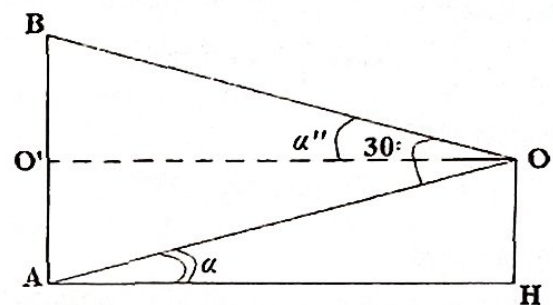
L'objet de la figure ci-dessous a 15 cm de hauteur : l'ouverture de la chambre noire est à 80 cm de l'objet de la profondeur de cette chambre est de 20 cm. Calcule la hauteur de la reproduction observée sur le verre dépoli.

#### Application n° 26

Une source de lumière en forme de disque de 1 cm de diamètre éclaire un disque opaque de même axe, ayant 5 cm de rayon et placé à 50 cm de source. Calcule les largeurs de l'ombre portée et la pénombre sur écran parallèle aux disques et situé à 2 m du disque opaque.

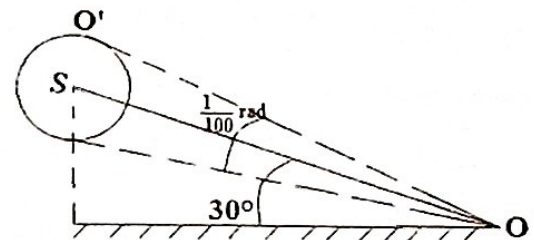
#### Application n° 27

L'œil  $O$  d'un observateur  $O$  est à 1,58 m du sol ( $H$ ), tel que  $OH = 1,58$  m, et voit sous un angle de  $30^\circ$  un mât vertical planté à la distance  $AH = 10$  m. Quelle est la hauteur  $AB$  du mât ?



#### Application n° 29

Un ballon sphérique de centre  $S$ , de diamètre égal à 10 m possède, pour un observateur  $O$ , un diamètre de  $\frac{1}{100}$  radian. Quelle est son altitude, si la droite  $OS$  fait avec l'horizontal l'angle de  $30^\circ$  ?



## Réponses aux applications

### Application n° 01

$$x = 3 \cdot 10^8 \times 365 \times 24 \times 3600 \approx 9460 \text{ milliards de km}$$

### Application n° 02

$$x = v \cdot t = 1360 \text{ m}$$

### Application n° 03

$$x = c \cdot t = 4,39 \cdot 10^{17} \text{ m}$$

### Application n° 04

$$t = \frac{D}{C} = \frac{60 \cdot R_T}{C} = \frac{60 \cdot \text{Circonférence}}{2 \cdot \pi \cdot C} = \frac{60 \times 4 \times 10.000.000}{2 \cdot \pi \cdot 3 \cdot 10^8}$$

$$t = 1,27 \text{ s}$$

### Application n° 05

$$\tan \alpha = \frac{h}{x} = \frac{1,70}{1000} \Rightarrow \alpha = 0^\circ 5' 50''$$

### Application n° 06

$$\tan \alpha = \frac{4}{1} = \alpha = 1,326 \text{ rad}$$

### Application n° 09

$$A'T' = AT \cdot \frac{OA'}{OA} = 4 \text{ cm}$$

### Application n° 10

$$\tan \alpha = \frac{AB}{OB} \text{ avec } \tan \alpha \approx \alpha \Rightarrow \alpha \approx \frac{AB}{OB} \approx 0,000067 \text{ rad}$$

### Application n° 11

$$SI = \frac{SO}{2} = 1 \text{ m}$$

### Application n° 12

$$H = h \cdot \frac{L}{l} = 10 \text{ m}$$

### Application n° 13

$$h = H \cdot \frac{d}{D} = 4 \text{ cm}$$

### Application n° 14

Calcule la hauteur d'un poteau électrique sachant que son ombre mesure 5 m au sommet où l'ombre règle verticale de 1 m mesure 0,62 m.

### Application n° 14

$$H = h \cdot \frac{x_1}{x_2} = 8 \text{ m}$$

### Application n° 19

$$\left\{ \begin{array}{l} CD = \left(1 + \frac{O'O}{SO}\right) \cdot AB \\ SO = \frac{OO'}{-1 + \frac{CD}{AB}} = \frac{100}{9} \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow CD = 19 \text{ mm}$$

### Application n° 20

- $AB \approx \alpha \cdot OA = 6 \cdot 10^{-5} \text{ m}$
- $A'B' \approx \alpha \cdot D_{T-L} \approx 115317 \text{ m}$

### Application n° 21

$$1. \left\{ \begin{array}{l} S_{A'B'} = \pi \cdot (O'A')^2 \\ O'A' = \left(1 + \frac{O'O}{SO}\right) \cdot OA \Rightarrow S_{A'B'} = \pi \cdot \left[\left(1 + \frac{O'O}{SO}\right) \cdot OA\right]^2 \\ S_{A'B'} = \pi \cdot \left[\left(1 + \frac{10}{12}\right) \cdot \frac{5}{2}\right]^2 \approx 66 \text{ mm}^2 \end{array} \right.$$

$$2. A'B' = 11 \text{ cm}; \text{Grandissement: } \gamma = \frac{A'B'}{S_1 S_2} = \frac{11}{10} = 1,1$$

### Application n° 22

$$\left\{ \begin{array}{l} S_1 S_2 = \frac{AB \cdot SO}{(SO' - SO)} = 6 \text{ cm} \\ A'B' = \frac{S_1 S_2 \cdot OO''}{SO} = \frac{S_1 S_2 (SO' - SO + O'O'')}{SO} = 15 \text{ cm} \end{array} \right.$$

### Application n° 23

- $D = 2 \cdot R = 2 \cdot \frac{Lr}{l} = 10 \text{ cm}$   
 $R' = BC + 2,5$
- $\left\{ \begin{array}{l} DE = 5 - 2,5 = 2,5 \text{ cm} \Rightarrow R' = BC + 2,5 = 7,5 \text{ cm} \\ BC = DE \cdot \frac{l}{l} = 5 \text{ cm} \end{array} \right.$   
La zone d'ombre se réduit de 15 cm.

### Application n° 24

$$OC' = 4 \text{ m}$$

### Application n° 25

$$A'B' = 2 \cdot B'C' = 2 \cdot BC \cdot \frac{C'O}{CO} = 3,75 \text{ m}$$

### Application n° 26

Largeur de l'ombre :  $A'B' = 2 \times 23 = 46 \text{ cm}$   
Largeur de pénombre :  $A''B'' = 27 - 23 = 4 \text{ cm}$

### Application n° 27

$$\overline{AB} = \overline{BO'} + \overline{AO'} = 5,42 \text{ m}$$

### Application n° 29

$$SO'' = SO \cdot \sin 30^\circ = 500 \text{ m}$$

**INCERTITUDES D'UNE MESURE PHYSIQUE**

**I. Définition d'une incertitude**

- L'incertitude est définie comme une mesure qui n'est pas fixe c'est - à - dire qui laisse place au doute.
- Elle peut aussi être définie comme une impossibilité d'avoir une valeur exacte ou rassurée.

**II. Valeur approchée et valeur exacte d'une grandeur physique**

Lorsqu'on mesure une grandeur, on cherche en effet de déterminer sa valeur exacte ( $a_e$ ). Mais chaque fois qu'on effectue une mesure, le résultat trouvé n'on exprime que la valeur approchée ( $a$ ). On dit qu'une mesure est toujours attachée d'erreur.

**II.1. Incertitude absolue**

L'incertitude absolue est l'incertitude en valeur absolue d'une grandeur physique. Elle est notée par  $\Delta a$  et définie mathématiquement comme la valeur absolue de la différence entre la valeur exacte ( $a_e$ ) et de la valeur approchée ( $a$ )

$$\Delta a = |a_e - a|$$

**N.B:**

Le résultat de la mesure (valeur exacte) est alors comprise entre deux limites qui est:  $a - \Delta a$  et  $a + \Delta a$   
 $a_e = a \pm \Delta a$  ou  $a - \Delta a \leq a_e \leq a + \Delta a$

**II.2. Incertitude relative**

L'incertitude relative d'une mesure c'est le rapport de l'incertitude absolue  $\Delta a$  sur la valeur approchée  $a$ . Elle est notée par  $\frac{\Delta a}{a}$ .

**Remarque :**

Lorsqu'on exprime l'incertitude relative en % ; en ‰ ou encore en ‰‰, on obtient la précision de la mesure.

**III. Application de quelques formules sur les incertitudes d'une mesure physique**

**III.1. Incertitude sur une somme algébrique**

Soit  $g$  une somme algébrique de la forme :

$$g = a + b + c - d + e - f + \dots +$$

L'incertitude absolue de  $g$  est:

$$\Delta g = \Delta a + \Delta b + \Delta c + \Delta d + \Delta e + \Delta f + \dots +$$

**III.2. Incertitude sur le produit**

**III.2.1. Soit le produit  $g$  tel que:  $g = a \cdot b$**

L'incertitude relative de  $g$  est:  $\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$

L'incertitude absolue de  $g$  est:  $\Delta g = g \cdot \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}\right)$

**III.2.2. Soit le produit  $g$  tel que:  $g = k \cdot a \cdot b$  avec  $k = cste$**

L'incertitude relative de  $g$  est:  $\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$

L'incertitude absolue de  $g$  est:  $\Delta g = g \cdot \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}\right)$

**III.2.3. Soit le produit  $g$  tel que:  $g = k \cdot a^n$  avec  $\begin{cases} k = cste \\ n \in \mathbb{N}^* \end{cases}$**

L'incertitude relative de  $g$  est:  $\frac{\Delta g}{g} = n \cdot \frac{\Delta a}{a}$

L'incertitude absolue de  $g$  est:  $\Delta g = g \cdot n \cdot \frac{\Delta a}{a}$

**III.2.4. Soit le produit  $g$  tel que:  $g = k \cdot a^n \cdot b^m$  avec**

$$\begin{cases} k = cste \\ n \text{ et } m \in \mathbb{N}^* \end{cases}$$

L'incertitude relative de  $g$  est:  $\frac{\Delta g}{g} = n \cdot \frac{\Delta a}{a} + m \cdot \frac{\Delta b}{b}$

L'incertitude absolue de  $g$  est:  $\Delta g = g \cdot \left(n \cdot \frac{\Delta a}{a} + m \cdot \frac{\Delta b}{b}\right)$

**III.3. Incertitude sur le quotient**

**III.3.1. Soit le quotient  $g$  tel que:  $g = \frac{a}{b}$**

L'incertitude relative de  $g$  est:  $\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$

L'incertitude absolue de  $g$  est:  $\Delta g = g \cdot \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}\right)$

**III.3.2. Soit le produit  $g$  tel que:  $g = k \cdot \frac{a}{b}$  avec  $k = cste$**

L'incertitude relative de  $g$  est:  $\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$

L'incertitude absolue de  $g$  est:  $\Delta g = g \cdot \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}\right)$

**III.3.3. Soit le produit  $g$  tel que:  $g = k \cdot \frac{a^n}{b^m}$  avec  $\begin{cases} k = cste \\ n \text{ et } m \in \mathbb{N}^* \end{cases}$**

L'incertitude relative de  $g$  est:  $\frac{\Delta g}{g} = n \cdot \frac{\Delta a}{a} + m \cdot \frac{\Delta b}{b}$

L'incertitude absolue de  $g$  est:  $\Delta g = g \cdot \left(n \cdot \frac{\Delta a}{a} + m \cdot \frac{\Delta b}{b}\right)$

**IV. Formule d'approximation**

Soient  $\epsilon$  et  $\epsilon'$  (des nombres très petits et très inférieurs à 1) ont des approximations suivantes :

**IV.1. Formule algébrique**

$$(1 + \epsilon)^n \approx 1 + n \cdot \epsilon$$

$$\sqrt{1 + \epsilon} = (1 + \epsilon)^{\frac{1}{2}} \approx 1 + \frac{\epsilon}{2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \epsilon}} = \frac{1}{(1 + \epsilon)^{\frac{1}{2}}} = (1 + \epsilon)^{-\frac{1}{2}} \approx 1 - \frac{\epsilon}{2}$$

$$\sqrt[n]{1 + \epsilon} = (1 + \epsilon)^{\frac{1}{n}} \approx 1 + \frac{\epsilon}{n}$$

$$\frac{1 + \epsilon}{1 + \epsilon'} \approx 1 + \epsilon - \epsilon'$$

$$\frac{1 + \epsilon}{1 - \epsilon'} \approx 1 + \epsilon + \epsilon'$$

$$(1 + \epsilon)(1 - \epsilon') \approx 1 + \epsilon - \epsilon'$$

$$(1 + \epsilon)(1 + \epsilon') \approx 1 + \epsilon + \epsilon'$$

**IV.2. Formule trigonométrique**

Soit  $\theta$ , un angle très petit, exprimé radian (rad) et très inférieur à 1.

$$\tan \theta \approx \theta$$

$$\sin \theta \approx \theta$$

$$\cos \theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$$

**IV. Formule d'approximation**

Soient  $\epsilon$  et  $\epsilon'$  (des nombres très petits et très inférieurs à 1) ont des approximations suivantes :

#### IV.1. Formule algébrique

$$(1 + \epsilon)^n \approx 1 + n\epsilon$$
$$\sqrt{1 + \epsilon} = (1 + \epsilon)^{\frac{1}{2}} \approx 1 + \frac{\epsilon}{2}$$
$$\frac{1}{\sqrt{1 + \epsilon}} = \frac{1}{(1 + \epsilon)^{\frac{1}{2}}} = (1 + \epsilon)^{-\frac{1}{2}} \approx 1 - \frac{\epsilon}{2}$$
$$\sqrt[n]{1 + \epsilon} = (1 + \epsilon)^{\frac{1}{n}} \approx 1 + \frac{\epsilon}{n}$$
$$\frac{1 + \epsilon}{1 + \epsilon'} \approx 1 + \epsilon - \epsilon'$$
$$\frac{1 + \epsilon}{1 - \epsilon'} \approx 1 + \epsilon + \epsilon'$$
$$(1 + \epsilon)(1 - \epsilon') \approx 1 + \epsilon - \epsilon'$$
$$(1 + \epsilon)(1 + \epsilon') \approx 1 + \epsilon + \epsilon'$$

#### IV.2. Formule trigonométrique

Soit  $\theta$ , un angle très petit, exprimé radian (rad) et très inférieur à 1.

$$\tan \theta \approx \theta$$
$$\sin \theta \approx \theta$$
$$\cos \theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$$

#### V. Chiffres significatifs

On appelle chiffres significatifs, les chiffres qui interviennent dans le nombre qui exprime une mesure. On ne tient pas compte des zéros qui précèdent le premier chiffre différent de zéro.

Exemples :  $l = 97,56 \text{ mm}$ : 4 chiffres significatifs

$l = 0,09756 \text{ m}$ : 4 chiffres significatifs.

N.B: Dans le 2<sup>ème</sup> cas, zéro n'est chiffre significatif.

#### VI. Système international

Le système international d'unité est un système d'unité adopté par les scientifiques. Ce système utilise les grandeurs de base telles que: la Longueur (en mètre: m) ; la Masse (en kilogramme: kg); le Temps (en seconde: s) et l'intensité du courant (en Ampère: A)

(MKSA: Mètre Kilogramme Seconde Ampère)

#### Application des connaissances

##### Application n° 01

Calcule le volume et les incertitudes absolue et relative sur le volume d'un cube dont l'arête  $a = 10 \pm 0,1 \text{ cm}$ .

##### Application n° 02

Calcule la masse volumique et l'incertitude relative sur la masse volumique d'un parallélépipède ayant pour dimension :  $e = 5 \pm 0,05 \text{ cm}$ ;  $L = 25 \pm 0,1 \text{ cm}$ ;  $l = 3 \pm 0,1 \text{ cm}$  et  $M = 125 \pm 1 \text{ g}$

##### Application n° 03

Un cylindre homogène possède comme caractéristique :

$h = 40 \pm 1 \text{ mm}$ ;  $d = 38 \pm 1 \text{ mm}$ ;  $m = 800 \pm 0,1 \text{ g}$ .

Calcule son volume, sa masse volumique, donner la précision de résultat.

##### Application n° 04

La mesure du rayon d'une sphère est de  $(12 \pm 0,05) \text{ m}$ . Calcule la surface et déduis les incertitudes relative et absolue.

##### Application n° 05

Dans une détermination rapide de masse volumique on a trouvé :  $m = 16,25 \text{ g}$  à 1%, et  $V = 8,5 \pm 0,4 \text{ cm}^3$ .

Calcule la masse volumique et la précision du résultat.

#### Application n° 06

Pour mesurer l'épaisseur d'un cylindre creux on mesure les

diamètres intérieur ( $D_1$ ) et extérieur ( $D_2$ ) et on trouve :

$D_1 = 19,5 \pm 0,1 \text{ mm}$  ;  $D_2 = 26,5 \pm 0,1 \text{ mm}$

Donne la précision de la mesure résultat obtenu.

#### Application n° 07

La mesure des dimensions (hauteur et diamètre) d'un cylindre homogène en acier a donné  $h = D = 4,000 \pm 0,005 \text{ cm}$ , celle de sa masse a conduit au résultat :  $m = 392,05 \pm 0,05 \text{ g}$ . Calcule le volume du cylindre et la masse volumique de l'acier dont il est fait.

#### Application n° 08

Un cylindre en cuivre de hauteur  $h$ , de rayon  $R$  a pour masse volumique  $a = 7,5 \pm 0,033 \text{ g/cm}^3$ . Calcule la masse du cylindre, l'incertitude absolue et l'incertitude relative sur la masse. On donne :  $R = 5 \pm 0,01 \text{ cm}$  ;  $h = 20 \pm 0,05 \text{ cm}$ .

#### Application n° 09

A l'aide d'une éprouvette graduée, on procède au remplissage d'un récipient en y versant successivement  $(180 \pm 2) \text{ cm}^3$ ,  $(150 \pm 2) \text{ cm}^3$  et  $(120 \pm 2) \text{ cm}^3$  d'eau.

1. Déduis le contenu minimal du récipient (valeur du volume en défaut).
2. Déduis le contenu maximal du récipient (valeur du volume en excès).
3. Détermine le contenu du récipient.
4. Détermine les incertitudes absolue et relative.

#### Application n° 10

La mesure du demi - périmètre d'un rectangle est de  $(9 \pm 0,02) \text{ m}$  et celle de la largeur est de  $(3 \pm 0,02) \text{ m}$ .

Calcul la longueur du rectangle ainsi que les incertitudes absolue et relative.

#### Application n° 11

Calcule l'aire  $S$  d'un cercle dont le rayon vaut :

$R = 5,21 \pm 0,01 \text{ cm}$ . Quelle est la précision du résultat obtenu ?

#### Application n° 12

La mesure des dimensions (hauteur et diamètre) d'un cylindre homogène en acier a donné  $h = D = 4,000 \pm 0,005 \text{ cm}$ , celle de sa masse a conduit au résultat :  $m = 392,05 \pm 0,05 \text{ g}$ . Calcule le volume du cylindre et la masse volumique de l'acier dont il est fait. Puis déduis la précision de la mesure sur la masse volumique.

#### Application n° 13

La mesure du demi - périmètre d'un rectangle est de  $(9 \pm 0,02) \text{ m}$  et celle de la largeur est de  $(3 \pm 0,02) \text{ m}$ .

Calcul la longueur du rectangle ainsi que les incertitudes absolue et relative.

#### Application n° 14

Calcule en utilisant les formules d'approximation, effectuer au dix-millième près les opérations suivantes:

$$\sqrt{98} ; \sqrt{101} ; \frac{1,003}{0,996} ; \sqrt[3]{997,9} ; 1,0037 \times 0,9972$$

#### Application n° 15

Calculer  $\cos 0,05$  (radian) avec incertitude relative inférieure au dix-millième.

# FORCES, CENTRE D'INERTIE, VARIATION DU POIDS D'UN CORPS AVEC L'ALTITUDE ET LES RESSORTS

## I. LES FORCES

### Partie A : Vérification des connaissances

1. Réarrangement : On donne la phase suivante en désordre, réarrange-la.

On appelle force/l'état de repos/toute/de modifier/ou de/cause/ou de mouvement/susceptible/d'un point.

### 2. Question à réponses construites

2.1. On donne les différentes forces : frottement, Pesanteur, musculaire, gravitationnelle, électrostatique, pressante et magnétique. Classe - les par deux catégories des forces (distance et contact).

- 2.2. Enonce le principe d'action mutuelle.  
 2.3. Donne les caractéristiques d'une force.  
 2.4. Définis le poids d'un corps.  
 2.5. Enonce la loi d'attraction universelle.

### 3. Question à alternative vrai ou faux.

Réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes.

Exemple : 3.5 = Vrai

- 3.1. L'intensité d'une force est mesurée à l'aide d'un dynamomètre.  
 3.2. Le point d'application du poids est le centre de gravité G du corps.  
 3.3. La direction du poids d'un corps est toujours verticale c'est - à - dire dirigé vers le bas.  
 3.4. Le sens du poids d'un corps est toujours ascendant.

### 4. Appariement

Relie un élément question de la colonne A à un élément réponse de la colonne B. Exemple : A<sub>1</sub> = B<sub>4</sub>

Colonne A	Colonne B
A <sub>1</sub> Centre d'inertie ou centre de gravité	B <sub>1</sub> $F = \epsilon \cdot \frac{q_A \cdot q_B}{d^2}$
A <sub>2</sub> Force d'attraction	B <sub>2</sub> $\frac{1}{K} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}$
A <sub>3</sub> Tension d'un ressort	B <sub>3</sub> $K = K_1 + K_2$
A <sub>4</sub> Association des ressorts en série	B <sub>4</sub> $\overline{OG} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \overline{OA_i}}{\sum_{i=1}^n m_i}$
A <sub>5</sub> Association des ressorts en parallèle	B <sub>5</sub> $T = K \cdot \Delta l$

### Partie B : Application des connaissances

#### Application n° 01

Deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont même point d'application  $\vec{F}_1$  est verticale, dirigée du bas vers le haut et d'intensité 4N.  $\vec{F}_2$  est horizontale, dirigée de gauche à droite et d'intensité 3N.

1. Représente  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  (échelle : 1 cm pour 1N)  
 2. Représente  $\vec{F}$  telle que  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$   
 3. Donne toutes les caractéristiques de  $\vec{F}$

#### Application n° 02

Représente et calcule l'intensité de la résultante des forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ , d'origine O dont les directions font entre elles un angle de 30°.

On donne :  $F_1 = 50 \text{ N}$  ;  $F_2 = 30 \text{ N}$  ; échelle : 1 cm pour 10 N

#### Application n° 03

Deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ , de même intensité 6N et de même point d'application, font entre elles un angle de 60°.

1. Détermine les caractéristiques de la somme de ces deux forces.  
 2. Détermine la force  $\vec{F}_3$  telle que  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$ .

#### Application n° 04

Deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont même point d'application et même direction.  $F_1 = 4 \text{ N}$  ;  $F_2 = 6 \text{ N}$ .

Détermine la somme de ces deux forces ( $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ ) dans les deux cas suivants :

- les forces ont le même sens ;
- les forces sont de sens contraires.

#### Application n° 05

Deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ , de même intensité, sont appliquées au même point O. Elles font entre elles un angle de 120°.

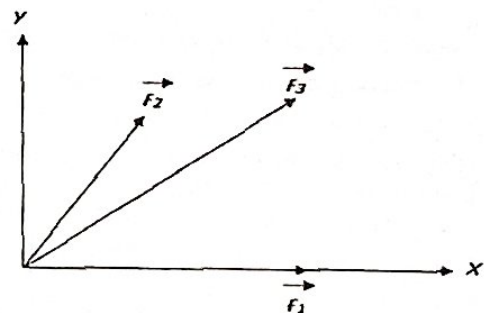
1. Détermine la somme de ces deux forces. On prendra  $F_1 = F_2 = 6 \text{ N}$ .  
 2. Une troisième force  $\vec{F}_3$ , de même intensité que  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ , est appliquée au point O. Elle est dans le même plan que  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  et fait avec  $\vec{F}_1$  et avec  $\vec{F}_2$  des angles de 120°. Détermine la somme des trois forces. F

#### Application n° 06

Dans un plan, on considère trois forces  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  et  $\vec{F}_3$  de modules

respectifs 21 ; 30 et 47 N.  $\vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ .

1. Les angles  $\varphi_1$  et  $\varphi_2$  sont tels que :  $\varphi_1 = (\vec{F}_1, \vec{F}_2)$  et  $\varphi_2 = (\vec{F}_1, \vec{F}_3)$ . Représente - les sur la figure.  
 2. Calcule  $\varphi_1$  et  $\varphi_2$



#### Application n° 07

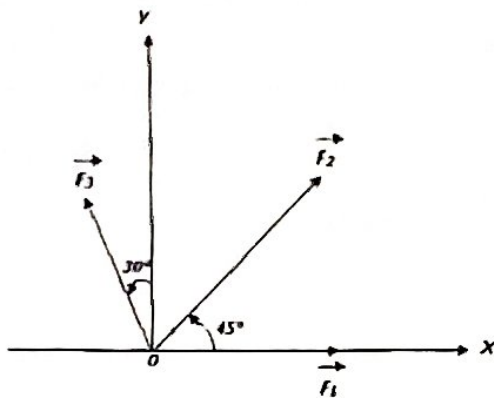
On exerce sur un solide, des forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  orthogonale dont les droites d'action se coupent en un point B.

1. Détermine graphiquement, puis par le calcul, la force  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ .  
 2. Quel est l'angle que fait la direction de  $\vec{F}$  avec celle de  $\vec{F}_1$  ?

On donne :  $F_1 = 10 \text{ N}$  ;  $F_2 = 20 \text{ N}$ .

### Application n° 08

Trouve la résultante des forces suivantes (méthode géométrique puis analytique) agissant sur un corps au point O. L'intensité de la force  $\vec{F}_1$  est égale à 1200 N, celle de  $\vec{F}_2$  à 900 N et celle de  $\vec{F}_3$  à 300 N. Les directions et sens sont indiqués sur la figure à l'échelle : 1cm pour 300 N.



### Application n° 09

Dans un repère  $(o, i, j)$ , l'unité de force étant le newton, on donne :  $\vec{F}_1 = 2\vec{i} + 3\vec{j}$  ;  $\vec{F}_2 = -\vec{i} + 2\vec{j}$

1. Représente  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ .
2. Calcule l'intensité de chaque force.
3. Détermine les angles  $(\vec{i}, \vec{F}_1)$  et  $(\vec{i}, \vec{F}_2)$
4. Trace  $\vec{F} = 2\vec{F}_1 + 4\vec{F}_2$ . Détermine graphiquement l'angle  $(\vec{i}, \vec{F})$
5. Représente la force  $\vec{F}'$  telle que  $\vec{F}' + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$

### Application n° 10

Soient deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  d'intensité  $F_1 = 2$  N et  $F_2 = 4$  N faisant un angle  $\alpha = 120^\circ$ .

1. Représente  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ : Echelle 1 cm pour 1N.
2. Détermine graphiquement puis par calcul l'intensité de la force  $\vec{F}$  telle que:  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F} = 0$
3. On considère deux forces  $F_3$  et  $F_4$  de même intensité et faisant un angle  $\beta = 60^\circ$ . Détermine l'intensité commune sachant que l'intensité de leur résultante  $F$  est de 173 N. Réponds à la question par la méthode géométrique et algébrique.

### Application n° 11

1. Deux forces  $(A, \vec{F}_1)$  et  $(A, \vec{F}_2)$  d'intensités égales, font entre elles un angle  $\alpha$ . On donne  $F_1 = 2$  N Détermine la somme de ces deux forces pour  $\alpha = 0^\circ$ ;  $\alpha = 60^\circ$  et  $\alpha = 180^\circ$ .
2. Trois forces coplanaires  $(A, \vec{F}_1)$  et  $(A, \vec{F}_2)$  et  $(A, \vec{F}_3)$  d'intensité égales font entre elles un angle  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = 60^\circ$  et  $(\vec{F}_2, \vec{F}_3) = 60^\circ$ . on donne  $F_1 = 4$  N. Détermine la somme de ces trois forces.

## II. CENTRE D'INERTIE

### Application n° 01

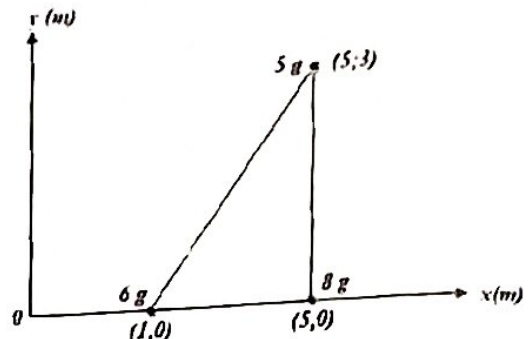
Deux masses  $M$  et  $m$  sont fixées en A et B sur une tige AB de masses négligeable, aux instants  $\overline{OA} = L$  et  $\overline{OB} = l$  du point O de part et d'autre de ce point.

1. Détermine la position du centre d'inertie du système.
2. Même question si la tige est homogène et de masse  $m'$ .

On donne :  $AB = 60$  cm ;  $L = 40$  cm ;  $M = 2m$  ;  $m = m'$

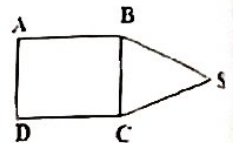
### Application n° 02

Détermine le centre de gravité du système composé de trois particules placées aux sommets d'un triangle rectangle.



### Application n° 03

Une feuille métallique est formée de deux parties : l'une carrée de 2 m de côté et l'autre en forme de triangle équilatéral de 2 m de côté.



Détermine la distance séparant les deux centres d'inertie  $G_1, G_2$

### Application n° 04

Une tige homogène OA de longueur  $L=1$  m, de masse  $m = 100$  g est en mouvement autour d'un axe  $(\Delta)$  passant par son extrémité supérieure O et portant en A une masse ponctuelle  $m_A = \frac{3m}{2}$ . On appelle G le centre de la tige. Fais un schéma et montre que la position du centre d'inertie G est telle que  $OG = \frac{4L}{5}$

## III. VARIATION DU POIDS D'UN CORPS AVEC L'ALTITUDE

### Application n° 01

A 300 Km d'altitude,  $g = 8,9$  N/kg. Quel est, à cette altitude, le poids d'un satellite artificiel qui, sur la terre, avait un poids égale à 6000N.

On donne au niveau de la terre:  $g_0 = 9,80$  N/kg.

### Application n° 02

L'intensité du champ de gravitation est donnée par la formule suivante:  $g = K \cdot \frac{M}{r^2}$  avec  $M$ : masse de la terre ;  $r$ : distance séparant le centre de la terre et le centre de l'objet quelconque.

1. Démontre que:  $\frac{g_h}{g_0} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$  avec  $g_0$ : intensité du champ au sol et  $R$ : le rayon de terre.
2. A quelle altitude  $h$ , l'intensité du champ de gravitation a pour valeur  $g_h = \frac{1}{2} g_0$  ?

On donne :  $R = 6400$  Km.

3. Un homme a un poids de 720 N au sol. Quelle est sa masse? Quel serait son poids au sommet du mont Everest d'altitude 8882 m ?

On donne  $g_0 = 9,80$  N/kg.

### Application n° 03

Le poids d'un corps varie selon la loi  $g = g_0 \frac{R^2}{(R+h)^2}$  avec  $g_0$  : Constante de la pesanteur du sol,  $R$  : Rayon de la terre et  $h$  : altitude.

1. Une caisse parallélépipédique en verre de masse 1 Kg et de dimension  $L = 40$  cm ;  $l = 20$  cm et  $h = 10$  cm, contient du mercure de masse volumique  $13,6$  g/cm<sup>3</sup>. Calcule la masse du mercure qu'elle contient.

2. Cette caisse est transportée de Pointe-Noire pour MAKOUA. Quelle est la variation relative de son poids ?

3. A MAKOUA ( $g_{0M} = 9,81$  N/kg) la caisse est transportée à une altitude  $H$  où son poids devient le tiers de sa valeur au sol.

3.1. Détermine la variation absolue et la variation relation de son poids.

3.2. Dédus la valeur de  $H$ .

On donne : Terre ;  $R = 6400$  Km, Pointe-Noire ;

$g_{0PN} = 9,78$  N/kg, Makoua ;  $g_{0M} = 9,81$  N/kg

### Application n° 04

Le poids d'un corps varie selon la loi  $g = g_0 \frac{R^2}{(R+H)^2}$  avec  $g_0$  : Constante de la pesanteur du sol,  $R$  : Rayon de la terre et  $H$  : altitude.

1. On dispose un cube en cuivre d'arrête  $a = 30$  cm. Calcule le poids du cube à Pointe - Noire où

$g_{0PN} = 9,78$  N/kg. On donne  $\rho_{Cu} = 8900$  kg/m<sup>3</sup>.

2. On ramène ce cube à Paris ( $g_{0P} = 9,81$  N/kg) où il est transporté à une altitude  $H$  et son poids devient le tiers de sa valeur au sol.

3. Détermine la variation absolue et la variation relation de son poids.

4. Dédus la valeur de  $H$ .

On donne :  $R = 6400$  Km

### Application n° 05:

Un morceau de bois ayant la forme d'un cube de 30 cm d'arête, pèse à Brazzaville, 211,25N.

1. Détermine la masse volumique puis la densité de ce bois.

2. Calcule l'incertitude relative sur la masse volumique dont la mesure a été faite à 0,1 près.

On donne:  $g_0 = 9,78$  N/kg et  $\rho_{H_2O} = 1000$  kg/m<sup>3</sup>

### Application n°06: Mouvement d'un satellite dans un champ de pesanteur

On utilisera les notations suivantes: Masse de la Terre:  $M_T$ ; rayon terrestre:  $R_T$ ; constante gravitationnelle:  $G$

1. Rappelle la loi de la gravitation universelle et, en admettant que le poids  $\vec{P}$  d'un corps de masse est uniquement dû à la force d'attraction terrestre, exprimer l'intensité de la pesanteur au niveau du sol,  $g_0$ , en fonction de  $M_T$ ,  $R_T$  et  $G$ .

2. Exprime  $g$  à l'altitude  $h$  en fonction de  $g_0$ ,  $R_T$ , et  $h$ .

3. A quelle altitude  $a - t$  - on  $g = \frac{g_0}{2}$  pour  $R_T = 6400$  km.

4. Quelle est la variation relative de  $g$ , quand on s'élève de 320 m à partir du sol ?

## IV. LE RESSORT

### Application n° 01 : Solide accroché à un ressort vertical

Un ressort de longueur à vide  $l_0$  et de constante de raideur  $K$  est lié à un support par son extrémité supérieure.

On donne :  $l_0 = 10$  cm ;  $K = 5$  N/m ;  $m = 5$  g ;  $g = 10$  N/kg.

Un solide de masse  $m$  est fixé à l'extrémité inférieure du ressort. L'ensemble est en équilibre.

Calcule la longueur du ressort quand on accroche le solide de masse  $m$  et déduire la tension  $T$  du ressort.

### Application n° 02

Un ressort s'allonge proportionnellement à la force appliquée. Il s'allonge de 5 cm pour une force de 2N.

1. Quel sera son allongement pour une force de 3N ?

2. Quelle force faudrait-il lui appliquer pour s'allonger de 10 cm ?

3. Déterminer la constante de raideur du ressort.

### Application n° 03

Deux masses croissantes sont successivement fixées au ressort et à l'équilibre, les allongements correspondants du ressort sont mesurés. On donne  $g = 10$  N/kg

Les valeurs sont rassemblées dans le tableau suivant :

$m$ (g)	0	50	100	150	200	250	300
$\Delta l$ (cm)	0	1,3	2,5	3,7	4,9	6,2	7,4

1. Calcule le module  $T$  de la tension du ressort correspondant à chaque allongement et tracer  $T = f(\Delta l)$ . Echelle: 1 cm pour 10 mm et 1N pour 20 mm.

2. Que peut - on, dans ce domaine d'allongement du ressort, écrire que la tension est proportionnelle à son allongement? Si oui, calculer la valeur de la constante  $K$  de raideur de ce ressort.

### Application n° 04

On étudie l'allongement  $X$  d'un ressort élastique en fonction de l'intensité  $F$  de la force exercée à son extrémité. On trouve les valeurs numériques suivantes, le domaine d'élasticité du ressort étant donné par  $X \leq 30$  cm.

$F$ (N)	0	1	2	3	4	5
$X$ (mm)	0	26	52	80	107	133

$F$ (N)	6	7	8	9	10
$X$ (mm)	160	186	215	240	265

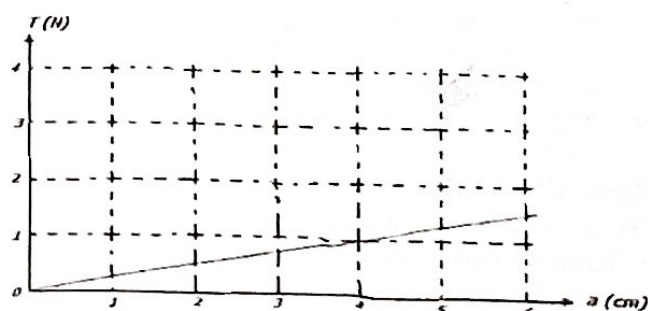
1) Trace la courbe  $T = f(x)$  : courbe d'étalonnage du ressort.

2) Calcule la constante de raideur  $k$  du ressort.

3) Quel est l'allongement du ressort si on lui applique une force d'intensité 5,2 N puis une force d'intensité 15 N ? Commenter les résultats.

### Application n° 05

La courbe d'étalonnage  $T = f(a)$  d'un ressort à spires non jointives est représentée sur la figure ci-contre.  $T$  est la tension du ressort,  $a$  son allongement.



1. Calcule la raideur  $k$  du ressort.
2. Déduis de la courbe l'allongement  $a_1$  du ressort lorsque l'intensité est  $T = 0,25 \text{ N}$ .
3. Le ressort à spires non jointives de raideur  $k$  a une longueur à vide  $l_0 = 22 \text{ cm}$ .
  - 3.1. Calcule la longueur  $l_1$  du ressort quand la tension qu'il exerce a pour intensité  $T_1 = 6,4 \text{ N}$ .
  - 3.2. Quelle est l'intensité de la tension qu'il exerce quand sa longueur est  $l_2 = 28,7 \text{ cm}$ .

#### Application n° 06

On dispose de deux ressorts de constantes de raideurs respectives  $K_1 = 60 \text{ N/m}$  et  $K_2 = 40 \text{ N/m}$ . Ces ressorts sont montés en série et à l'extrémité de l'ensemble, on applique une force d'intensité  $F = 3 \text{ N}$ .

1. Fais la représentation du dispositif ainsi que les différentes forces appliquées.
2. Quelle est l'expression de la constante de raideur de cette association ? Fais l'application numérique.
3. Quel est l'allongement  $\Delta l$  de l'ensemble des ressorts ?
4. On déduit les allongements  $\Delta l_1$  et  $\Delta l_2$  de chaque ressort.
5. Si les longueurs à vide de chaque ressort sont  $l_{01} = 20 \text{ cm}$  et  $l_{02} = 25 \text{ cm}$ , détermine les longueurs  $l_1$  et  $l_2$  que prennent les ressorts sous l'action de la force  $F$ .

#### Application n° 07 : Ressorts montés en parallèle

Deux ressorts de même longueur à vide et constantes de raideurs respectives  $K_1 = 100 \text{ N/m}$  et  $K_2 = 200 \text{ N/m}$ , sont montés en parallèle. A l'extrémité de l'association, on accroche un solide de poids  $P = 50 \text{ N}$ .

1. Fais la représentation du dispositif ainsi que les différentes forces appliquées.
2. Détermine l'allongement  $\Delta l$  des ressorts.
3. Si l'allongement des ressorts est  $\Delta l = 15 \text{ cm}$ , quel doit être le poids du solide accroché ?
4. Quelle est la masse volumique de ce solide si son volume est  $100 \text{ cm}^3$  ?

On prendra  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

#### Application n° 08 : Ressorts montés en parallèle

On dispose de deux ressorts de même longueur à vide et de constantes de raideurs respectives  $K_1 = 40 \text{ N/m}$  et  $K_2 = 60 \text{ N/m}$ . Ces ressorts sont montés en parallèle et à l'extrémité de l'association, on exerce une force  $F$  qui l'allonge de  $5 \text{ cm}$ .

1. Fais une représentation de l'association ainsi que la force  $F$  et les tensions des ressorts.
2. Quelles sont les valeurs  $T_1$  et  $T_2$  des tensions des ressorts ?
3. On déduit la valeur  $F$  de la force appliquée à l'ensemble.
4. Si la longueur des ressorts de l'association est  $l = 30 \text{ cm}$ , on déduit la longueur à vide  $l_0$  de chaque ressort.

#### Application n° 09

Un ressort de longueur à vide  $l_0 = 20 \text{ cm}$ , de raideur  $k = 100 \text{ N/m}$ , de masse négligeable, peut travailler en extension ou en compression. On y suspend un solide de poids  $10 \text{ N}$ .

1. Détermine l'action exercée par le solide sur le ressort.
2. Le solide  $S$  repose sur un plan horizontal, l'allongement du ressort n'est plus que de  $5 \text{ cm}$ . Détermine l'action du solide  $S$  sur le plan.
3. On rapproche encore le plan horizontal de façon à comprimer le ressort. La longueur du ressort à l'équilibre est égale à  $10 \text{ cm}$ . Détermine l'action du solide  $S$  sur le plan.

#### Application n° 10

Un ressort élastique à spires non jointives à une longueur à vide  $l_0$  ; sa constante de raideur est  $K$ . Lorsqu'on le soumet à une force  $\vec{F}_1$  d'intensité  $15 \text{ N}$ , il a une longueur  $l_1 = 9,8 \text{ cm}$ . Si on le met à une force  $\vec{F}_2$  d'intensité  $25 \text{ N}$ , il a une longueur  $l_2 = 11 \text{ cm}$ .

1. Calcule la longueur à vide  $l_0$  de ce ressort.
2. On déduit sa constante  $K$  de raideur.
3. Quelle est l'intensité de la force  $\vec{F}$  qui correspond à un allongement de  $3,6 \text{ cm}$ .

#### Application n° 11

Un ressort élastique déformé successivement par des masses  $m_1$  et  $m_2$ , prend des longueurs respectives égales à  $l_1$  et  $l_2$ .

1. Soit  $k$  la constante de raideur de ce ressort, montre que :  $K = g \cdot \frac{m_2 - m_1}{l_2 - l_1}$
2. Calcule la constante  $K$  de raideur et longueur à vide  $l_0$  de ce ressort. On donne :  $m_1 = 200 \text{ g}$  ;  $m_2 = 500 \text{ g}$  ;  $l_1 = 140 \text{ cm}$  ;  $l_2 = 200 \text{ cm}$  ;  $g = 10 \text{ N/kg}$ .
3. Ce ressort est utilisé pour fabriquer un dynamomètre du Lycée dont la graduation a une longueur de  $100 \text{ m}$ . Quelle force maximale peut-on mesurer à l'aide de ce dynamomètre ?

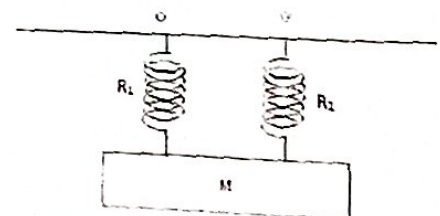
#### Application n° 13

Un morceau de bois ayant la forme d'un cube de  $30 \text{ cm}$  d'arête, pèse à Brazzaville,  $211,25 \text{ N}$ .

1. Détermine la masse volumique puis la densité de ce bois.
2. On creuse ce morceau de bois et l'on obtient un mortier ayant une cavité cylindrique de  $20 \text{ cm}$  de hauteur. Accroché à un ressort de raideur égale à  $2000 \text{ N/m}$ . Ce mortier provoque un allongement de  $75 \text{ mm}$ .
  - 2.1. Détermine le diamètre de cette cavité.
  - 2.2. Quelle est la nouvelle masse du mortier si on le Remplit d'un liquide de masse volumique égale à  $2,5 \text{ g/cm}^3$ .  
On donne :  $g_0 = 9,78 \text{ N/kg}$  et  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

#### Application 15 : Deux ressorts montés en parallèle verticalement

Deux ressorts identiques  $R_1$  et  $R_2$  de longueur à vide  $l_0$  et dont les constantes des raideurs sont respectivement  $K_1 = 200 \text{ N/m}$  et  $K_2 = 100 \text{ N/m}$  selon la figure ci-contre. En utilisant un dispositif de masse négligeable, on suspend une masse  $M$  en un système.

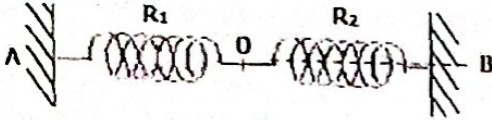


## FORCES CONCOURANTES (OU FORCES NON PARALLELES) ET FORCES PARALLELES

1. Quel est l'allongement des ressorts quand la masse suspendue vaut  $M = 3 \text{ kg}$ .
2. Quelle est la masse suspendue si l'allongement des ressorts est  $15 \text{ cm}$ .
3. Déduis la constante de raideur équivalente des ressorts.

### Application n° 16

Deux ressorts  $R_1$  et  $R_2$ , tendus, de masse négligeable, sont placés horizontalement. La distance  $AB$  vaut  $45 \text{ cm}$ .

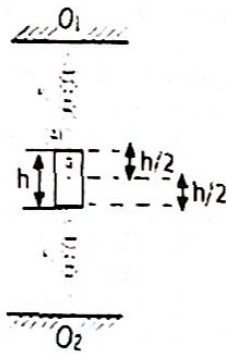


1. Quelle relation existe-t-il entre  $T_1$  et  $T_2$  des deux ressorts? En déduire une relation entre les allongements  $a_1$  et  $a_2$  des ressorts. On donne  $K_1 = 12 \text{ N.m}^{-1}$ ;  $K_2 = 18 \text{ N.m}^{-1}$ .
2. Les longueurs à vide des ressorts sont  $l_{o,1} = 15 \text{ cm}$  et  $l_{o,2} = 20 \text{ cm}$ . Trouver une autre relation entre  $a_1$  et  $a_2$ .
3. Calcule  $a_1$  et  $a_2$ . En déduire l'intensité des tensions.
4. Détermine les réactions des supports  $A$  et  $B$  les représenter sur le schéma.

### Partie C : Résolution d'un problème. Deux ressorts montés en séries verticalement

Dans le but déterminer la position du centre d'inertie, on considère deux ressorts identiques  $R_1$  et  $R_2$  de longueur à vide  $l_0 = 25 \text{ cm}$ , et de constante de raideur  $K = 24,5 \text{ N/m}$ . Ce système de ressorts montés en série avec un cylindre entre les deux est en équilibre.

$A$  est un cylindre de hauteur  $h = 4 \text{ cm}$ , de masse  $M = 200 \text{ g}$ . Le cylindre  $A$  étant en équilibre, on le tire vers le bas et on le lâche.



1.
  - 1.1 Complète ce schéma en représentant toutes les forces ( $\vec{T}_1$ ,  $\vec{P}$  et  $\vec{T}_2$ )
  - 1.2 Ecris les expressions de  $OG_1$  en fonction de ( $l_1$  et  $h$ ) et  $OG_2$  en fonction de ( $l_2$  et  $h$ ).
2.
  - 2.1. Ecris l'expression de  $O_1O_2$  en fonction de  $l_1$ ,  $l_2$  et de  $h$ .
  - 2.2. Ecris la condition d'équilibre du système ( $\vec{T}_1$ ,  $\vec{P}$  et  $\vec{T}_2$ ).

De cette condition d'équilibre, après avoir fait la projection suivant l'axe  $(YGY')$ , déduis une relation entre  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $K$ ,  $M$  et  $g$ .

- 2.3. En se servant de 2.1 et 2.2, écris les expressions de  $l_1$  et  $l_2$  en fonction de  $M$ ,  $g$ ,  $K$ ,  $h$  et  $O_1O_2$ .
- 2.4. Déduis les expressions de  $O_1G$  et  $GO_2$  en fonction de  $M$ ,  $g$ ,  $K$ , et  $O_1O_2$ .
3. Détermine la position d'équilibre du centre d'inertie  $G$  ( $OG_1$  et  $GO_2$ ) du cylindre. On donne :  $O_1O_2 = 76 \text{ cm}$ ;  $g = 10 \text{ N/kg}$

## 1. FORCES CONCOURANTES OU FORCES NON PARALLELES

### Partie A : Vérification des connaissances

#### 1. Question à alternative vrai ou faux. 1.5 = Vrai

Réponds par vrai ou faux affirmations suivantes :

- 1.1. L'étude de la statique, c'est la partie de la mécanique qui étudie l'équilibre d'un corps.
- 1.2. Lorsqu'un solide est en équilibre sous l'action de deux forces : La somme des forces extérieures appliquées est égale au vecteur nul.
- 1.3. Une force de frottement est une force qui s'oppose au mouvement.
- 1.4. Lorsqu'un solide est en équilibre sous l'action des trois forces concourantes, la somme des deux forces est l'opposée de la troisième.
- 1.5. Dans un plan incliné, la composante du vecteur poids sur l'axe  $x'x$  (ou l'axe du mouvement) est :  $P_x = \pm m \cdot g \cdot \sin \alpha$

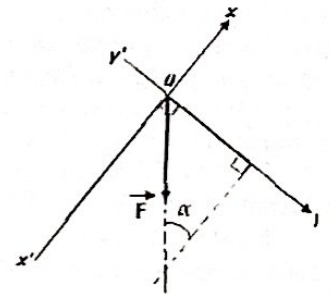
#### 2. Question à réponse construite

- 2.1. Qu'appelle-t-on une force concourante ?

### Partie B : Application des connaissances

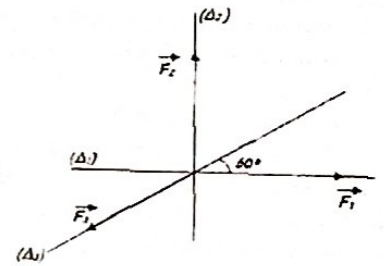
#### Application n°01

Détermine les projections  $F_x$  et  $F_y$  de la force sur ces deux axes perpendiculaires  $x'Ox$  et  $y'Oy$ .  $F = 2 \text{ N}$ ;  $\alpha = 30^\circ$ .



#### Application n° 02

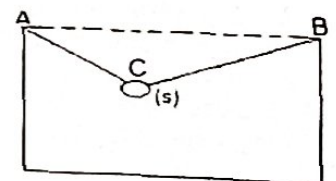
Un anneau de masse négligeable est soumis à l'action de 3 forces, il est alors en équilibre. La force  $\vec{F}_1$  a une intensité de  $300 \text{ N}$ . Le support  $\Delta_2$  de  $\vec{F}_2$  est orthogonal à  $\vec{F}_1$ . Le sens de  $\vec{F}_2$  est indiqué par la figure ci-dessus.



Précise les caractéristiques de  $\vec{F}_2$  et  $\vec{F}_3$ .

#### Application n° 03

Dans la période de Noël, des suspensions lumineuses sont suspendues dans le salon par deux fils  $CB$  et  $CA$  accrochés en  $C$ . La masse des suspensions lumineuses ( $s$ ) est  $m = 600 \text{ g}$ .

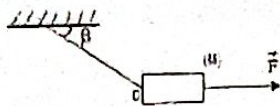


Calcule les tensions  $\vec{T}_{CA}$  et  $\vec{T}_{CB}$

On donne :  $\widehat{CAB} = 45^\circ$ ,  $\widehat{CBA} = 30^\circ$  et  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

### Application n° 04 : Attraction d'un solide

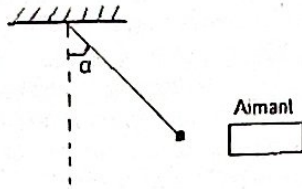
Le solide de masse  $M = 2 \text{ kg}$  est suspendu à un fil OA.



1. Quelle force  $\vec{f}$  horizontale faut-il appliquer au solide pour que le fil fasse un angle de  $\beta = 60^\circ$  avec l'horizontale.
  2. Calcule la tension du fil.
- On donne  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

### Application n° 05 : Attraction d'une bille d'acier

Une bille d'acier de masse  $m$ , attachée à un fil sans masse, est attirée par un aimant. Le fil fait un angle  $\alpha = 30^\circ$  avec la direction verticale lorsque la bille est en équilibre.

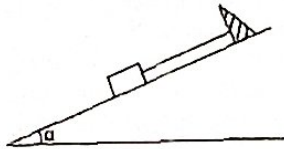


1. Fais le bilan des forces.
2. Calcule les intensités de toutes applications des forces à la bille.

On donne :  $m = 60 \text{ g}$  ;  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

### Application n° 06 : Solide sur un plan incliné

Un solide de masse  $m$  est en équilibre sur un plan incliné d'un angle  $\alpha$  par rapport au plan horizontal. Le contact sur plan s'effectue sans frottement. Une corde, dont la direction est parallèle à la ligne de plus grande pente du plan incliné, est fixée au solide afin d'éviter son glissement.



1. Fais le bilan des forces appliquées au solide. Calcule les intensités des forces appliquées.
2. Calcule les intensités des forces appliquées.

On donne :  $m = 2 \text{ kg}$  ;  $\alpha = 30^\circ$  ;  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

### Application n° 07 : Voiture gravitant un plan incliné.

Une voiture, de masse  $700 \text{ kg}$ , grimpe à la vitesse constante une côte de  $4 \%$  (la voiture s'élève de  $4 \text{ m}$  pour un parcours de  $100 \text{ m}$ ).

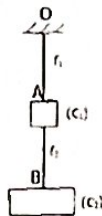
1. Calcule la réaction de la voiture exercée sur le plan.
2. Les frottements équivalent à une force unique,  $\vec{f}$ , parallèle à la route, opposée au mouvement et d'intensité  $250 \text{ N}$ . Calcule la force motrice  $F$  de la voiture.

On prendra  $g = 10 \text{ N/kg}$

### Application n° 08 : Cycliste sur un plan horizontal puis sur un plan incliné.

Un cycliste et sa machine ont une masse de  $100 \text{ kg}$ . Les divers frottements ont le même effet d'une force opposée au mouvement, d'intensité  $10 \text{ N}$ . On donne :  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

1. Le cycliste roule sur une route horizontale avec une vitesse constante. Détermine sa force de traction.
2. A cette vitesse constante, il aborde une côte de  $5,5 \%$ . Déduis la réaction normale du plan, puis détermine la réaction qu'exerce le plan sur le cycliste.



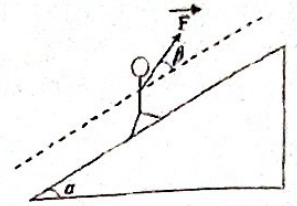
### Application n° 09

Deux Corps ( $C_1$ ) et ( $C_2$ ) sont accrochés à un support en O par l'intermédiaire de deux fils  $f_1$  et  $f_2$ , de masse négligeable, comme l'indique la figure ci-contre. Les masses des Corps sont  $m_1 = 150 \text{ g}$  et  $m_2 = 450 \text{ g}$ .

1. Détermine la tension  $T_2$  du fil  $f_2$  et la tension  $T_1$  du fil  $f_1$ .
2. Détermine la réaction du support et la représenter sur le schéma.

### Application n° 10 : Skieur sur un plan incliné

Un skieur de poids  $800 \text{ N}$  est tiré à vitesse constante le long d'une pente inclinée de  $\alpha = 30^\circ$  par rapport à l'horizontale. Les forces de frottement valent  $f = 80 \text{ N}$ .

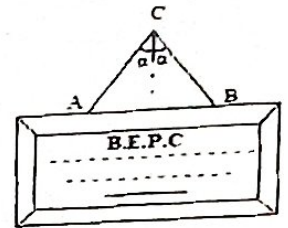


1. Calcule la force  $F$  de la perche du skieur qui fait l'angle  $\beta = 45^\circ$  avec la direction du mouvement.
  2. Calcule la réaction normale exercée, puis déduis la réaction qu'exerce le plan sur le skieur.
- On donne :  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

### Application n° 11

Fier de son succès au B.E.P.C.,

Cleber fait encadrer son diplôme et l'accroche dans sa chambre à l'aide d'une ficelle fixée en A et B au centre et reposant sur un crochet en C.  $CA = CB$ .



1. La longueur de la ficelle est  $32 \text{ cm}$  ; la distance AB égale  $22,4 \text{ cm}$ . Détermine l'angle  $\alpha$  que fait chaque brin de fil avec la verticale.
  2. Quelle relation doit-il exister entre  $\vec{P}$ , poids du diplôme encadré,  $\vec{T}_1$  et  $\vec{T}_2$ , tensions des deux brins de fil, pour que le cadre soit en équilibre.
  3. Calcule  $T_1$  et  $T_2$ , si la masse du diplôme encadré vaut  $700 \text{ g}$ .
  4. Détermine la réaction du crochet.
- On donne  $g = 10 \text{ N/kg}$  et  $\cos 45^\circ = \sin 45^\circ = 0,7$

### FORCES CONCURRENTES ASSOCIEES AUX RESSORTS

#### Application n° 12 : Solide accroché à un ressort vertical en rotation

Un ressort élastique, dont on négligera la masse, a  $20 \text{ cm}$  de longueur et s'allonge de  $10 \text{ N.m}^{-1}$ . On y suspend une bille de  $10 \text{ g}$  et on fixe l'extrémité supérieure au point A d'un axe verticale AZ autour duquel on fait tourner l'ensemble. Sachant que l'axe du ressort décrit un cône de demi-angle au sommet à  $60^\circ$  ; calcule la longueur du ressort et la tension du ressort. On prendra  $g = 10 \text{ S.I.}$

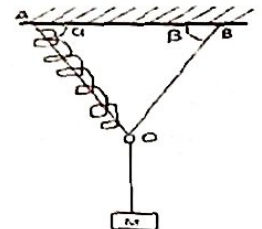
#### Application n° 13

L'équilibre du point O est réalisé à l'aide des fils OC, OB et le ressort OA de longueur à vide  $l_0 = 20 \text{ cm}$  et de constante de raideur  $K = 10^4 \text{ N/m}$ .

La masse suspendue est  $M = 2 \text{ kg}$ .

A l'équilibre,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 60^\circ$ .

1. Calcule les tensions du fil et du ressort.
2. Calcule la longueur du ressort à l'équilibre.

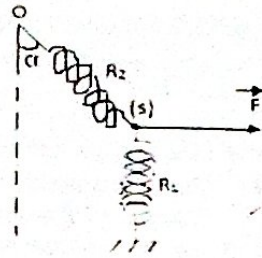


#### Application n° 14

Un solide (S) assimilable à un point matériel est accroché à deux ressorts  $R_1$  et  $R_2$  des constantes de raideur respectives  $K_1$  et  $K_2$  d'allongement respectifs  $X_1$  et  $X_2$ . On exerce sur ce solide une force  $F$  de droite d'action horizontale. L'ensemble est

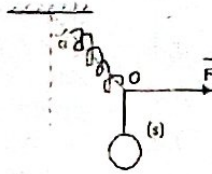
immobile par rapport à la terre.

1. La condition d'équilibre.
2. Exprime  $F$  en fonction de  $K_2$ ,  $X_2$  et  $\alpha$ . Fais l'application numérique de  $F$  si  $K_2 = 15 \text{ N/m}$  et  $X_2 = 16,2 \text{ cm}$ .
3. Calcule  $X_1$ , sachant que  $K_1 = 10 \text{ N/m}$ . On donne  $\alpha = 45^\circ$ .



#### Application n° 16: Ressort et Solide sous l'action de $F$ .

A l'extrémité inférieure d'un ressort, on accroche un solide ( $s$ ) de masse  $m$  et on exerce une force horizontale  $\vec{F}$ . A l'équilibre, le ressort fait un angle  $\alpha$  avec la verticale.

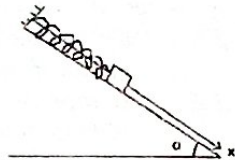


1. Représente toutes les forces se fa
2. Calcule la constante de raideur du ressort sachant qu'à l'équilibre sa longueur est de 20 cm.
3. Quelle sera la longueur du ressort si la force  $\vec{F}$  est annulée.

On donne :  $m = 400 \text{ g}$  ;  $l_0 = 15 \text{ cm}$  ;  $\alpha = 60^\circ$  ;  $g = 10 \text{ N/kg}$

#### Application n° 17

Sur une table à coussin d'air inclinée d'air d'angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontal, on fixe à l'une des extrémités d'un ressort de raideur  $K$  et de masse négligeable, un solide de masse  $m$  et de centre d'inertie  $G$ . L'axe ( $x'$ ,  $x'_i$ ) du ressort prend alors la direction de la ligne de plus grande pente.

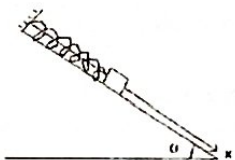


1. Donne l'expression de la constante de raideur en fonction de  $m$ ,  $\alpha$ ,  $g$  et  $\Delta l$ .
2. Calcule la constante de raideur.

On donne :  $\Delta l = 4 \text{ cm}$  ;  $\alpha = 30^\circ$  ;  $m = 0,4 \text{ Kg}$  ;  $g = 10 \text{ N/kg}$

#### Application n° 18

Un solide ( $s$ ), de masse  $m = 150 \text{ g}$ , pouvant glisser sans frottement sur un plan incliné d'un angle  $\alpha = 45^\circ$  est maintenu en équilibre à l'aide d'un ressort fixé en A. L'axe du ressort est parallèle au plan incliné. L'axe du ressort fait un angle  $\beta = 30^\circ$  avec le incliné.



1. Fais le bilan des forces appliquées au solide ( $s$ ).
2. Détermine la réaction du plan et la tension du ressort. Déduis l'allongement du ressort, si la constante de raideur est  $k = 20 \text{ N.m}^{-1}$ . On donne :  $g = 10 \text{ N/kg}$

### FORCES PARALLELES

#### Partie A: Restitution des connaissances

1. Question à réponse construite  
Qu'appelle-t-on une force parallèle ?
2. Question à alternative Vrai ou Faux .Expl. 3. = Vrai  
Réponds par Vrai ou Faux aux affirmations suivantes:
  - 2.1. Deux forces  $\vec{F}_A$  et  $\vec{F}_B$ , parallèles et de même sens admettent une résultante parallèle à ces forces, de même, d'intensité égale à la différence de leurs intensités ( $R = F_A - F_B$ ).
  - 2.2. Dans l'étude portant sur les applications des forces parallèles, la résultante est placée proche la force qui a la plus grande intensité.

### Partie B : Application des connaissances

#### Application n° 01

Deux forces parallèles et de même sens dont les intensités sont  $F_1 = 800 \text{ N}$  et  $F_2 = 600 \text{ N}$ , sont appliquées aux extrémités d'une barre de longueur  $AB = 70 \text{ cm}$ .

1. Fais un schéma, tout en faisant le bilan des forces sur la barre.
2. Déduis la résultante  $R$  de  $F_1$  et  $F_2$ .
3. Donne les caractéristiques de la résultante  $R$ .
4. Détermine les différentes positions de la résultante par rapport aux deux forces  $F_1$  et  $F_2$

#### Application n° 02

Une tige rectiligne, rigide, repose sur les arêtes A et B de deux couteaux. Un corps de masse  $m = 12 \text{ kg}$  est suspendu en un point C de  $AB = 120 \text{ cm}$  et  $AC = 30 \text{ cm}$ .

1. Représente les forces exercées sur les arêtes A et B de deux couteaux reposés sur la tige si elles ont de même sens.
2. Détermine les forces exercées sur les deux couteaux.

#### Application n° 03

Un homme et son enfant porte un seau pesant 30 N. En accrochant à un bâton de 2 mètres dont il saisisse chacun une extrémité. Quel effort développe chacun d'eux si le seau est accroché à 120 cm à la main de l'enfant.

#### Application n° 04

Deux grues portent une poutre homogène AB de longueur 8 m, de section  $130 \text{ cm}^2$  et masse volumique  $500 \text{ kg.m}^{-3}$ . La poutre est en équilibre. Sachant que ces deux grues sont placées de l'extrémité.

1. Calcule le poids de la poutre, puis déduire la résultante de la poutre
2. Quelles sont les intensités des forces exercées par ces deux grues.
3. Où est placée la deuxième grue pour maintenir la poutre en équilibre.

#### Application n° 02

Une tige rectiligne, rigide, repose sur les arêtes A et B de deux couteaux. Un corps de masse  $m = 12 \text{ kg}$  est suspendu en un point C de  $AB = 120 \text{ cm}$  et  $AC = 30 \text{ cm}$ .

1. Représente les forces exercées sur les arêtes A et B de deux couteaux reposés sur la tige si elles ont de même sens.
2. Détermine les forces exercées sur les deux couteaux.

#### Application n° 03

Un homme et son enfant porte un seau pesant 30 N. En accrochant à un bâton de 2 mètres dont il saisisse chacun une extrémité. Quel effort développe chacun d'eux si le seau est accroché à 120 cm à la main de l'enfant.

#### Application n° 04

Deux grues portent une poutre homogène AB de longueur 8 m, de section  $130 \text{ cm}^2$  et masse volumique  $500 \text{ kg.m}^{-3}$ . La poutre est en équilibre. Sachant que ces deux grues sont placées de l'extrémité.

1. Calcule le poids de la poutre, puis déduire la résultante de la poutre
2. Quelles sont les intensités des forces exercées par ces deux grues.
3. Où est placée la deuxième grue pour maintenir la poutre en équilibre.

### Application n° 05

Trois forces parallèles d'intensité 1N, 4N et 7N sont appliquées en A, B et C en ligne droite et telle que :  $AB = BC = 10 \text{ cm}$ . La troisième force est de sens contraire aux deux autres. Le point d'application de la résultante est D, placé au-delà de C.

1. Déduis l'intensité de la résultante appliquée en D.
2. Soit I, le point d'application de la résultante des forces  $F_A$  et  $F_B$  appliquées respectivement en A et B.
  - 2.1. Déduis la résultante  $R_1$  de  $F_A$  et  $F_B$ , puis les distances AI et IB.
  - 2.2. Fais un schéma simplifié en représentant la résultante  $R_1$  appliquée au point I,  $F_C$  la force appliquée au point C et le point D.
3. Calculez la distance CD. Puis déduis les distances IC et AD.

### Application n° 06

Alfred et son père transportent le fruit de leur chasse, en l'accrochant à un bâton long de  $AP = 2 \text{ m}$ . La masse de la charge étant  $m = 50 \text{ kg}$  et chacun d'eux saisi l'extrémité du bâton, telle que le père en P et le fils en A :

1. Représente sur un schéma clair, les différentes forces qui s'exercent sur le bâton.
2. Détermine l'effort développé par chacun d'eux si la charge est accrochée à 120cm d'Alfred.

On donne :  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

### Application n° 07

Emmanuelle et Clever jouent sur un manège dont le support se trouve au centre d'une barre rigide de 3,5m de long. Si Clever s'assoit à l'une des extrémités de la barre, à quelle distance de lui sera Emmanuelle pour obtenir l'équilibre, sachant que le poids de Clever correspond au  $\frac{3}{4}$  de celui de Emmanuelle.

## EQUILIBRE D'UN SOLIDE MOBILE AUTOUR D'UN AXE : THEOREME DE MOMENT

### Partie A : Vérification des connaissances

#### 1. Question à alternative vrai ou faux.

Exemple : 1.9 = Vrai

Réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes

- 1.1. Une force dont la droite d'action est parallèle à l'axe de rotation a un effet de rotation nul.
- 1.2. Une force dont la droite d'action rencontre l'axe de rotation a un effet de rotation nul.
- 1.3. Une force dont la droite d'action ne rencontre pas l'axe de rotation a un effet de rotation positif.
- 1.4. Le moment dont la droite d'action passe par l'axe de rotation est positif.
- 1.5. Le moment d'une force est nul si la force fait tourner le solide dans le sens choisi.
- 1.6. Le moment d'une force est négatif si la force fait tourner le solide dans le sens contrairement à celui choisi.

#### 2. Réarrangement

On donne les phrases suivantes en désordre, réarrange-les.

- 2.1. Un couple/de sens/de deux forces/contraire/ de même/est un/intensité/ensemble/parallèles.
- 2.2. Le moment d'un couple de forces/par leur/ de la distance/intensité commune/des droites d'action/des deux forces/est le produit/par leur.

#### 3. Appariement

Relie un élément question de la colonne A à un élément réponse de la colonne B. Exemple :  $A_5 = B_9$

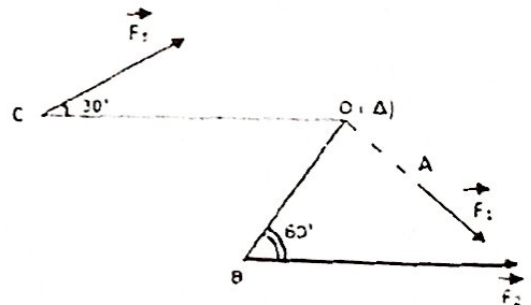
Colonne A	Colonne B
$A_1$ . Condition d'équilibre statique	$B_1$ . $\mathcal{M}_{F/\Delta} = d \cdot F$
$A_2$ . Condition d'équilibre en rotation	$B_2$ . $\mathcal{M}_{F/\Delta} = C \cdot \theta$
$A_3$ . Moment d'un couple de torsion	$B_3$ . $\sum \mathcal{M}_{F_{ext}/\Delta} = 0$
$A_4$ . Moment d'une force constante	$B_4$ . $\sum \vec{F}_{ext/\Delta} = \vec{0}$

### Application n° 01

( $\Delta$ ) est un axe perpendiculaire au plan de la figure dans lequel se trouvent les forces  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$ ,  $\vec{F}_3$ .

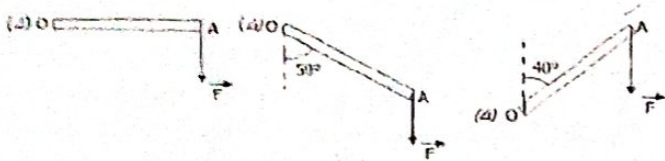
Calcule les moments de ces trois forces par rapport à ( $\Delta$ ), sachant que  $F_1 = 3 \text{ N}$ ,  $F_2 = 6 \text{ N}$ ,  $F_3 = 4 \text{ N}$ .

$OA = 5 \text{ cm}$ ,  $OB = 10 \text{ cm}$ ,  $OC = 30 \text{ cm}$ .



### Application n° 02

Le pied d'un cycliste exerce sur la pédale de sa bicyclette, une force verticale dirigée vers le bas et de valeur  $F = 90\text{N}$  Si  $O$  est la position de l'axe de rotation de direction horizontale et  $A$ , le point d'application de la force, tel que  $OA = d = 20\text{cm}$ . Voir figure :

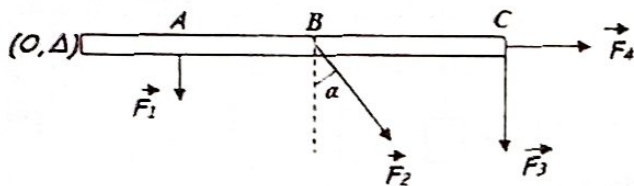


Calcule le moment de la force  $F$  par rapport à l'axe, dans les trois cas.

### Application n° 03

Sur une règle horizontale de poids négligeable, mobile autour d'un axe passant par  $O$ , on exerce dans le même plan vertical les forces d'intensités respectives :  $F_1 = 17\text{N}$  ;  $F_2 = 25\text{N}$  ;  $F_3 = 23\text{N}$  et  $F_4 = 30\text{N}$  (voir figure). On donne les distances  $OA = 16\text{cm}$  ;  $OB = 37\text{cm}$  ;  $OC = 60\text{cm}$  et  $\alpha = 30^\circ$ .

1. Calcule le moment algébrique de chacune des forces par rapport à l'axe.
2. Calcule leur somme ; cette règle est-elle en équilibre ?



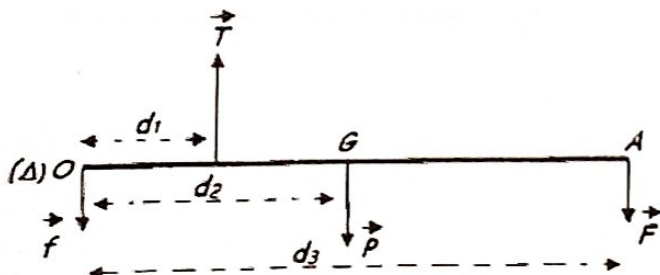
### Application n° 04

Une personne tient dans sa main une boule. On a modélisé les forces qui s'exercent sur l'avant-bras horizontal, par le schéma ci-dessous.

Le cubitus et le radius sont schématisés par une barre. Le point  $O$  correspond à l'articulation du coude. La force  $T$  représente la tension exercée par le biceps sur le radius. La force  $P$  représente le poids de l'ensemble du bras, qui s'applique au centre de gravité  $G$  de celui-ci. La force  $F$  est la force exercée par l'objet (la boule) sur la main.

1. Etablis la condition d'équilibre par rapport à l'axe passant par  $O$ .
2. Calcule l'intensité de la tension du biceps.

On donne :  $d_1 = 5\text{cm}$  ;  $d_2 = 15\text{cm}$  ;  $d_3 = 24\text{cm}$  ;  $P = 12\text{N}$  ;  $F = 6\text{N}$

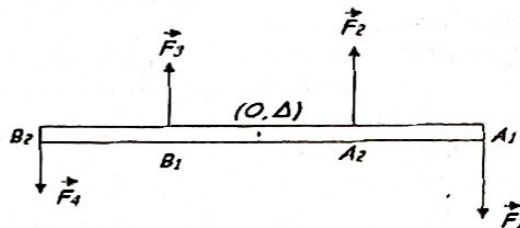


### Application n° 05

Sur le schéma ci-dessous, l'axe de rotation de la règle est orthogonal au plan de la figure et passe par le centre d'inertie de la règle. On donne :  $F_1 = F_2 = 3\text{N}$  ;  $OA_1 = 50\text{cm}$  ;  $OA_2 = 30\text{cm}$

$F_3 = F_4 = 2\text{N}$  ;  $OB_1 = 25\text{cm}$  ;  $OB_2 = 50\text{cm}$ .

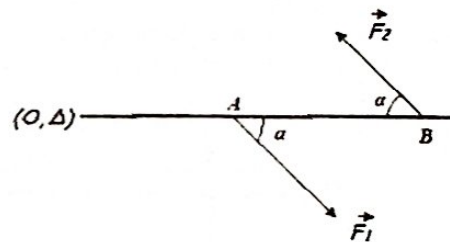
1. Définis le couple de forces. Quelles sont alors les couples qui s'appliquent sur la règle ?
2. Calcule le moment algébrique de chaque couple de forces par rapport à l'axe.
3. Calcule la somme des moments des couples qui s'exercent sur la règle.
4. La règle peut-elle être en équilibre ? Pourquoi ?



### Application n° 06

Sur une tige qui peut tourner autour d'un axe qui lui est perpendiculaire et passant par son extrémité  $O$ , on applique deux forces parallèles de sens contraires et d'intensité commune  $F_1 = F_2 = 30\text{N}$ .

1. Ecris les expressions des moments par rapport à l'axe de chacune de ces forces.
2. Ecris l'expression de la somme des moments de ces forces en fonction de l'angle  $\alpha$  et de la distance  $AB$ .
3. Quelle est alors l'expression du moment du couple formé par ces forces. Conclure. Faire le calcul pour  $AB = 20\text{cm}$  et  $\alpha = 30^\circ$ .

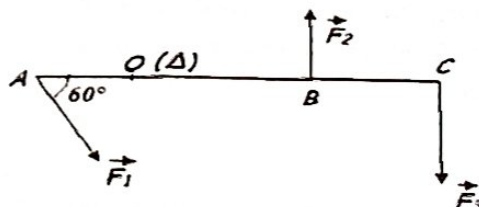


### Application n° 07

On considère une barre rigide de masse négligeable, mobile autour d'un axe qui lui est perpendiculaire et passant par  $O$ . Elle est en équilibre sous l'action des forces de modules  $F_1 = 15\text{N}$  ;  $F_2 = 28\text{N}$  et  $F_3$ . (Voir figure)

Quelle est alors la valeur  $F_3$  de la troisième force pour obtenir cet équilibre ?

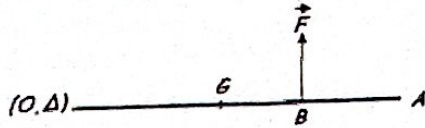
On donne les distances  $OA = 20\text{cm}$  ;  $OB = 30\text{cm}$  et  $OC = 40\text{cm}$ .



### Application n°08

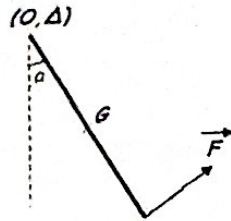
Pour maintenir en équilibre horizontalement, une barre rigide OA de poids  $P = 25\text{N}$ , mobile autour d'un axe fixe passant par son extrémité O. Pour cela, on applique en un point B de la barre, une force verticale orientée vers le haut d'intensité  $F = 20\text{N}$ .

Si la longueur de la barre est  $OA = 75\text{cm}$ , détermine la distance OB entre l'axe et le point B



### Application n°09

Quelle est la valeur  $F$  de la force que l'on applique au point A d'une barre de longueur  $OA = 30\text{cm}$  et de poids  $P = 10\text{N}$ , pour qu'elle soit en équilibre autour d'un axe passant par O tel que l'indique la figure, avec  $\alpha = 30^\circ$  ?



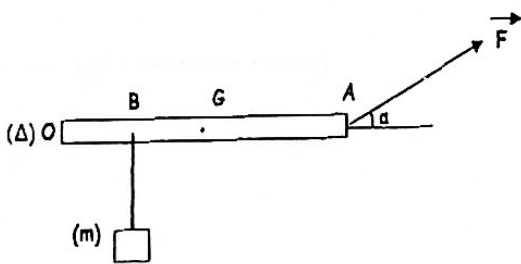
### Application n°10

Une barre homogène de longueur OA dont sa masse  $M = 2\text{kg}$  est mobile autour d'un axe ( $\Delta$ ) perpendiculaire au point O, comme l'indique la figure ci-dessus.

En un point B de barre on suspend une masse marquée  $m$ , telle  $m = m = M/4$  et en A une force  $F$  est appliquée faisant un angle  $\alpha = 30^\circ$  avec l'horizontal. On donne  $g = 10\text{N/kg}$ .

1. Ecris la relation entre OG et OA.
2. Représente toutes les forces qui agissent sur la barre homogène.
3. Ecris la condition d'équilibre de barre en rotation autour de ( $\Delta$ ).
4. Déduis la valeur de la force  $F$ .

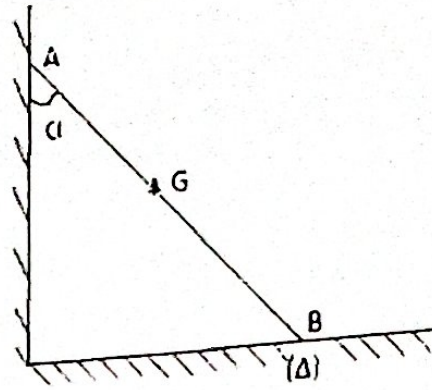
NB : le point B est milieu de OG.



### Application n°11

Une échelle de masse  $m$  est appuyée contre un mur vertical avec lequel elle fait un angle  $\alpha$ . Son centre de gravité G est situé au milieu de AB. On supposera que les frottements sont négligeables au niveau du mur et que les contacts se font en un point. On donne :  $\alpha = 30^\circ$  ;  $m = 20\text{kg}$  ;  $g = 10\text{N/kg}$ .

1. Représente toutes actions des forces exercées sur l'échelle AB
2. Ecris la condition d'équilibre de l'échelle AB.
3. Détermine la réaction du mur et celle du sol horizontal.



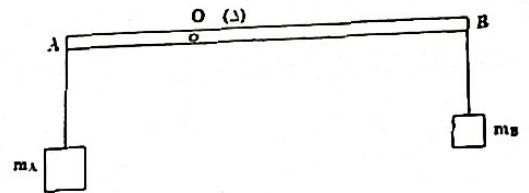
### Application n°12

Une tige AB, de masse négligeable, est mobile autour d'un axe ( $\Delta$ ) perpendiculaire en O au plan de la figure.  $OA = 20\text{cm}$  ;  $AB = 50\text{cm}$ .

On suspend en A une masse marquée à crochet, de valeur  $m_A = 300\text{g}$ .

1. Déduis la valeur de distance OB.
2. Quelle masse  $m_B$  doit-on suspendre en B pour maintenir la tige en position horizontale ?
3. Une masse marquée de  $100\text{g}$  est maintenant placée en B.

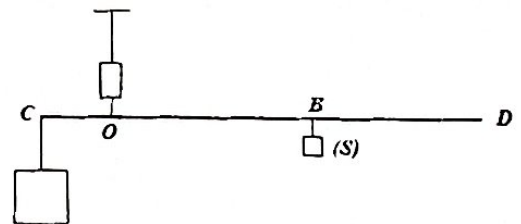
Dans l'objectif de rétablir l'équilibre, on accroche en C (un point situé sur la barre AB) une marquée de  $200\text{g}$ . Détermine la position du point C (c'est-à-dire la distance OC).



### Application n

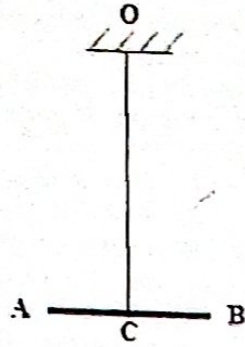
Une balance romaine est constituée d'une barre rigide CD horizontale de masse négligeable suspendue en un point O. On fixe à l'extrémité C de la barre un crochet auquel on peut suspendre le corps à peser. En un point B, entre O et D, est suspendu un contrepoids (S) de masse  $m' = 1\text{kg}$ . Le contrepoids peut coulisser entre O et D. On donne  $OC = 5\text{cm}$  et  $OD = 50\text{cm}$ . Voir schéma.

1. Détermine la masse maximale que la balance peut mesurer.
2. La partie OD est graduée en hectogramme. Déterminer la distance entre deux graduations.
3. On accroche un corps X en C. L'équilibre est réalisé lorsque le contrepoids est situé à  $35\text{cm}$  de O. Quelle est la masse  $m$  du corps X ?



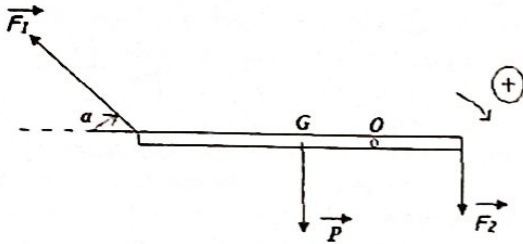
### Application n°14

Un barreau homogène AB de longueur 20 cm est suspendu à fil de torsion vertical OC passant par le centre C du barreau. On exerce aux extrémités du barreau un couple de forces horizontales, perpendiculaires au barreau, d'intensité N, en prenant soin de laisser le fil vertical. Calcule l'angle  $\alpha$  dont a été tordu le fil si sa constante de torsion vaut  $0,19 \text{ N.m.rad}^{-1}$ . Exprime en degrés.



### Application n° 15

Une barre homogène AB de poids  $P = 10 \text{ N}$  est mobile autour d'un axe horizontale fixe (A) passant par O. Aux extrémités de A et B de la barre sont appliquées les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  d'intensités respectives 2N et 1,5N. Ces forces sont dans un plan perpendiculaire ( $\Delta$ ). On donne  $AB = 1 \text{ m}$ ;  $OG = 20 \text{ cm}$ ;  $\alpha = 60^\circ$ . Calcule la somme des moments des forces appliquées à la barre. Dans quel sens a-t-elle tendance à tourner?

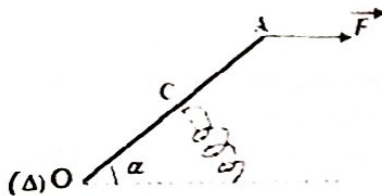


Une pédale de poids négligeable et de longueur  $OA = 20 \text{ cm}$ , est mobile

autour d'un axe horizontal passant par O. On exerce en A une force horizontale de module  $F = 20 \text{ N}$ . La pédale est en équilibre quand on fixe en son milieu C, un ressort de direction perpendiculaire à OA.

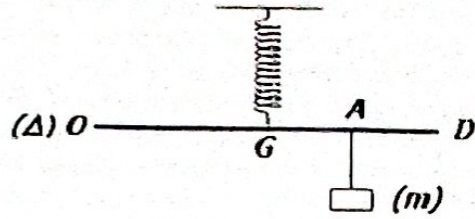
Voir figure. On donne  $\alpha = 30^\circ$ .

- Après avoir représenté toutes les forces s'exerçant sur la pédale, écris sa condition d'équilibre.
- On déduit la valeur de la tension du ressort.
- Quelle est la constante de raideur du ressort, si son raccourcissement est de 8cm ?



### Application n° 17

Une barre de longueur  $OD = 2L$  et de masse M. Elle est mobile autour d'un axe horizontal passant par O et est maintenue en équilibre horizontalement par une charge de masse m, accrochée en A tel que  $OA = x$  et par un ressort de raideur k qui s'allonge de a, fixé en G tel que  $OG = L$ .



- Représente les différentes forces qui s'exercent sur la barre.
- Ecris la condition d'équilibre.
- Trouve la relation entre x, a, m, M, g, k, et L
- Détermine m pour  $x = 25 \text{ cm}$ ,  $M = 50 \text{ g}$ ,  $a = 6 \text{ cm}$ ,  $L = 20 \text{ cm}$ ,  $k = 10 \text{ N/m}$  et  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

### Application n° 18

Une tige AB de masse  $m = 200 \text{ g}$  et de longueur 20 cm est mobile autour d'un axe ( $\Delta$ ) au point A.

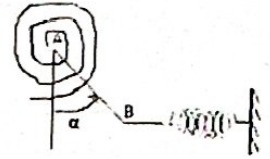
On accroche au point B, un ressort horizontal de raideur  $K = 50 \text{ N/m}$  et de longueur à vide  $l_0 = 20 \text{ cm}$ .

Au point A on fixe un ressort spiral de torsion

$C = 1,35 \cdot 10^2 \text{ m.N.rad}^{-1}$  et d'angle de rotation  $\theta = 1 \text{ rad}$ .

On donne  $g = 10 \text{ N/kg}$ ;  $\alpha = 60^\circ$

- Ecris la condition d'équilibre du système
- Détermine la longueur du ressort à l'équilibre.



### Partie C : Résolution des problèmes

#### Problème n°01

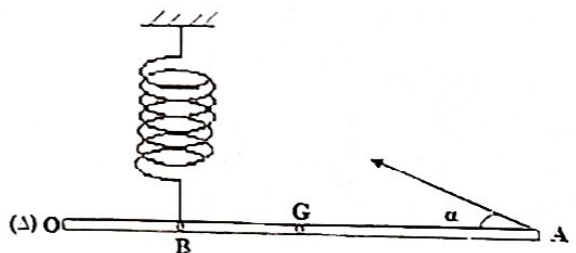
Dans le but de montrer que les frottements existent sur l'axe de rotation et que la réaction fait un angle  $\beta$  avec la barre, on utilise un dispositif constitué d'une barre homogène OA mobile autour d'un axe  $\Delta$  passant par O, comme l'indique la figure.

Elle est maintenue en équilibre grâce à une force  $\vec{F}$  d'intensité  $F = 75 \text{ N}$ , faisant un angle  $\alpha = 30^\circ$  avec la barre en A; et d'un ressort vertical de constante de raideur  $K = 100 \text{ N/m}$ , placé en B.

- Fais l'inventaire des forces qui agissent sur la barre.
- Représente toutes les forces qui agissent sur le système.
- Détermine :
  - La condition d'équilibre de la barre.
  - La tension du ressort à l'équilibre.
  - L'allongement du ressort.
  - Le module de la réaction de l'axe sur la barre.
  - L'angle  $\beta$  que fait la réaction avec la barre.

On donne :  $OB = \frac{OA}{4}$  et  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

Poids de barre  $P = 150 \text{ N}$ .



**Problème n° 02**

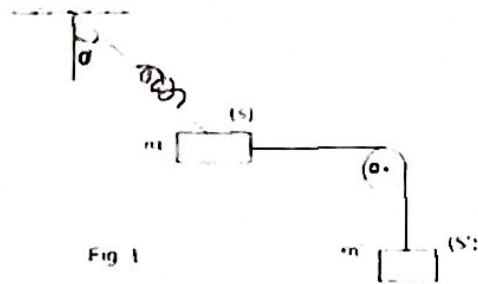
Le but de ce problème est de déterminer la tension du ressort sous un angle connu. Pour cela, on considère un solide (S) se trouvant en équilibre comme l'indique la figure 1 (fig. 1), une poulie P mobile autour d'un axe (Δ) passant en O et le fil qui passe par sa gorge ont des masses négligeables.

Le fil inextensible soutient à son extrémité inférieure un solide (S') de masse m'. Le solide (S) de masse m est soutenu à la fois par le fil et le ressort (R) de raideur K, de longueur l<sub>0</sub> et de longueur à l'équilibre est .

On admet la relation suivante :  $P + P' = T(1 + \frac{4l_0}{3l})$

- Détermine l et l<sub>0</sub> lorsque le ressort s'allonge de Δl = 5 cm à l'équilibre.
- Détermine m' et K si m prend la valeur de 177 g.
- Détermine la tension du ressort à l'équilibre.

On donne : α = 45°



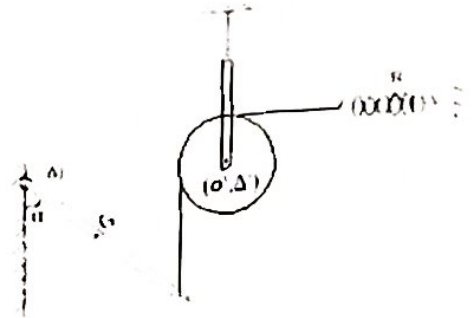
**Problème n° 04**

Une barre homogène OA en rotation en O autour d'un axe (Δ) pèse 200 N.

La barre est maintenue par un fil inextensible au point A, ce fil passe par la gorge d'une poulie en rotation en O' d'axe (Δ').

- Ecris la condition d'équilibre de la barre.
- Déduis la tension du fil relié au point A et à la poulie.
- Ecris la condition d'équilibre de la poulie en rotation au point O' d'axe (Δ')
- Déduis la tension et l'allongement du ressort.

On donne : OA = 2 OG = 50 cm et K = 400 N/m



**Problème n° 05**

On veut connaître la matière au quelle a été faite un solide en forme sphérique en se servant du tableau suivant :

Matière ou nature	Al	Cd	Fe
(ρ) en g.cm <sup>-3</sup>	2,7	8,7	7,8

Pour cela, on constitue un système d'une barre rigide de masse M = 100 g et de centre d'inertie G, d'un ressort de constante de raideur K = 50 N.m<sup>-1</sup> subissant à l'équilibre un allongement Δl = 20 cm et d'un solide sphérique de masse m et de rayon r = 32 mm (voir figure). On prendra g = 10 N/kg

- Représente sur un schéma annoté les forces qui agissent en O, G, B et A en supposant l'équilibre de la barre est horizontal.
- Etablis la condition d'équilibre de la barre et on déduit la masse m de la sphère.
- Quelle est alors la masse volumique de la bille sachant que le volume d'une sphère est donné par la formule:  $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$ .
- En se servant du tableau ci - dessus, donne la nature de la matière qui constitue le solide sphérique.

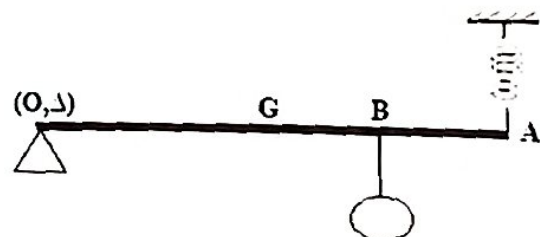
On donne : OA = 1 m, OB =  $\frac{2}{3}$  . OA

Al : Aluminium

Cd : Cadmium

Fe : Fer

Valeur des masses volumiques: (ρ) en g.cm<sup>-3</sup>



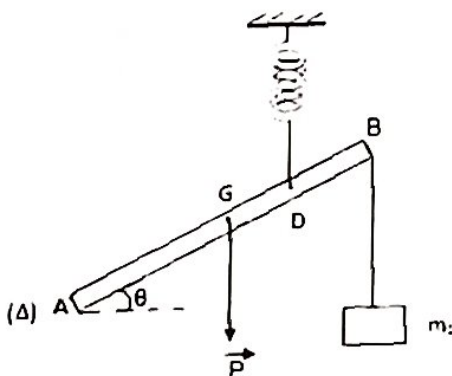
**Problème n° 03**

Une barre homogène AB de poids 100 N est en équilibre comme l'indique le schéma. On fixe en B une charge de poids P<sub>1</sub> = 25 N, en D, un ressort perpendiculaire à la barre permet de maintenir l'équilibre à la barre mobile autour d'un axe (Δ) passant par le point A. On donne AD = 3/4 AB. L'objectif de ce problème est de trouver angle α fait la réaction avec l'horizontal.

- Sachant que la barre fait un angle θ = 60°

Avec l'horizontale. Calcule :

- 1.1. Représente toutes les forces agissantes sur la barre AB.
- 1.2. Ecris la condition d'équilibre de la barre, en appliquant le théorème de moment.
- 1.3. Déduis la tension du ressort à l'équilibre.
2. Le module de la réaction  $\vec{R}$  en A.
3. Quel angle α fait la réaction avec l'horizontal.



## TRAVAIL ET PUISSANCE

### Partie A: Vérification des connaissances

#### 1. Question à réponse construite

Définis les termes suivants : Travail d'une force et Puissance d'une force.

#### 2. Question à réponse courte

2.1. Donne les unités des grandeurs suivantes dans le système international :

2.1.1. Travail d'une force ; Moment d'une force ; Vitesse angulaire ; Puissance.

2.2. Dans l'expression  $W(\vec{F}) = F \cdot l \cdot \cos \alpha$ , donne la signification et l'unité de chaque terme.

2.3. Ecris les expressions :

2.3.1. Du travail effectué par couple de forces  $(\vec{F}, \vec{F})$  distances de  $D$  après un tour de rotation.

2.3.2. De la puissance d'un couple de forces distances de  $D$ , appliqué à un solide animé d'un mouvement de vitesse de rotation  $N$  ( $\text{tr} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

3. Question à choix multiple. Choisi la bonne réponse aux affirmations suivantes. Exemple:  $4.1 = a$ )

3.1. Le travail d'une force perpendiculaire au déplacement est : a) négatif ; b) positif ; c) nul.

3.2. Le travail du poids d'un corps qui s'élève est : a) moteur ; b) résistant ; c) nul.

3.3. Dans l'expression du travail d'une force de moment constant ( $M = C \cdot \theta$ ),  $\theta$  s'exprime en : a) Degrés ( $^\circ$ ) ; b) grades ; c) radians (rad).

3.4. Une force d'intensité  $1\text{N}$ , colinéaire et de même sens que le vecteur déplacement, dont le point d'application se déplace de  $1\text{m}$ , effectue un travail de : a)  $0\text{J}$  ; b)  $-1\text{J}$  ; c)  $1\text{J}$ .

#### 4. Question à alternative vrai ou faux

4.1. Le travail du poids d'un corps dépend du chemin suivi pour aller du point du départ au point d'arrivée.

4.2. Le travail d'une force résistante est toujours négatif.

4.3. Le travail est une grandeur vectorielle.

4.4. Une force dont le point d'application reste fixe ne travaille pas.

4.5. Toute force dont le point d'application se déplace effectue nécessairement d'un travail.

4.6. La puissance instantanée d'une force  $\vec{F}$  faisant un angle  $\alpha$  avec le vecteur vitesse  $\vec{v}$  est donnée par la relation:  $P = F \cdot L \cdot \cos \alpha$ .

4.7. Une force produisant un travail de  $1000\text{J}$  en  $10$  minutes fournit une puissance de  $100\text{W}$ .

### Partie B : Application des connaissances

#### Application n° 01

Calcule le travail d'une force d'intensité  $F = 15\text{N}$  appliquée à un solide qui se déplace en mouvement rectiligne sur une distance de  $10\text{m}$  lorsque  $\vec{F}$  fait un angle  $\alpha = 30^\circ$  avec la direction du déplacement.

#### Application n° 02

Le petit CLEVER tire sur son camion par l'intermédiaire d'une ficelle avec une force d'intensité  $F = 3\text{N}$ . La ficelle fait un angle de  $30^\circ$  avec l'horizontale. Calcule, au cours d'un déplacement de  $4\text{m}$ :

Le travail de la force  $\vec{F}$  et la puissance effectuée en  $30$  minutes.

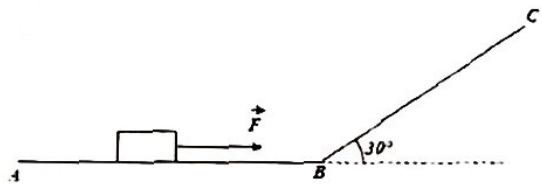
#### Application n° 03

Un chariot de masse  $m = 145\text{kg}$ , est tiré sur une piste ABC constituée d'un tronçon horizontal AB et d'un tronçon BC incliné de  $30^\circ$  par rapport à l'horizontale. Voir figure. Pour effectuer ce déplacement, on exerce sur ce chariot une force d'intensité  $F = 100\text{N}$  qui reste parallèle à la piste tout au long du parcours. On prendra  $g = 10\text{N/kg}$

1. Calcule le travail de la force  $F$  et du poids  $P$  du chariot sur le tronçon AB.

2. Calcule le travail de la force  $F$  et du poids  $P$  du chariot sur le tronçon BC.

On donne :  $AB = 100\text{m}$  et  $BC = 40\text{m}$ .

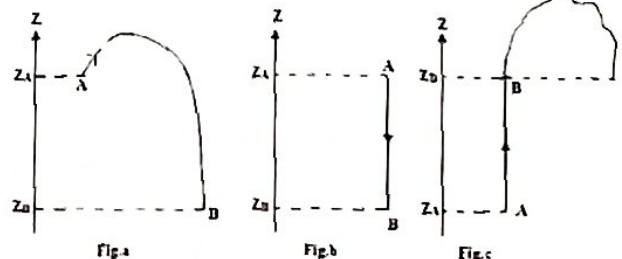


#### Application n° 04

Un même solide effectue les différents trajets suivants les figures (a), (b), (c), entre les points A et B.

1. Dans chaque cas, le travail du poids est-il donné par relation la relation :  $W_{AB} = m \cdot g \cdot (Z_A - Z_B)$ ? Pourquoi ?

2. Calcule le travail du poids pour chaque trajet. On donne:  $m = 1\text{kg}$  ;  $g = 10\text{N/kg}$  ;  $|z_A - z_B| = 10\text{m}$ .



#### Application n° 05

Un charbonnier, porteur de  $50\text{kg}$  de charbon, gravit les  $6$  étages d'un immeuble urbain ; la hauteur moyenne d'un étage étant  $4\text{m}$ , calcule le travail résistant du poids de la charge transportée.

### Application n° 06

On dispose de 12 pierres de taille cylindriques, de 40 cm de hauteur et de masse égale 100 kg. Elles sont sur un plan horizontal et on veut les placer les unes sur les autres pour obtenir une colonne verticale. Quel est au minimum, le travail à fournir. On donne:  $g = 10 \text{ N/kg}$ ;  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

### Application n° 07

Un réservoir à eau à la forme d'un cylindre vertical de 0,7 m de rayon et de 3 m de hauteur. On le remplit en pompant l'eau d'une nappe située sous le réservoir, à 8 m de son fond.

1. Calcule le travail de remplissage en admettant que la seule force à vaincre est le poids de l'eau ?
2. Calcule la puissance développée, sachant que le remplissage s'effectue en 30 minutes ?

### Application n° 08

Une usine hydro-électrique installée sur un fleuve utilise une chute de 15 m de hauteur (distance verticale entre le niveau amont et le niveau aval). Sachant que le débit de la chute est de  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ . On demande la puissance de la chute en kilowatt.

### Application n° 09

1. Un cheval de masse 95 kg développe sur AB une puissance de 15 kW pendant une course des chevaux et galope à la vitesse de 90 km.h<sup>-1</sup> sur un terrain plat.

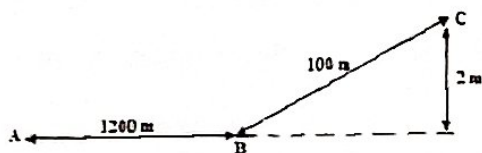
Calcule :

1.1. La force motrice  $F_{m1}$  exercée par le cheval et le travail moteur  $W_{m1}$  effectué pendant une course de 1200 m.

2. Le cheval aborde une pente qui s'élève de 2 m pour une distance de 100 m avec une vitesse de 36 km.h<sup>-1</sup>. Détermine :

2.1. La nouvelle force motrice  $F_{m2}$  et le travail  $W_{m2}$  effectué.

2.2. La puissance développée en 2min30sec.



### Application n° 10

Un moteur électrique développe une puissance de 1 kW quand en régime permanent, son arbre tourne à raison de 600 tours par minute.

1. Calcule le travail effectué par le couple moteur pour 1 tour de l'arbre.
2. Calcule le moment du couple moteur.
3. Calcule l'intensité des forces du couple en admettant que ces forces s'appliquent aux extrémités d'un centimètre de diamètre de l'arbre et qu'elles restent perpendiculaires à ce diamètre quand il tourne avec l'arbre

### Application n° 11

Un tracteur exerce sur une péniche (long bateau à fond plat pour le transport fluvial des marchandises), par l'intermédiaire d'un câble, une force de traction d'intensité  $F = 1000 \text{ N}$ . Le câble fait un angle de 30° avec l'axe du canal supposé rectiligne. Calcule :

1. L'intensité  $f$  de la force utile.
2. Le travail  $W$  effectué pour un déplacement de 1000 m.
3. La puissance  $P$  développée quand le tracteur chemine à la vitesse constante de 3 m/s.

### Application n° 12

Un moteur, tournant à 3600 tr.mirr<sup>-1</sup>, développe une puissance de 9 kW. Quel est le moment du couple moteur ?

### Application n° 13

Une voiture, de masse 1 t, roule à la vitesse de 90 km.h<sup>-1</sup> sur une côte de pente 5%. Les résistances équivalent à une force parallèle au déplacement et d'intensité 300 N.

On prendra :  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

1. Fais le bilan des forces appliquées à la voiture.
2. Calcule la puissance de la force motrice.
3. Quel est le travail de toutes ces forces pour un déplacement rectiligne de 2 km.

### Application n° 14

Une voiture, de masse 1 t, roule à la vitesse de 90 km.h<sup>-1</sup> sur une route rectiligne et horizontale. La puissance développée par le moteur est 7,5 kW. On prendra :  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

1. Quelle est l'intensité de la force motrice ?
2. Quelle est l'intensité de la force  $f$ , supposée parallèle au déplacement, équivalente à toutes les résistances (forces des frottements) ?
3. Quelle est la réaction de la route ?
4. Quel est le travail de toutes ces forces pour un déplacement rectiligne de 2 km.

### Application n° 15

Un camion de masse  $m$  monte sur une route de côte 20% à la vitesse de 72 km/h. Le moteur développe les forces des frottements représentées par une force unique  $f = 8000 \text{ N}$  et une puissance de 360 kW.

1. Fais un schéma en représentant toutes les forces.
2. Calcule la masse  $m$  du camion en tonne.
3. Calcule la durée lorsque celui-ci parcourt 2000 m.

### Application n° 16

Sur une route droite et horizontale, une automobile roulant à la vitesse constante de 60 km/h développe une puissance de 3675 W.

1. Quel est, par minute, le travail du couple créé par le moteur ?
2. Quelle est l'intensité de la force motrice unique, parallèle au déplacement, qui effectuerait le même travail ?

### Application n° 17

Un cycliste et sa machine ont une masse de 100 kg. Les divers frottements ont le même effet d'une force au mouvement, d'intensité 10 N.

1. Le cycliste roule sur une route horizontale avec une vitesse de 18 Km/h.
  - 1.1. Détermine sa force de traction.
  - 1.2. Quelle puissance développe-t-il ?
2. Avec cette vitesse, il aborde une côte de 5,5% et parcourt 253 m à roues libres avant de s'arrêter. Calcule le travail du poids

### Application n° 18

Sur la ligne de plus grande pente d'un côté à 2 % se déplace sans frottements, à vitesse constante, une voiture de  $M = 1200 \text{ kg}$ . La vitesse de la voiture reste constante sur une distance de 1200 m.

1. Quelle est l'intensité de la force motrice ?
2. Calcule de travail de chacune des forces appliquées à la voiture au cours de ce déplacement.
3. Quelle est la puissance de la force motrice lorsque la voiture se déplace à la vitesse de  $60 \text{ km.h}^{-1}$ .

### Application n° 20

Un motocycliste roule à la vitesse constante de  $20 \text{ m/s}$  sur un trajet rectiligne. La masse du motocycliste et sa moto est  $m = 250 \text{ kg}$ . Les forces résistances sont équivalentes à une force unique d'intensité  $F = 200 \text{ N}$ .

1. Calcule l'intensité de la force motrice:
  - 1.1. Lorsque la route est horizontale ;
  - 1.2. Lorsque la route s'élève de  $30^\circ$ .

## LES MACHINES SIMPLES :

### APPLICATION DE THEOREME DE MOMENT

#### Partie A : Vérification des connaissances

##### 1. Question à alternative vrai ou faux.

Exemple : 1.5 = vrai

Réponds par vrai ou aux affirmations suivantes

- 1.1. Une poulie sans frottement peut modifier la direction d'une force sans en changer l'intensité.
- 1.2. Dans une poulie fixe, l'intensité de la force motrice doit être égale à celle de la force résistante.
- 1.3. Dans une poulie fixe, le travail moteur est pratiquement égal au travail résistant.
- 1.4. Une machine simple permet de modifier les caractéristiques de la force motrice en vue de faciliter l'exécution de la tâche.

2. Réarrangement: On donne la phrase suivante en désordre, réarrange - la.

2.1. Un treuil/qui tire/que l'on/un fardeau/la corde/est un cylindre/lequel s'enroule/fait tourner/et sur/autour/ de son axe.

3. Appariement: relie un élément question de la colonne A à un élément réponse de la colonne B

Colonne A	Colonne B
A <sub>1</sub> . Condition d'équilibre d'un treuil simple	B <sub>1</sub> . $F = P/2n$
A <sub>2</sub> . Palan	B <sub>2</sub> . $F = P.\sin\alpha$
A <sub>3</sub> . Force motrice dans un plan incliné sans force de frottement	B <sub>3</sub> . $r = W_r/W_m$
A <sub>4</sub> . Rendement d'une machine simple	B <sub>4</sub> . $R.F = r.P$

#### Partie B : Application des connaissances

##### Application n° 01

A une extrémité d'un fil passant sur la gorge d'une poulie fixe de masse négligeable et de diamètre 10 cm, on accroche un objet A. de masse  $m_A = 300 \text{ g}$ . On prendra  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ .

1. On accroche à l'autre extrémité en masse  $m_B$  de l'objet B.
  - 1.1. Représente, sur un schéma, la poulie et toutes les forces qui lui sont appliquées.
  - 1.2. Quelle est la masse  $m_B$  de l'objet B à accrocher à l'autre extrémité du fil pour que la poulie soit en équilibre ?
  - 1.3. Détermine la réaction de l'axe.
2. La poulie étant en équilibre dans les conditions précédentes, on constate que si on ajoute une petite surcharge sur l'objet A, l'équilibre n'est pas rompu.
  - 2.1. Que peut - on en déduire ?
  - 2.2. Calcule le moment, par rapport à l'axe, des forces, si la plus petite surcharge susceptible de rompre l'équilibre a une masse  $\mu = 6.0 \text{ g}$ .

### Application n° 02

Un cylindre d'axe horizontal de diamètre 1,5m sur lequel s'enroule le câble qui supporte la cage d'un puits d'une mine. Ce cylindre est entraîné par un moteur qui tourne à vitesse constante de

70 tours/min. On donne:  $g = 10 \text{ N/kg}$ ;  $\pi = 22/7$ .

1. Réalise le schéma du dispositif.
2. Quelle est la vitesse de montée de la cage en m/s.
3. Si le puits a une profondeur de 750m, combien de temps met la cage pour remonter du fond du puits ?
4. Quelle est la puissance utile  $P_u$  nécessaire pour monter cette cage dont la masse totale est de 1200 kg ?
5. En réalité, les frottements absorbent 1/5 ème de la puissance  $P_m$  fournie par le moteur. Sachant que  $P_m = P_u + P_f$  (avec  $P_f$  : puissance absorbée par les frottements)
  - 5.1. Etablis l'expression de  $P_m$  en fonction de  $P_u$
  - 5.2. Détermine la valeur de la puissance  $P_m$  de ce moteur

### Application n° 03

On veut soulever une charge de masse 75 kg à l'aide d'un treuil dont le cylindre a un diamètre de 20 cm et la manivelle une longueur de 1 m.

1. Fais le schéma simplifié d'un treuil.
2. Combien faut-il faire de tours de manivelle pour monter la charge de 10 m.
3. Quelle force faut-il exercer perpendiculaire à la manivelle pour faire monter la charge d'un mouvement rectiligne uniforme ?
4. Quel est le travail de cette force lorsque la charge monte 10 m ?
5. Sachant que la puissance de force est 75 W, combien de temps dure l'ascension ?
6. On remplace la manivelle par un moteur qui tourne à 8 tr.s<sup>-1</sup>. Quelle sa puissance ? Quel l'avantage du moteur ?

### Application n° 04

Un maçon se sert d'un treuil pour soulever 2 sacs de ciments, le bras de la manivelle mesure 60 cm et le rayon du cylindre est de 10 cm.

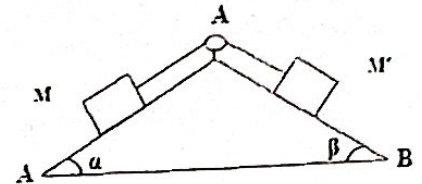
1. Fais le schéma de montage.
2. Sachant qu'un sac de ciment pèse 50 kg. Quelle est l'intensité de la force que doit exercer le maçon pour soulever la charge d'une hauteur de 8 m.
3. Calcule la puissance développée par le maçon en 2mn18s.
4. Quel est le nombre de tour effectué par le bras de la manivelle et l'angle en radian.

On donne :  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

### Application n° 05

Deux masses  $M$  et  $M'$ , peuvent glisser sans frottement sur deux plans de longueur,  $AB$  et  $AC$ , incliné respectivement de  $\alpha = 60^\circ$  et  $\beta = 30^\circ$  sur le plan horizontal et se raccordent en  $A$ . Chacune d'elle est fixée à l'une des extrémités d'un fils sans frottement passant dans la gorge d'une poulie mobile sans frottement autour de son axe ; ce dernier est lié rigidement à l'ensemble des plans. La partie de fil à laquelle est fixée chaque masse est parallèle au plan incliné correspondant. Les masses du fil et de la poulie sont négligeables.

1. Représente toutes les forces agissant sur le système.
2. Quelle condition doivent remplir les masses  $M$  et  $M'$  pour que le système soit en équilibre.



### Application n° 06 : Plan incliné et treuil

On fait glisser sur un plan incliné un wagon de 15 tonnes.

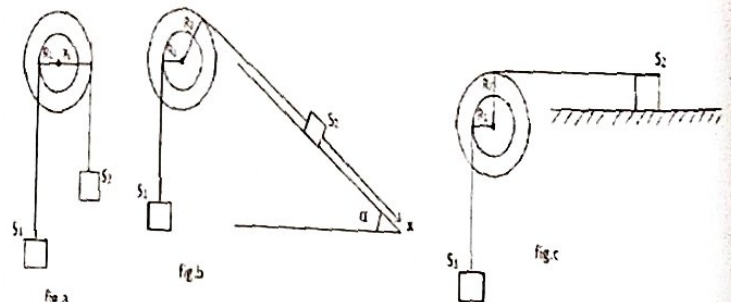
1. Calcule la valeur de l'angle d'inclinaison sachant que pour maintenir l'équilibre, il faut exercer une traction de 75000 N.
2. On attèle au wagon la corde d'un treuil dont le cylindre à 10 cm de diamètre et le bras de la manivelle à 0,5 m de longueur. Le rendement du treuil est 0,9. Calcule :
  - 2.1. La force  $F$  normale à la manivelle pour maintenir l'équilibre.
  - 2.2. Le nombre de tours de la manivelle pour un déplacement du wagon de 10 m et la hauteur dont il s'élève.

### Application n° 07

On considère une poulie à deux gorges dont les rayons sont respectivement  $R_1$  et  $R_2$  tel que :  $R_2 = 2.R_1$ , comme l'indique le schéma.

On suspend à l'aide de brin de fil des corps  $S_1$  et  $S_2$  de poids respectifs  $P_1$  et  $P_2 = 10\text{N}$ .

- a. Quel doit être le poids  $P_1$  de  $S_1$  pour que le système soit en équilibre (fig.a).
  - b. Le solide  $S_2$  repose maintenant sans frottement sur un plan incliné de  $\alpha = 45^\circ$  par rapport à l'horizontal. Quel doit être la nouvelle valeur de  $P_1$  de  $S_1$  pour réaliser l'équilibre (fig.b).
  - c.  $S_2$  repose maintenant sur un plan horizontal et les forces de frottement en une intensité  $f = 3 \text{ N}$ . Détermine la nouvelle valeur de  $P_1$  de  $S_1$  quand il ya équilibre (fig.c)
- On prendra  $g = 10 \text{ N/kg}$



### Application n° 08

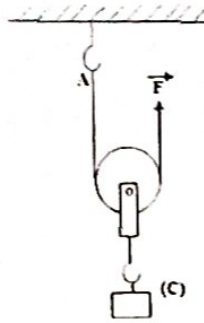
Un treuil différentiel est constitué de deux cylindres coaxiaux de rayons respectifs  $R_1 = 12 \text{ cm}$  et  $R_2 = 20 \text{ cm}$ , sur lesquels s'enroule en sens inverses la corde soutenant une poulie mobile qui soutient une charge de  $1000 \text{ N}$ . La longueur de la manivelle est  $l = 80 \text{ cm}$ .



1. Représente toutes les forces qui s'appliquent sur l'ensemble du système.
2. Ecris la condition d'équilibre de l'ensemble.
3. On déduit la valeur  $F$  de la force appliquée sur la manivelle.
4. Si la manivelle effectue 25 tours, calcule le travail de la force

### Application n° 09

La figure ci - contre représente une poulie de masse négligeable. On y suspend un corps (C) de masse  $m = 100 \text{ kg}$ . On prendra  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ . Détermine :

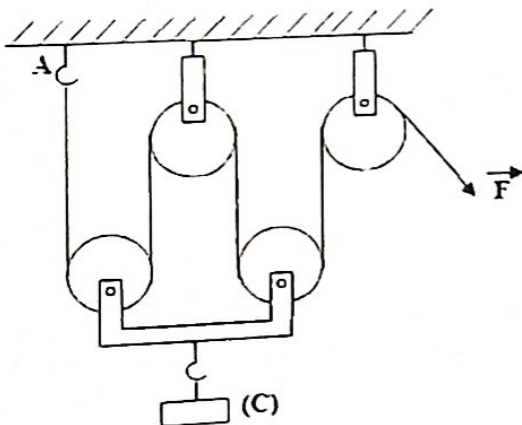


1. La force  $\vec{F}$  à exercer pour le système en équilibre
2. La réaction du crochet en A.

### Application n°10

On constitue un palan à l'aide de deux poulies fixes et de deux poulies mobiles de même diamètre et de même masse négligeable. On utilise le palan pour soulever le corps (C).

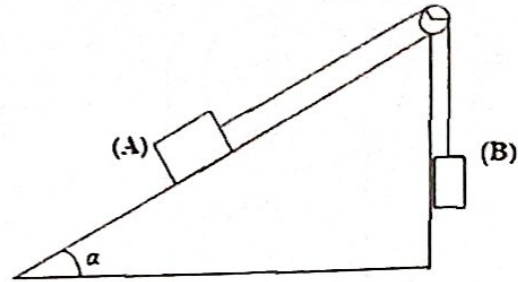
1. Détermine :
  - 1.1. Les tensions de chaque brin de fil.
  - 1.2. La force  $\vec{F}$  à exercer pour le système en équilibre.
  - 1.3. La réaction du crochet en A.
2. On constitue maintenant un pan avec  $n$  poulies fixes et  $n$  poulies mobiles avec lequel on soulève un objet de masse  $m$ .
  - 2.1. Quelle est en fonction de  $m$ ,  $g$ , et  $n$  l'intensité de la force à exercer pour que le système soit en équilibre ? Quel est l'intérêt d'une telle combinaison de poulies ?



### Application n° 11

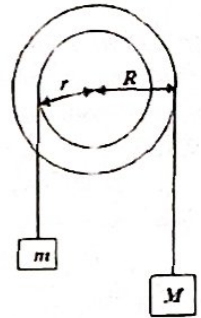
Le système (A,B, poulie) est en équilibre. On néglige les frottements et la masse de la poulie. On donne  $g = 10 \text{ N/kg}$

1. Représente toutes les forces qui s'exercent sur les Différentes Parties du système.
2. Exprime  $m_B$ , masse du corps B, en fonction de  $m_A$ , masse du corps A, et de  $\alpha$ .
3. Faire l'application numérique de  $m_B$  si  $m_A = 300 \text{ g}$  et  $\alpha = 30^\circ$ .
4. Détermine graphiquement la réaction de l'axe de la poulie



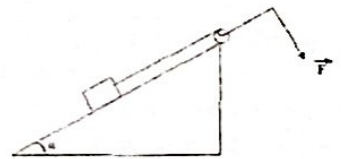
### Application n° 12 : Poulie à double gorge

Deux cylindres, de rayon  $r$  et  $R$ , tournent autour du même axe ( $\Delta$ ). Un fil s'enroulant sur le grand cylindre supporte un corps de masse  $M$ . Un fil s'enroulant sur le petit cylindre supporte un corps de masse  $m$  (voir figure). Etablis la relation existant entre  $m$  et  $M$  pour que le cylindre soit en équilibre.



### Application n°12

On veut soulever un objet de masse  $150 \text{ kg}$  à l'aide d'un treuil dont le cylindre a un diamètre de  $20 \text{ cm}$  et la manivelle  $1 \text{ m}$  de longueur.



1.
  - 1.1. Fais le schéma illustratif.
  - 1.2. Quelle force doit - on exercer perpendiculairement à la manivelle ?
2. L'objet est maintenant placé sur un plan incliné de  $\alpha = 30^\circ$ , comme l'indique la figure.
  - 2.1. Quelle doit être la nouvelle valeur de force on doit exercer perpendiculairement à la manivelle ?

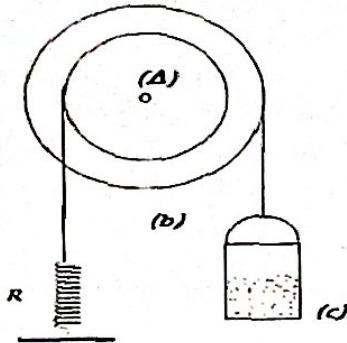
### Application n° 13

On considère le dispositif de la figure ci - contre). R est un ressort de raideur  $K = 40 \text{ N/m}$ . (C) est un récipient cylindrique en matière plastique très légère, dont la masse sera négligée par rapport à la masse d'eau qu'il contient.

Etablis la relation existante entre  $x$ , allongement du ressort, et  $h$ , hauteur d'eau dans le récipient.

On donne:  $R = 40 \text{ cm}$  ; section intérieure du récipient:  
 $S = 20 \text{ cm}^2$ .

$g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$  ; masse volumique de l'eau :  $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$



### Application n° 14

Sachant que la puissance moyenne du manœuvre qui actionne un treuil simple est  $73,5 \text{ W}$  et que le rendement du treuil vaut  $0,9$ . On demande :

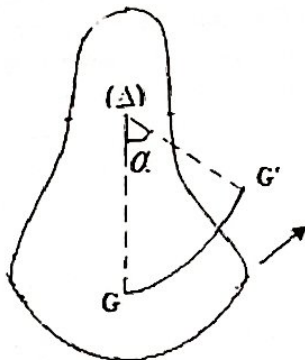
1. Le schéma simplifié illustrant l'expérience.
2. La hauteur dont s'élève la charge, par minute, quand cette charge pèse  $600 \text{ N}$ .
3. La vitesse de rotation, en tour par minute, du cylindre du treuil dont le rayon est de  $5 \text{ cm}$ .
4. L'intensité  $F$  de la force qu'exerce le manœuvre perpendiculaire à la manivelle dont la longueur est de  $30 \text{ cm}$

### Application n° 15

Un pendule pesant est un solide mobile autour d'un axe ne passant pas par son centre de gravité.  $OG = OG' = l$

L'axe  $(\Delta)$  est perpendiculaire au plan de la figure.

Quel est l'expression du travail du poids du pendule en fonction de la masse  $m$ , de la longueur  $l$  de l'intensité du champ de pesanteur  $g$  et l'angle  $\alpha$  lorsqu'on l'écarte d'un angle  $\alpha$  de sa position d'équilibre.



### Application n° 16

Un pendule pesant est constitué d'une tige AB de masse négligeable, aux extrémités de laquelle on a soudé deux boules de dimension négligeables et de masses  $m_A = 200 \text{ g}$  et  $m_B = 100 \text{ g}$ . La longueur de la tige est  $l = 30 \text{ cm}$ . L'axe  $(\Delta)$  est perpendiculaire à la tige en un point O tel que  $OB = 10 \text{ cm}$ .

1. Représente la tige dans position d'équilibre.
2. Calcule le centre de gravité OG de la tige.
3. Calcule le travail du poids du pendule lorsqu'on écarte la tige de  $45^\circ$  de sa position d'équilibre

On prendra  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

# LES PRESSIONS ET LA POUSSEE D'ARCHIMEDE

## PREMIERE PARTIE : LES PRESSIONS

### Partie A : Vérification des connaissances

#### 1. Questions à réponses construites

- 1.1. Énonce le Principe Fondamental de l'Hydrostatique (PFH).
- 1.2. Énonce le théorème de Pascal en hydrostatique.
- 1.3. Donne le paradoxe de l'hydrostatique.
- 1.4. Donne la définition légale du Pascal.
- 1.5. Qu'est-ce qu'un vase communicant.
- 1.6. Énonce le théorème de Pascal sur la transmission d'une variation de pression.

#### 2. Question à choix multiple : Choisis la bonne réponse, exemple : 2 = 2.4

La pression subie par une surface plane et horizontale de  $20 \text{ cm}^2$  lorsqu'elle est soumise à une force pressante de  $800 \text{ N}$  est : 2.1.:  $40 \text{ Pa}$  ; 2.2.:  $0,025 \text{ Pa}$  ; 2.3.:  $4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

#### 3. Réarrangement. On donne cette phrase en désordre, réarrangez-la

Le Principe Fondamental de l'Hydrostatique./La différence de pression/d'un liquide homogène/est égale au produit du volumique  $\omega$ /entre deux point A et B/du liquide/par la différence de niveau  $h$ .

#### 4. Appariement : Relie un élément-question de la colonne A à un élément-réponse de la colonne B Exemple : $A_7 = B_5$

Colonne A	Colonne B
A <sub>1</sub> . Pression des solides	B <sub>1</sub> . $\rho \cdot g$
A <sub>2</sub> . Principe Fondamental de l'Hydrostatique	B <sub>2</sub> . $\frac{p_L}{\rho_{\text{eau}}}$
A <sub>3</sub> . Poids volumique	B <sub>3</sub> . $\frac{F}{S}$
A <sub>4</sub> . Densité d'un liquide	B <sub>4</sub> . $\omega \cdot h$ ou $\rho \cdot g \cdot h$

### Partie I (Application des connaissances): PRESSIONS DES SOLIDES

#### Application n° 01

La masse totale d'une maison est  $100$  tonnes; quelle doit être la surface totale des fondations pour que la pression transmise au sol soit égale à  $10^5 \text{ Pa}$ . On donne  $g = 10 \text{ N/kg}$

#### Application n° 02

Sur une terrasse horizontale on dépose une couche de terre de  $60 \text{ cm}$  d'épaisseur; sachant que la terre, supposée homogène, a une masse volumique de  $\rho \approx 1400 \text{ kg/m}^3$ , calcule la pression subie par la terrasse.

#### Application n° 03

Un skieur pèse au total  $700 \text{ N}$ ; chaque ski appuie sur la neige par une surface rectangulaire de  $0,7 \text{ dm} \times 17 \text{ dm}$ . Calculer la pression subie par la neige. Que serait cette pression si les skis n'existaient pas? (Évaluer soimême la surface de contact avec la neige dans ce dernier cas.)

#### Application n° 04

Un tronc de cône dont les bases ont pour rayons, respectivement,  $5$  et  $12 \text{ cm}$  pèse  $15 \text{ N}$ , et repose sur un plan horizontal; sur le cercle supérieur est déposée une charge de  $100 \text{ N}$  qui presse toute la surface de ce cercle; calcule la force pressante transmise au plan horizontal, la pression subie et la pression exercée par le tronc de cône :

1. Quand il repose par sa petite base ;
2. Quand il repose par sa grande base.

#### Application n° 05

Une chaise pesant  $50 \text{ N}$  repose sur le sol par 4 pieds dont les surfaces de contact ont  $3 \text{ cm}^2$ . Calcule (en  $\text{Pa}$  et en  $\text{bar}$ ) la pression subie par le sol quand la chaise porte une charge de  $800 \text{ N}$ .

#### Application n° 06

Quel est le poids total d'une automobile dont les pneus (que l'on supposera portant chacun le  $\frac{1}{4}$  de la charge totale) sont gonflés à la pression de  $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  et présentent avec le sol une surface de contact rectangulaire de  $10 \text{ cm}$  de large sur  $15 \text{ cm}$  de long ?

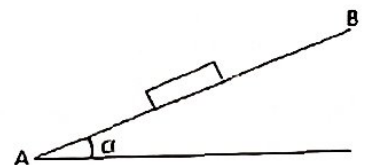
#### Application n° 07

Une brique homogène, de forme parallélépipédique, masse volumique  $2 \text{ g/cm}^3$ , de dimensions  $22 \text{ cm}$  ;

$11 \text{ cm}$  et  $5,5 \text{ cm}$ , repose sur un plan horizontal.

1. Calcule la pression exercée par la brique sur ce plan. On envisagera les 3 cas.
2. On pose la grande face de cette brique sur un plan incliné d'inclinaison  $\alpha = 30^\circ$  et l'on dispose une cale pour empêcher la brique de glisser.

Rechercher graphiquement le vecteur représentant la force pressante exercée par la brique sur le plan incliné ; calcule son intensité et en déduire la pression subie par le plan.



#### Application n° 08

A  $1000 \text{ m}$  d'altitude la pression de l'air est égale à environ  $310 \text{ mbars}$ . A l'intérieur d'un avion, la pression est maintenue à  $800 \text{ mbars}$ .

1. Calcule l'intensité de la force pressante qui s'exerce sur la face intérieure d'un hublot de  $30 \text{ cm}$  de diamètre.
2. Calcule l'intensité de la force pressante qui s'exerce sur la face extérieure du hublot.
3. A quelle force les fixations du hublot résistent-elles ?

#### Application n° 09

Une bicyclette pesant  $p_b = 150 \text{ N}$ , montée par un cycliste de poids  $p_c = 600 \text{ N}$  repose sur le sol par une surface de  $3 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$  sous chaque pneu.

On admettra que la charge est répartie ainsi :  $\frac{1}{3}$  sur la roue avant et  $\frac{2}{3}$  sur la roue arrière.

1. Déduis le poids  $p_{bc}$  total de l'ensemble du système (bicyclette + cycliste)

- Déduis la force  $F_{av}$  (ou le poids  $p_{av}$ ) exercée sur la roue avant, puis calcule la pression  $P_{av}$  de gonflage de la roue avant.
- Déduis la force  $F_{ar}$  (ou le poids  $p_{ar}$ ) exercée sur la roue arrière, puis calcule la pression  $P_{ar}$  de gonflage de la roue arrière.
- Donne l'expression littérale de la pression  $P$  de gonflage des pneus (pression totale).
- Déduis la valeur de la pression

## Partie II: APPLICATION DU PRINCIPE FONDAMENTAL DE L'HYDROSTATIQUE DANS UN VASE NON COMMUNICANT

### Application n° 10

Calcule la force pressante qui s'exerce sur l'unité de surface au fond d'un barrage. On prendra comme hauteur de l'eau 10 m ;  $g = 10 \text{ N/kg}$  ;  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

### Application n° 11: Le crève - tonneau de Pascal

Un tonneau cylindrique, de hauteur 1 m, est rempli d'eau.

- Calcule la force pressante s'exerçant sur  $1 \text{ cm}^2$  de surface située à 20 cm du fond du tonneau.
- Ce tonneau est surmonté d'un tube vertical de 10 m de hauteur, complètement rempli d'eau. Trouve la section  $S$  du tube, sachant que ce dernier contient  $800 \text{ cm}^3$  d'eau.
- Calcule la force pressante s'exerçant sur  $\text{cm}^2$  de surface située à 20 cm du tonneau. Conclure ?

### Application n° 12: Pression exercée au fond de trois liquides non miscibles en équilibre

Un récipient contient du mercure sur une hauteur de 5 cm, de l'eau sur une hauteur de 20 cm et benzène 10 cm. Calcule la pression exercée par ces liquides dans le fond du récipient ?

On donne :  $\rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kg/m}^3$  ;  $\rho_{\text{C}_6\text{H}_6} = 880 \text{ kg/m}^3$  ;

$$P_{\text{atm}} = H = 10^5 \text{ Pa}$$

### Application n° 13

Une vase dont le fond plan est horizontal a une surface de  $100 \text{ cm}^2$ , contient 2 litres d'eau et 3 litres de mercure.

- Calcule la pression au fond et sur la surface de séparation.
  - On en déduit la force pressante en un point du fond.
- On donne :  $d_{\text{H}_2\text{O}} = 1$  ;  $d_{\text{Hg}} = 13.6$  et  $H = 1,013 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

### Application n° 14

Une éprouvette cylindre à 6 cm de diamètre. On y verse successivement  $150 \text{ cm}^3$  de mercure et  $300 \text{ cm}^3$  d'eau.

- Comment se déplacent les deux liquides dans l'éprouvette ?
- Calculer les hauteurs  $h_1$  et  $h_2$  du mercure et de l'eau.
- Quelle est la pression due au liquide :
  - Au point du fond
  - On un point de la surface de séparation.

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3 ; \rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kg/m}^3$$

### Application n° 15

Un vase cylindrique dont le fond plan est horizontal, présente un diamètre de 10 cm et contient 10L d'eau.

- Calcule la force pressante qui exerce au fond.
- On place sur la surface libre un piston de diamètre égal au diamètre intérieur du vase. En admettant qu'il puisse glisser sans frottement sur la paroi du vase. Calcule la pression

en un point du fond.  
On donne  $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  ; masse du piston :  $m_p = 2 \text{ kg}$  et  $g = 10 \text{ N/kg}$ .

## Partie III : APPLICATION DU PRINCIPE FONDAMENTAL DE L'HYDROSTATIQUE DANS (TUBE EN U)

### Application n° 16

Un tube en U contient du mercure. Dans l'une des branches du tube, on ajoute du benzène sur une hauteur de 15 cm; dans l'autre, on met une solution d'acide sulfurique. Quelle devra être la hauteur de l'acide sulfurique pour que les deux niveaux du mercure soient dans un même plan horizontal?

On donne les masses volumiques des liquides:  
Benzène ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ):  $\rho_1 = 900 \text{ kg/m}^3$ ; Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ):  
 $\rho_2 = 1560 \text{ kg/m}^3$ ; Mercure (Hg):  $\rho_3 = 13600 \text{ kg/m}^3$

### Application n° 17

Un tube en U contient un liquide de densité 1,26 surmonté dans l'une de branche d'une colonne d'un second liquide sur une hauteur de 15 cm de densité 0,75. Quelle colonne d'eau faut-il versée dans l'autre branche pour que les deux surfaces libres soient dans un même plan horizontal ?

On donne :  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ;  $d_{\text{H}_2\text{O}} = 1$

### Application n° 18

On aspire dans deux tubes verticaux, reliés à une même pompe par un robinet, deux liquides de nature différente.

- Soient  $h_1$  et  $h_2$  les hauteurs dans les tubes de ces liquides, et  $\rho_1$  et  $\rho_2$  leurs masses volumiques. Lorsqu'on ferme le robinet, quelle relation existe-t-il entre ces grandeurs ?

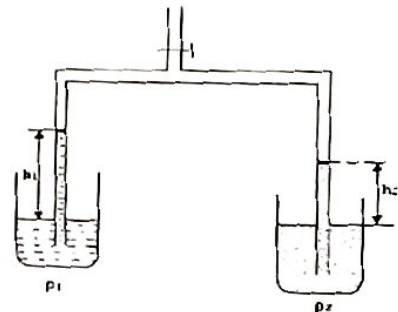
2. Calculer  $\rho_2$ .  
On donne  $\rho_1 = 860 \text{ kg/m}^3$ ,  $h_1 = 12 \text{ cm}$ ,  $h_2 = 9,2 \text{ cm}$ .

### Application n° 19

Dans un tube en U contenant du mercure, on met dans les deux branches, d'un côté, 20 cm d'eau et l'autre, 20 cm d'alcool.

- Fais un schéma du dispositif expérimental.
- Calcule la dénivellation du mercure entre les deux branches.

On donne les densités du mercure, de l'alcool sont respectivement : 13,6 et 0,8 et la masse volumique de l'eau est de  $1 \text{ g/cm}^3$ .



### Application n° 20

Un tube en U contient dans une de ses branches, A, du mercure, dans l'autre, B, de l'eau. La hauteur de la colonne d'eau est  $h_2 = 30 \text{ cm}$ . On verse dans A de l'alcool jusqu'à ce que les niveaux supérieurs (les surfaces libres) de l'eau et de l'alcool soient dans le même plan horizontal.

- Ecris une relation très simple entre  $h_1$ ,  $h_2$  et  $h_3$ .
  - Quelle est la hauteur  $h_1$  de la colonne de l'alcool?
- On donne: Alcool  $\rho_1 = 800 \text{ kg/m}^3$ ; Mercure  $\rho_2 = 13600 \text{ kg/m}^3$ ; Eau:  $\rho_3 = 1000 \text{ kg/m}^3$

### Application n° 21

Dans un tube en U contenant de mercure (Hg), on verse à droite 100 cm<sup>3</sup> d'eau et à gauche 200 cm<sup>3</sup> de benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).

1. Calcule la distance de deux surfaces de séparation.
2. Quel volume d'eau faudrait-il ajouter à droite pour que cette distance soit nulle ?

On donne : Diamètre intérieur du tube :  $D = 2$  cm.  
 $\rho_{H_2O} = 13.6 \text{ g.cm}^{-3}$  ;  $\rho_{C_6H_6} = 0,88 \text{ g.cm}^{-3}$  et  $\rho_{Hg} = 1 \text{ g.cm}^{-3}$ .

### Résolution d'un problème (Application n° 22): Application du Principe Fondamental de l'Hydrostatique.

Lors d'une expérience portant sur l'application du Principe Fondamental de l'Hydrostatique, un élève d'une classe de seconde C veut déterminer la masse d'eau qu'il doit ajouter dans un tube en U. Pour cela il utilise un tube en U de diamètre intérieur  $D = 2$  cm et dans ce tube U se trouve que du mercure au départ. Il verse 400 cm<sup>3</sup> de benzène à gauche et 200 cm<sup>3</sup> d'eau à droite.

1. Calcule les masses du Benzène et d'eau en gramme (g) versées respectivement à gauche et droite.
  2. Fais le schéma donnant la représentation de l'expérience (tube en U).
  3. Calcule la distance de séparation  $h_{Hg}$  (mercure-eau, mercure-benzène).
  4. Quel volume total d'eau  $V_{H_2O}^T$  doit-on avoir pour que la distance de séparation soit nulle ( $h_{Hg} = 0$ , pour  $V_{H_2O} = V_{H_2O}^T$ ).
  5. On rappelle que :  $V_{H_2O}^T = V_{H_2O} + V_{H_2O}^a$ . Déduis le volume d'eau  $V_{H_2O}^a$  faudrait-il ajouter à droite pour que cette distance de séparation  $h_{Hg}$  devienne nulle.
  6. Déduis la masse d'eau  $m_{H_2O}^a$  faudrait-il ajouter.
- On donne :  $\rho_{Hg} = 13,6 \text{ g.cm}^{-3}$  ;  $\rho_{C_6H_6} = 0,88 \text{ g.cm}^{-3}$  ;  
 $\rho_{H_2O} = 1 \text{ g.cm}^{-3}$

### Application n° 23

Dans un tube en U contenant du mercure (Hg) on verse de l'eau sur une hauteur  $h_{H_2O} = 40$  cm dans la première branche et de l'huile dans la seconde branche d'une hauteur  $h_H$ .

1. Calculer la hauteur  $h_H$  de l'huile dans la seconde branche pour que la différence de hauteurs entre les deux surfaces libres soit  $\Delta h = 5$  cm.
  2. Dans la première branche on ajoute de l'eau.
    - 2.1. Calcule la hauteur d'eau  $h_{H_2O}^a$  qu'on doit ajouter dans la première branche pour que les deux surfaces libres soient dans un même plan horizontal ( $\Delta h = 0$  : pour  $h_{H_2O} = h_{H_2O}^a$ )
    - 2.2. Déduis la hauteur totale d'eau  $h_{H_2O}^T$ .
- On donne :  $\rho_{Hg} = 13.6 \text{ g/cm}^3$  ;  $\rho_{Huile} = \rho_H = 0,8 \text{ g/cm}^3$  ;  
 $\rho_{H_2O} = 1 \text{ g/cm}^3$

### Application n° 24

Un tube en U de section uniforme contient du mercure (Hg). Dans la branche A on verse de l'eau (H<sub>2</sub>O) et dans la branche B on verse de l'alcool (ROH). Les surfaces libres de l'eau et de l'alcool sont dans un même plan horizontal et le mercure présente une différence de niveau de 0.5 cm entre les

deux branches. Calcule les colonnes de liquide dans les deux branches (l'eau et l'alcool).

On donne :  $d_{Hg} = 13,6$  ;  $d_{Alcool} = d_{ROH} = 0,8$  ;  $d_{H_2O} = 1$

### Application n° 25

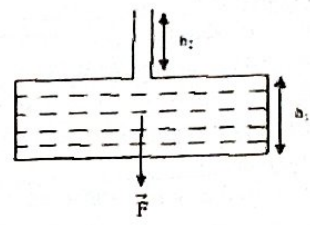
Dans un tube en U de section 2,8 cm<sup>2</sup> contenant du mercure, on verse dans une des branches de l'eau sur une hauteur de 8 cm.

1. Quel volume d'huile faut-il verser dans l'autre branche pour que :
    - 1.1. Les deux surfaces libres soient dans le même plan horizontal.
    - 1.2. Les deux surfaces de séparation mercure-eau, mercure-huile soient même plan horizontal ?
  2. Déduis la variation  $\Delta V$  du volume d'huile.
- On donne :  $d_{Hg} = 13,6$  ;  $d_{Huile} = d_H = 0,8$  ;  $d_{H_2O} = 1$

### Partie IV : APPLICATION DU THEOREME DE PASCAL SUR L'HYDROSTATIQUE/ PRESSE HYDRAULIQUE

#### Application n° 26

Un récipient comporte deux parties cylindriques de même axe de diamètre 20 cm et 2 cm. Le grand cylindre étant seulement rempli d'eau d'une hauteur  $h_1 = 10$  cm.



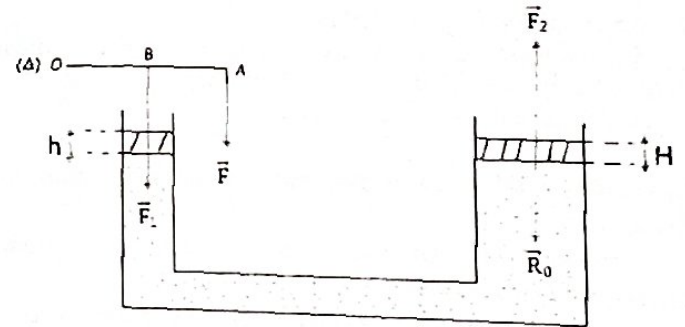
1. Calcule la force pressante  $F$  s'exerçant sur sa base supposée horizontale.
2. On verse 628 cm<sup>3</sup> d'eau dans le petit cylindre. Calculer la variation  $\Delta F$  de la force pressante sur le fond.

#### Application n° 27

Une presse hydraulique comprend un petit cylindre et un grand cylindre dans lesquelles peuvent coulisser sans frottement des pistons négligeables. Le grand cylindre a un rayon de 10 cm et le petit un rayon de 4 cm.

1. Détermine le module de la force  $F$  qu'il faut appliquer sur le levier pour que l'action de  $\vec{F}_2$  équilibre celle d'une résistance  $\vec{R}_0$  se déplace de 2000 N.
2. De combien se déplace le grand piston lorsque le petit se déplace de 5 cm.

On donne :  $\frac{OA}{OB} = 5$



**DEUXIEME PARTIE :  
POUSSEE D'ARCHIMEDE**

**Partie A : Vérification des connaissances**

**1. Questions à réponses construites**

- 1.1. Énonce le théorème de la Poussée d'Archimède.
- 1.2. Qu'est-ce-que la poussée d'Archimède ?

**2. Réponds par vrai ou faux affirmations suivantes**

- 2.1. Lorsque le corps est complètement immergé, son volume devient égal au volume immergé.
- 2.2. Un corps immergé est soumis à deux forces verticales et de sens contraires, son poids et sa poussée.
- 2.3. Lorsque le corps est placé dans deux liquides superposables, la poussée d'Archimède est la somme des poussées d'Archimède exercées par les deux liquides.

**3. Réarrangement : Relle un élément question de la colonne A à un élément réponse de la colonne B**

Exemple :  $A_5 = B_6$

Colonne A	Colonne B
$A_1$ : Corps complètement immergé au fond du liquide	$B_1$ : $P = F_1 + F_2$
$A_2$ : Corps partiellement immergé entre deux liquides non miscible	$B_2$ : $F = \bar{\omega} \cdot s \cdot h$
$A_3$ : Forces pressantes sur le fond d'un vase	$B_3$ : $\Delta P_A = \Delta P_B$
$A_4$ : Transmission d'une variation de pression	$B_4$ : $P_B = P - F$

**Application n° 01**

Calcule le poids apparent d'une garniture d'acier de masse 125 t dans un fluide de masse volumique 1,18 Kg/L. On donne la masse volumique de l'acier  $\rho_{\text{acier}} = 7,85 \text{ Kg/L}$  et  $g = 10 \text{ N/kg}$

**Application n° 02**

Une pierre a un volume de  $2,345 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ .

1. Quelle est la valeur de la poussée  $\pi$  qui s'exerce sur cette pierre lorsqu'elle est entièrement immergée dans :

- 1.1. l'eau de masse volumique  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg.m}^3$
- 1.2. L'alcool de masse volumique  $\rho_{\text{ROH}} = 800 \text{ kg.m}^3$
2. Déduire la variation  $\Delta F$  de la poussée.
3. On donne:  $g = 10 \text{ N/kg}$

**Application n° 03**

Un cylindre en cuivre de volume  $V = 63,4 \text{ cm}^3$  a une masse de 565g. On donne:  $g = 10 \text{ N/kg}$

1. Quel est le poids apparent lorsqu'il est complètement immergé dans l'alcool, de masse volumique  $\rho = 820 \text{ kg.m}^3$  ?
2. Calcule la densité du cuivre.

**Application n°04 : Corps partiellement immergé dans un liquide.**

Un radeau de dimension  $10 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$  flotte horizontalement sur l'eau.

1. Calcule la hauteur de la partie immergée dans l'eau.
2. En charge le radeau, il s'enfonce dans l'eau d'une distance  $x$  égale à 16 cm. Déterminer la masse de la charge.

On donne  $\rho_{\text{radeau}} = \rho_r = 800 \text{ kg.m}^{-3}$  ;  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg.m}^3$

**Application n° 05**

Un cylindre homogène, de masse volumique  $0,6 \text{ g/cm}^3$  et de hauteur 20 cm à son axe vertical quand il flotte sur un liquide de masse volumique  $0,8 \text{ g/cm}^3$ .

1. Quelle est la hauteur immergée ?
2. Où se trouvent le centre de gravité et le centre de poussée de ce flotteur ?

**Application n° 06**

Un morceau de fer, de volume  $V = 50 \text{ cm}^3$ , flotte sur du mercure.

1. calcule le volume immergé.
2. On enfonce complètement le fer dans le mercure : avec quelle force faut-il maintenir le fer immergé ?

On donne  $\rho_r = 7800 \text{ Kg.m}^{-3}$  ;  $\rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ Kg.m}^{-3}$ .

**Application n° 07**

Une sphère de laiton a, dans l'air, une masse de 160 g. On l'immerge dans l'eau et elle ne paraît plus peser que 100 g. La densité du laiton est 8. On donne  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg.m}^3$  et  $1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$

1. Calcule:

- 1.1. Le volume de la sphère de laiton.
- 1.2. Le rayon de la sphère de laiton.

2.

- 2.1. Déduis la poussée d'Archimède.
- 2.2. Calcule le volume immergé. La boule est-elle creuse ou pleine ? Si elle est creuse, quel est le volume de la cavité inférieure et son rayon ?

**Application n° 08: Application de la Poussée d'Archimède sur le Corps partiellement immergé entre deux liquides non miscibles.**

Un cube en bois d'arrête 10 cm et de densité 0,6 flotte dans l'eau. On donne la densité d'huile  $d_H = 0,8$ .

1. Calcule la hauteur immergée  $h_1$ .
2. En verse de l'huile dans le récipient contenant d'eau, l'épaisseur de la couche d'huile au-dessus de l'eau est 2cm. Calculer la hauteur immergée  $h'_1$  dans l'eau.
3. On place sur le cube un objet de poids 2,2 N

(l'épaisseur restant toujours de 2 cm au-dessus de l'eau). Calculer la nouvelle hauteur immergée  $h''_1$  dans l'eau.

**Application n° 09**

Un cylindre pesant 6N provoque, quand il est suspendu à un ressort, un allongement de 6cm. Quand on l'immerge partiellement dans le mercure, l'axe étant vertical, l'allongement du ressort n'est plus que 4 cm. On demande la hauteur immergée sachant que le rayon du cylindre est d 3 cm et la masse volumique du mercure est  $13600 \text{ Kg/m}^3$ .

**Application n° 10**

Un cylindre en bois, à base circulaire, de densité 0,6 se tient verticalement dans un liquide de densité 1,5.

1. On demande la hauteur de la partie immergée.
- 2.
- 2.1. On fixe ensuite à la partie inférieure de ce cylindre un cylindre en fer de même base. Quelle hauteur faut-il donner à ce dernier pour que le cylindre total se tienne en

équilibre lorsqu'il est complètement plongé dans de liquide ?  
2.2. Déduis la hauteur immergée.

On donne: Densité du fer  $d_{Fe} = 7,8$ ; Hauteur du cylindre de bois  $h_{cb} = 21$  cm.

#### Application n° 11

Un cylindre de bois a 22 cm de hauteur. Détermine la hauteur du cylindre de fer de même rayon qu'il faudrait fixer à la base du cylindre en bois pour que ce dernier émerge de 7 cm lorsqu'il est plongé dans l'eau. Masse volumique du bois:

$\rho_1 = 600 \text{ kg.m}^{-3}$ ; masse volumique du fer:  $\rho_2 = 7800 \text{ kg/m}^3$  et masse volumique de l'eau:  $\rho_3 = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$

#### Application n° 12

Un tube cylindrique, en fer, ouvert à la partie supérieure et fermé à la partie inférieure a un rayon de 2 cm, une hauteur de 20 cm et une masse de 50 g.

On néglige l'épaisseur de la paroi de ce tube.

1. Sur quelle profondeur (en cm) est-il immergé quand il flotte sur l'eau, l'axe étant vertical ?
2. Quel volume de mercure (en  $\text{cm}^3$ ) faut-il introduire dans le tube pour que le flotteur s'enfonce de 10 cm? Déduire la hauteur du mercure occupée dans le tube.
3. Quelle est la masse du mercure versé ?

On donne:  $\rho_{H_2O} = 1 \text{ g.cm}^{-3}$ ;  $\rho_{Hg} = 13,6 \text{ g.cm}^{-3}$

#### Application n° 13

Un alliage d'or et de cuivre a une masse de 3,25 kg. Complètement immergé dans l'eau, son poids apparent est de 30,15 N. Calculer sa composition en masse et en volume.

On admettra qu'il y a conservation de la masse et du volume au cours de la formation de l'alliage.

On prendra:  $g = 10 \text{ N/kg}$  et les masses volumiques: Or:  $\rho_{Au} = \rho_1 = 18300 \text{ kg.m}^{-3}$ .

Cuivre:  $\rho_{Cu} = \rho_2 = 8800 \text{ kg.m}^{-3}$ . Eau:  $\rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$

#### Application n° 14

Un lingot en alliage d'or et de cuivre a une masse de 1 kg; immergé dans l'eau, il n'a plus qu'un poids apparent de 9,4 N. Calculer sa composition en masse et en volume.

On arrondira les densités de l'or, du cuivre aux valeurs respectives:  $d_{Au} = 20$  et  $d_{Cu} = 9$  et celle de l'eau:  $d_{H_2O} = 1$ ; on admettra que le mélange du volume est égal à la somme des volumes des corps mélangés. Et on prendra  $g = 10 \text{ N/kg}$

#### Application n° 15

Un corps de masse 200g et de masse volumique  $7,8 \text{ g/cm}^3$  est complètement immergé dans l'eau.

1. Calcule l'intensité de la poussée d'Archimède
2. Déduis le poids apparent du corps immergé;
3. Lorsqu'on accroche ce corps à l'air libre il s'allonge de 5 cm.
  - 3.1. Calcule la constante de raideur de ce ressort.
  - 3.2. Calcule l'allongement du ressort lorsque ce corps suspendu quand est complètement immergé dans l'eau.

On donne  $g = 10 \text{ N/Kg}$ ,  $\rho_{H_2O} = 1 \text{ g.cm}^{-3}$

#### Application n° 16

Un corps homogène de masse 500 g, dont la masse volumique est  $2,7 \text{ g/cm}^3$ , est suspendu à un fil et complètement immergé dans l'eau que contient un vase.

On demande l'accroissement du poids du vase:

1. Quand le corps immergé ne touche pas les parois du vase:
2. Quand le fil étant coupé, le corps tombe au fond du vase.

#### Application n° 17

Une sphère de fer de volume  $V_s = 0,4 \text{ m}^3$  est plongée dans un vase contenant du Hg, surmonté d'une couche d'eau. Quand elle est en équilibre, elle plonge en partie dans le mercure (Hg) et en partie dans l'eau. Quel est le volume de la sphère plongé dans chaque partie.

On donne  $\rho_{Fe} = 7800 \text{ Kg.m}^{-3}$ ;  $\rho_{Hg} = 13600 \text{ Kg.m}^{-3}$ .

#### Application n° 18

Un cylindre en bois de rayon 10 cm et de hauteur 4 cm flotte sur l'eau. Quand il est en équilibre son axe est vertical et il est immergé sur une profondeur de 2,5 cm.

1. Quelle est la masse du cylindre en gramme et la masse volumique de sa substance en  $\text{g/cm}^3$  supposée homogène ?

2. Détermine la force qu'il faut appliquer à ce flotteur pour le soulever de 1 cm puis pour l'enfoncer de 1 cm. On supposera que l'axe du cylindre reste vertical au cours de ces déplacements.

#### Application n° 19 : Corps complètement immergé

Un morceau d'alliage pèse 8,50 N dans l'air et 5,50 N dans l'eau salée de masse volumique  $\rho_s = 1200 \text{ kg.m}^{-3}$ .

1.
  - 1.1. Déduis la poussée dans l'eau salée
  - 1.2. Déduis le volume immergé dans l'eau salée
  - 1.3. Déduis le volume de l'alliage.
2.
  - 2.1. Quelle poussée subit-il dans l'alcool de masse volumique  $\rho_{ROH} = 800 \text{ Kg.m}^{-3}$ .
  - 2.2. Détermine l'allongement du ressort de raideur  $K = 100 \text{ N/m}$  auquel il est suspendu.

#### Application n° 20

Une sphère métallique pleine pèse 6,75 N. Son poids apparent lorsqu'elle est plongée dans l'eau est 4,25 N.

1. Déduis sa poussée d'Archimède.
2. Calcule le rayon de la sphère.
3. Déduis: De la sphère: Son volume et sa masse volumique.

### Application n° 21

Un morceau de liège de masse volumique  $\rho = 0,25 \text{ g/cm}^3$  a un volume de  $60 \text{ cm}^3$ .

1. Déduis son poids.
2. Ce morceau de liège flotte sur l'eau. Quelle est l'intensité de la poussée sur l'eau?
3. Quel est le volume de la partie immergée?
4. On place sur le morceau de liège un disque de fer, de masse  $20 \text{ g}$ . Quel est le volume de la partie du liège qui émerge?

### Application n° 22

Un corps C solide cylindrique de diamètre  $D = 2 \text{ cm}$  est formé d'une partie métallique que de densité  $d_m = 7$  de hauteur  $h_m = 1 \text{ cm}$  et d'une partie en bois de densité  $d_b = 0,7$  et de hauteur  $h_b = 29 \text{ cm}$ .

1. Détermine la hauteur  $h_1$  de la partie immergée lorsque le solide placé dans un liquide L de densité  $d_L = 1,5$  prend une position d'équilibre verticale stable.
2. Le corps étant dans la position précédente, on place sur la partie en bois une surcharge de masse  $m = 20 \text{ g}$ . la hauteur immergée devient  $h_2$ .

Démontre que  $h_2 = h_1 + \frac{4 \cdot 10^{-6} m}{\pi d_L D^2}$  (m en gramme et D en mètre)

3. Sans enlever la surcharge, on verse de l'eau de  $4 \text{ cm}$ . Quel est la variation  $\Delta h$  de la hauteur immergée par rapport à la hauteur précédente.

## DEUXIEME PARTIE : CHIMIE

# MATIERE - TRANSFORMATIONS PHYSIQUES & CHIMIQUE - MELANGES - CORPS PURS

## I. MATIERE - TRANSFORMATIONS PHYSIQUE & CHIMIQUE

### Partie I : Vérification des connaissances

#### 1. Questions à réponses construites

- 1.1. Définis les termes suivants : matière, volume, masse et poids.
- 1.2. Donne les caractéristiques de la matière.
- 1.3. Cite les trois états de la matière et donne une explication pour chaque état avec des exemples à l'appui.
- 1.4. Qu'est-ce qu'une transformation de la matière ?

#### 2. Réarrangements :

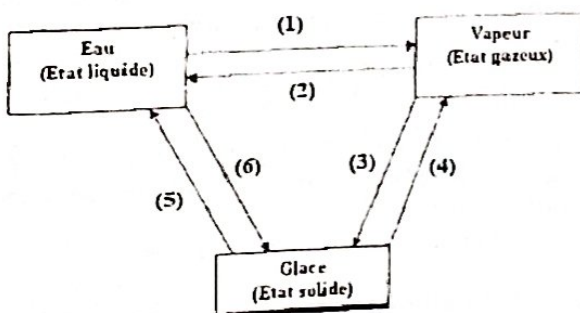
- 2.1. Associe une lettre a de la colonne I à une lettre b de la colonne II

Phénomène physique (I)	Autres termes (II)
a <sub>1</sub> Transformation physique	b <sub>1</sub> Réaction chimique
a <sub>2</sub> Transformation chimique	b <sub>2</sub> Ebullition
a <sub>3</sub> Vaporisation	b <sub>3</sub> Changement d'état

- 2.2. Relie un élément réponse de la colonne A à un élément réponse de la colonne B.

Colonne A	Colonne B
A <sub>1</sub> Fusion	B <sub>1</sub> Passage de l'état solide à l'état gazeux
A <sub>2</sub> Solidification	B <sub>2</sub> Passage de l'état gazeux à l'état solide
A <sub>3</sub> Ebullition	B <sub>3</sub> Passage de l'état gazeux à l'état liquide
A <sub>4</sub> Liquéfaction	B <sub>4</sub> Passage de l'état liquide à l'état gazeux
A <sub>5</sub> Condensation	B <sub>5</sub> Passage de l'état solide à l'état liquide
A <sub>6</sub> Sublimation	B <sub>6</sub> Passage de l'état liquide à l'état solide

3. Complète le schéma sur le diagramme d'équilibre des phases de l'eau. Exemple : (7) = Etat



4. Question à alternatives vrai ou faux. Réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes :

4.1. Dans une courbe, les paliers de fusion et de solidification au cours desquelles la température reste constante, prouve que la substance est pure.

4.2. Une transformation chimique modifie les propriétés des corps et leur nature.

4.3. Une réaction chimique est transformation au cours de laquelle des corps purs mis en présence (réactifs) disparaissent en donnant naissance à d'autres corps purs (produits).

5. Question à alternatives vrai ou faux. Réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes :

5.1. Dans une courbe, les paliers de fusion et de solidification au cours desquelles la température reste constante,

prouve que la substance est pure.

5.2. Une transformation chimique modifie les propriétés des corps et leur nature.

5.3. Une réaction chimique est transformation au cours de laquelle des corps purs mis en présence (réactifs) disparaissent en donnant naissance à d'autres corps purs (produits).

6. Réarrangement : On donne ces phrases en désordre, réarrange - les.

6.1. Transformations Endothermiques/ de la température/ augmentation /une / nécessitent.

6.2. Transformation Exothermiques/ diminution / une/ nécessitent / de température/

7. Question à réponses courtes

Dites si les phénomènes suivants sont de nature physique ou chimique:

7.1. La formation de la rouille.

7.2. La préparation du pain.

7.3. La vaporisation de l'eau.

7.4. La combustion d'une bougie

7.5. La sublimation de la glace.

### Partie B : Vérification des connaissances

#### Application n° 01

On étudie la fusion du naphthalène solide.

On obtient la courbe ci - contre.

1. Interpréter la courbe obtenue.

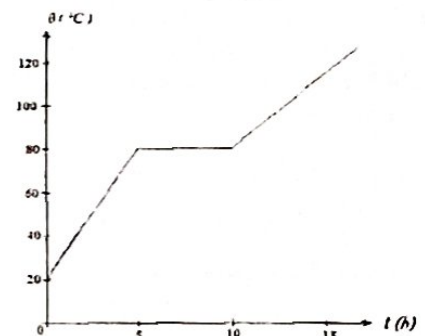
2. A quelle température observe - t - on deux phases en présence, préciser ces états physique.

3. Ce naphthalène solide est - il pur ? Justifier.

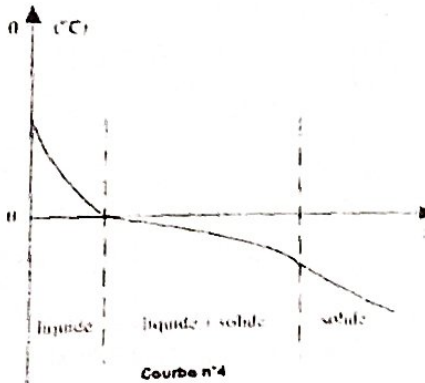
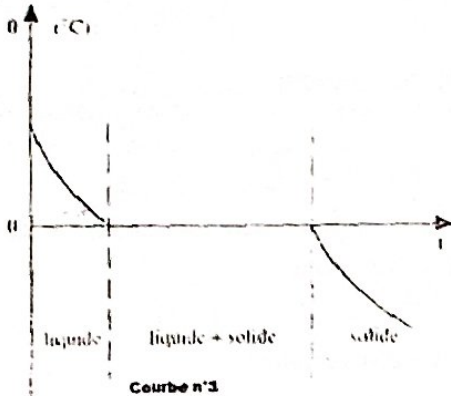
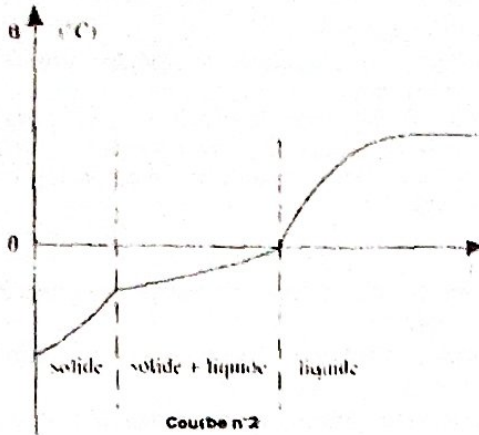
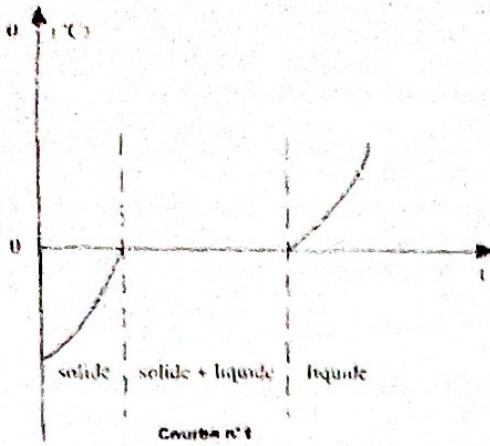
4. Quelle est la température du naphthalène au début de l'expérience ?

5. Quels sont les temps du début et de la fin de la fusion ?

6. Quel est le temps de la fusion du solide ?



**Application n° 02**



Les courbes ci-dessus représentent les variations de la température ( $\theta$ ) en fonction du temps ( $t$ ) au cours de la fusion et de la solidification de l'eau pure et de l'eau salée.

1. Mets une légende sous chaque courbe (fusion de l'eau pure, de l'eau salée, solidification de l'eau pure, de l'eau salée).

2. Déduis des courbes la température de fusion de l'eau pure. Peut-on parler de température de fusion de l'eau salée ?

**Application n° 03**

On étudie la fusion de deux solides A et B, en relevant régulièrement les températures  $\theta$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) de A et B en fonction de  $t$  (en min) lors de leur chauffage et on obtient les résultats contenus dans le tableau suivant :

	$t$ (min)	0	5	7.5	10	12.5	15	17.5
Corps A	$\theta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	20	40	50	50	50	50	65
Corps B	$\theta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	20	40	50	60	70	80	85

1. Représente sur un même graphe, les courbes  $\theta = f(t)$  de variation des températures des corps A et B en fonction du temps. Echelles: 2 cm pour 5 min et 1 cm pour  $5^{\circ}\text{C}$ .
2. L'un des solides est un corps pur. Lequel ? Justifie la réponse.
3. Que peut-on prévoir pour les températures d'ébullition de chacun des corps ?

**Application n° 04**

Des liquides A, B, C et D ressemblent à l'eau pure. Pour chaque liquide, on reconnaît une constante physique à la pression atmosphérique normale.  
 La température de fusion du corps A est  $2^{\circ}\text{C}$ .  
 La masse d'un litre du liquide B est égale à 1 kg.  
 La température d'ébullition du liquide C est égale à  $100^{\circ}\text{C}$ .  
 Le liquide D boue à  $105^{\circ}\text{C}$ .  
 Parmi les liquides précédant, lequel (lesquels) est (sont) de l'eau pure ? Justifier

**Application n° 05**

De l'eau liquide sortant d'un robinet est placé dans un congélateur. Celui-ci est branché sous une tension électrique. On relève à intervalles de temps égaux, la température de l'eau.

$t$ (min)	0	1	2	3	4	5	6
$\theta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	3	2	0	0	0	-4	-18

1. Trace le graphique de la température en fonction du temps. Echelles : 1 cm pour 1 min et 1 min pour  $2^{\circ}\text{C}$ .
2. La courbe se comporte de combien de parties ? Sur elles, indiquer sous quel(s) état(s) physique(s) se trouve l'eau ?
3. Quel serait l'état de l'eau à l'instant 12 min ?
4. Que se passe-t-il entre les instants 2 et 4 minutes ?
5. Cette eau est-elle pure ? Justifier.

**Application n° 06**

Représente le graphique de la solidification de la solidification d'un liquide d'un liquide en fonction du temps en utilisant le tableau suivant :

$t$ (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\theta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	18	-6	3	2	0,5	0	0	0	0	-1	-3	-6

1. S'agit-il d'un corps pur ou d'un mélange ? Identifier-le ?
2. Précise l'état au cours de la transformation.

**Application n° 07 : Transformation de la matière**

Un  $\text{dm}^3$  d'eau pure donne, en se congelant,  $1,09 \text{ dm}^3$  de glace. Calcule la masse volumique de la glace.

### Application n° 08 : Transformation de la matière

La masse d'un litre d'eau est 1 kg, celle de 1 m<sup>3</sup> de glace, 917 kg. On place une bouteille d'eau « Mayo » de capacité 1,5 L au congélateur pour transformer l'eau en glace.

1. Quelle est la masse d'eau contenue dans la bouteille ?
2. Quel volume de glace obtient-on ?
3. Que va-t-il se passer ?

### Application n° 09 : Masse et masse volumique d'un métal

Le fer est le métal le plus utilisé par l'homme. Sa densité par rapport à l'eau est 7,8. On donne:  $\mu_{H_2O} = 1 \text{ g/cm}^3$ . Calcule la masse volumique du fer en g/cm<sup>3</sup> puis en kg/m<sup>3</sup>. Quelle est la masse de 10 cm<sup>3</sup> de métal fer ?

### Rappels de cours sur la mesure des quantités de chaleur

#### 1. La mesure des quantités de chaleur

##### 1.1. Principe des échanges de chaleur

Lorsque plusieurs corps sont en contact dans une enceinte adiabatique (sans échange de chaleur avec le milieu extérieur), la somme algébrique des quantités de chaleur échangées pour atteindre l'équilibre thermique est nulle.

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0 = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$$

#### 1.2. Expression de la quantité de chaleur échangée

$$Q = m \cdot c \cdot (\theta_f - \theta_i)$$

Q : Quantité de chaleur échangée en Joule (J) :

m : masse du corps chauffé en kilogramme (kg) :

c : Chaleur massique en Joule par kilogramme par degré Celsius J.kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup> ou en Joule par kilogramme par degré Kelvin J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>.

N.B : La chaleur massique de l'eau est : 4190 kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>.

#### 1.3. Capacité thermique ou calorifique

Dans l'expression  $Q = m \cdot c \cdot (\theta_f - \theta_i)$ , le produit  $m \cdot c = K$  est appelé **capacité thermique ou calorifique** du corps considéré. Elle est exprimée en (J.K<sup>-1</sup>) ou en (J.°C<sup>-1</sup>)

$$K = m \cdot c$$

### Applications des connaissances

#### Application n° 01

On mélange 3L d'eau à 25 °C avec 2L d'eau à 60°C. Quelle est la température finale si on néglige les pertes de chaleur ?

#### Application n° 02

Quels volumes d'eau respectivement à 20 °C et à 75°C faut-il mélanger pour obtenir dans une baignoire 100L d'eau à 37 °C.

#### Application n° 03

1. Un calorimètre contient 200 g d'eau à la température de 25,3°C. On y verse 300g d'eau à la température de 17,7°C. On observe que la température du mélange se stabilise à 20,9°C. Calcule la valeur en eau du calorimètre.

2. Le calorimètre contient maintenant 500 g d'eau à 20,9 °C. On y plonge un bloc de fer de masse 1 kg, ayant été longtemps maintenu dans un congélateur à - 18 °C. La température finale s'établit à 14,2 °C. Calcule la chaleur massique du fer.

#### Application n° 04

Un calorimètre est constitué d'un vase en aluminium de masse 60 g, d'un agitateur aluminium de masse 10 g et d'un thermomètre de capacité calorifique 20 J.°C<sup>-1</sup>. Sachant que la chaleur massique de l'aluminium vaut 900 J.K<sup>-1</sup>. Détermine la capacité calorifique du calorimètre. Déduis sa valeur en eau.

#### Application n° 05

Dans un calorimètre contenant 300g d'eau à 22°C, on place un morceau de plomb de masse 100 g sortant d'une étuve à 120°C. Sachant que la valeur massique en eau du calorimètre est 35 g. Détermine la température finale. Chaleur massique du plomb : 130 J.kg<sup>-1</sup>.kg.

#### Application n° 06

Sachant que la puissance calorifique d'un réchaud électrique est 400 W, combien de temps faut-il pour bouillir 1 L d'eau prise à 24°C. On néglige les pertes de chaleur, ainsi que la capacité calorifique du récipient contenant l'eau.

### Rappels de cours sur la chaleur latente de fusion

#### 1. Définition

On appelle **chaleur latente de fusion** d'un corps pur, la quantité de chaleur à fournir à l'unité de masse de ce corps pris à sa température de fusion pour l'amener entièrement à l'état liquide à la même température et sous la même pression. Elle est notée par  $L_f$ .

2. Expression de la quantité de chaleur nécessaire pour faire fondre une masse donnée m d'un solide pris à sa température de fusion.

$$Q = m \cdot L_f$$

Q : Quantité de chaleur échangée en Joule (J) :

m : masse du corps chauffé en kilogramme (kg) :

$L_f$  : Chaleur latente de fusion en Joule par kilogramme J.kg<sup>-1</sup>

### Application des connaissances

#### Application n° 01

Quelle quantité de chaleur faut-il fournir à un morceau de plomb de masse  $m=200 \text{ g}$ , pris à la température  $\theta_1=25^\circ\text{C}$ , pour le porter à la température  $\theta_2=375^\circ\text{C}$ .

On donne :

Température de fusion du plomb :  $\theta_f=327^\circ\text{C}$  ;

Chaleur latente de fusion du plomb :  $L_f=26,3 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1}$  ;

Chaleur massique du plomb à l'état solide :  $C_s=129 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

Chaleur massique du plomb à l'état liquide :  $C_l=142 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

Réponse :  $Q=14.400 \text{ J}$

#### Application n° 02

Un morceau de glace de masse  $m=50 \text{ g}$ , sorti d'un congélateur où la température est  $-10^\circ\text{C}$ , est laissé à l'air libre où la température est  $28^\circ\text{C}$ .

Quelle quantité de chaleur absorbée par le morceau de glace lorsque l'équilibre thermique est atteint ?

On donne :

Chaleur massique de la glace :  $2200 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur massique de l'eau :  $4200 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur latente de fusion de la glace :  $320 \text{ J.kg}^{-1}$  ;

Réponse :  $Q=23.500 \text{ J}$

#### Application n° 03

Pour déterminer la chaleur la chaleur de fusion de la glace, on utilise un calorimètre, de capacité thermique  $100 \text{ J.kg}^{-1}$ , contenant  $200 \text{ g}$  d'eau à  $25^\circ\text{C}$ . On y introduit un morceau de glace sur le point de fondre. Lorsque la glace est fondue et que l'équilibre thermique est atteint, la masse de l'eau contenue dans le calorimètre est  $230 \text{ g}$  et la température  $12,7^\circ\text{C}$ . Déduis la chaleur latente de fusion de la glace si la chaleur massique de l'eau est  $4190 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

#### Application n°04

Dans un calorimètre de capacité thermique  $150 \text{ J.K}^{-1}$  et contenant  $300 \text{ g}$  d'eau à  $20^\circ\text{C}$ , on place un morceau de glace de masse  $100 \text{ g}$  à  $-15^\circ\text{C}$  et un morceau de cuivre de masse  $100 \text{ g}$  à  $100^\circ\text{C}$ . Quelle sera, à l'équilibre thermique, la température de l'ensemble ?

On donne :

Chaleur massique de la glace :  $2200 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur massique de l'eau:  $4200 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur massique du cuivre:  $400 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur latente de fusion de la glace :  $330 \text{ J.kg}^{-1}$ ;

#### Rappels de cours sur la chaleur latente de vaporisation

##### 1. Définition

On appelle chaleur latente de vaporisation d'un corps pur, la quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'unité de masse d'un corps liquide, pris à la température de vaporisation, sous une pression donnée, pour l'amener entièrement à l'état vapeur, à la même température et sous la même pression. Elle est notée par  $L_v$ .

2. Expression de la quantité de chaleur nécessaire pour faire vaporiser un liquide de masse  $m$ , pris à la température de vaporisation

$$Q = m \cdot L_v$$

$Q$  : Quantité de chaleur échangée en Joule (J) ;

$m$  : masse du liquide chauffé en kilogramme (kg) ;

$L_v$  : Chaleur latente de vaporisation en Joule par kilogramme  $\text{J.kg}^{-1}$

N.B : La chaleur latente de vaporisation de l'eau à  $100^\circ\text{C}$  est  $2,25 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$ .

#### Application des connaissances

##### Application n°01

Calcule la quantité de chaleur qu'il faut fournir pour transformer  $0,5 \text{ kg}$  d'éthanol liquide en vapeur, la pression étant normale et éthanol pris à sa température d'ébullition.

On donne : La chaleur latente de vaporisation de l'éthanol :

$$L = 8,5 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$$

Réponse :  $Q = 4,25 \cdot 10^5 \text{ J}$

##### Application n° 02

Un appareil à distiller fournit  $2 \text{ L}$  d'eau à l'heure. Le réfrigérant reçoit de l'eau à  $10^\circ\text{C}$  et l'évacue à  $40^\circ\text{C}$ . Sachant que la consommation d'eau froide en  $1 \text{ h}$  pour alimenter le réfrigérant est  $L$  et que l'eau distillée se condense à  $100^\circ\text{C}$ . Trouve la température à laquelle on recueille l'eau froide

Réponse :  $\theta = 17^\circ\text{C}$

#### Application n° 03

De la vapeur de benzène vient se condenser, à  $80,1^\circ\text{C}$ , dans un serpentin plongé dans un calorimètre dont la vapeur en eau totale (vase, eau, serpentin, accessoires) est de  $350,0 \text{ g}$ . On recueille  $2 \text{ g}$  de benzène. Sachant que la chaleur de vaporisation du benzène est de  $394,8 \text{ kJ/kg}$ . Trouve l'élévation de la température de l'eau du calorimètre.

#### Application n° 04

Un vase calorimétrique dont la capacité thermique est  $\mu = 210 \text{ J.K}^{-1}$  contient  $100 \text{ g}$  d'oxygène liquide à  $-183^\circ\text{C}$ . On introduit dans le calorimètre un morceau de plomb, de masse  $100 \text{ g}$ , dont la température est  $20^\circ\text{C}$ . Quels sont la composition massique et la température du mélange à l'équilibre ?

On donne :

Chaleur massique du plomb:  $C = 130 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur latente de vaporisation de l'oxygène liquide :

$$L_v = 213 \text{ J/kg}$$

Réponse :  $m = 0,07 \text{ g}$

## MELANGES ET CORPS PURS

### Partie A : Vérification des connaissances

1. Question à choix multiples : Choisis la bonne réponse, exemple : C = c<sub>1</sub>

On dissout une pincée de sel de cuisine dans un verre d'eau.

a. La solution obtenue est :	b. Le soluté est :	c. Le solvant est :	d. Pour séparer le sel de l'eau, il faut :
a. <sub>1</sub> . Une solution aqueuse	b. <sub>1</sub> . Le sel	c. <sub>1</sub> . Le sel	d. <sub>1</sub> . Décanter
a. <sub>2</sub> . Un mélange homogène	b. <sub>2</sub> . L'eau	c. <sub>2</sub> . L'eau	d. <sub>2</sub> . Filtrer
a. <sub>3</sub> . Un mélange hétérogène	b. <sub>3</sub> . L'eau salée	c. <sub>3</sub> . L'eau salée	d. <sub>3</sub> . Distiller

### 2. Question à réponse courte

2.1. Vous allez puiser l'eau de puits.

Quelles opérations devez-vous effectuer pour transformer cette eau :

2.1.1. En eau potable ?

2.1.2. En eau pure ?

2.2. Vous disposez d'un verre d'eau sucrée.

2.2.1. Le contenu du verre est-il une solution? Une solution aqueuse ?

2.2.2. Quels sont le solvant et le soluté ?

3. Quelles sont les opérations qui consistent de :

3.1.1. Laisser reposer le liquide pour que les particules les plus lourdes tombent au fond.

3.1.2. De mouiller le mélange, selon le liquide choisi, certaines particules flottent.

3.1.3. De séparer le sel de l'eau.

### 4. Question à réponses construites

4.1. Définis les termes suivants : Mélange, Solvant, soluté.

4.2. Donne la différence entre un mélange homogène et un mélange hétérogène.

4.2. Dans la méthode de séparation des mélanges hétérogène, explique les termes suivants : Tamisage, flottation et tirage magnétique.

4.3. Comment peut-on rendre l'eau de marigot limpide ?

### Partie B : Application des connaissances

#### Application n° 01

Cleber explique à Jaël comment on prépare du café. << La préparation du café comporte trois étapes:

Première étape: mettre de l'eau dans une cafetière et la porter à l'ébullition, puis ajouter la poudre de café et attendre quelques minutes;

Deuxième étape: faire passer le mélange obtenu à travers un tissu pour recueillir la partie liquide ;

Troisième étape: ajouter du sucre à volonté, remué à l'aide d'une cuillère.

Le café est prêt >>

1. Quel type de mélange obtient-on à la fin de la première étape ?
2. Quelle est la méthode de séparation utilisée à la deuxième étape ? Comment appelle-t-on le liquide obtenu ? est-ce un corps pur ?
3. Quel type de mélange obtient-on à la fin de la troisième étape ? Justifier votre réponse.

#### Application n° 02 : Possibilité de réaliser un mélange

A 20°C, on peut dissoudre au maximum 365 g de sel de cuisine dans un litre d'eau. On dit alors que la solution est saturée. Peut-on dissoudre : 1) 7 kg de sel dans 1 m<sup>3</sup> d'eau? 2) 7 g de sel dans 10 cm<sup>3</sup> d'eau?

#### Application n° 03: Mélanges des gaz (cas de l'air)

Une chambre renferme de l'air, de dioxygène et de diazote a de dimensions suivantes : 6 m x 5 m x 3 m.

Calcule le volume d'air, puis déduire les volumes de dioxygène et de diazote.

1. Calcule les masses d'air, de diazote et de dioxygène.
2. On déduit la composition centésimale en masse de l'air.

On donne :  $\rho_{\text{air}} = 1,293 \text{ kg/m}^3$  ;  $\rho_{\text{O}_2} = 1,43 \text{ kg/m}^3$

#### Application n°04: Mélange de deux métaux (alliage)

Un alliage de cuivre et d'argent a une masse volumique égale à 10,3 g/cm<sup>3</sup>.

Calcule les masses des métaux composants contenues dans 100 g d'alliage, sachant que les masses volumiques de cuivre et d'argent sont respectivement 8,9 g/cm<sup>3</sup> et 10,4 g/cm<sup>3</sup>.

On admettra que le volume de l'alliage est égal à la somme des volumes des composants.

## LA MOLE (OU LA QUANTITE DE MATIERE) / PREPARATION DES SOLUTIONS

### LA MOLE (OU LA QUANTITE DE MATIERE)

#### Partie A : Vérification des connaissances

##### 1. Question à réponses construites.

1.1. Définis la mole ; 1.2. Définis également la mole,

2. Appariement: Relie un élément question de la colonne A à un élément réponse de la colonne B.

Colonne A	Colonne B
A <sub>1</sub> Quantité des matières pour les atomes	$n = \frac{V}{V_m}$
A <sub>2</sub> Quantité des matières pour les molécules	$n = C \cdot V_s$
A <sub>3</sub> Quantité des matières pour les gaz	$n = \frac{m}{M}$
A <sub>4</sub> Quantité des matières pour les solutions	$n = \frac{N_n}{N}$

#### Partie B : Applications des connaissances

##### Application n°01 ✕

Détermine les masses molaires des composés suivants:

Saccharose:  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ; Glucose:  $C_6H_{12}O_6$ ; Butane:  $C_4H_{10}$ ;

Acétone:  $C_3H_6O$ ; Sulfate d'Aluminium:  $Al_2(SO_4)_3$ ;

Chlorure de Zinc:  $ZnCl_2$ ; Permanganate de potassium:  $KMnO_4$ ;

Dichromate (ou Bichromate) de Potassium:  $K_2Cr_2O_7$ . On

donne en g/mol: C = 12 ; H = 1 ; O = 16 ; Al = 27 ; S = 32 ; Zn = 65,40 ; Cl = 35,5 ; K = 39 ; Mn = 55 ; Cr = 52.

##### Application n°02

L'aspirine ou acide acétylsalicylique a pour formule :  $C_9H_8O_4$

1. Calcule la masse molaire de l'aspirine.
2. Quelle quantité de matière renferme un flacon dans un comprimé de 500 mg.

##### Application n°03

Détermine la quantité de matière contenue dans 11,7 g de chlorure de sodium.

On dispose d'une égale quantité de matière de sulfate de sodium  $Na_2SO_4$ . Quelle est sa masse ?

##### Application n°04

On considère un échantillon de soufre, de masse 1,6 g.

1. Quelle quantité de matière renferme cet échantillon
2. Quel nombre d'atomes contient-il ?

##### Application n°05 ✕

L'ammoniac est un gaz, de formule  $NH_3$ .

1. Quelle quantité de matière renferment 3,4 g d'ammoniac ?
2. Quel est le volume occupé dans les conditions normales par 3,4 g d'ammoniac ?

##### Application n°06

Au cours de la combustion d'un morceau de soufre, on a recueilli 100 cm<sup>3</sup> de dioxyde de soufre, volume mesuré dans des conditions pour lesquelles le volume molaire vaut 25 L/mol.

1. Ecris l'équation de la réaction.
2. Quelle quantité de matière renferme le volume gazeux recueilli ?
3. Quelle est la masse de ce gaz ?

##### Application n°07 ✕

Trois échantillons comportent le même nombre d'atomes: Fer (Fe):  $m_1 = 1,4$  g; Sodium (Na):  $m_2 = 0,575$  g; Soufre (S):  $m_3 = 0,8$  g.

Combien y a-t-il de moles d'atomes de chaque élément sachant que la masse atomique molaire du fer est de 56 g/mol. En déduire la masse molaire atomique du sodium (Na) et du soufre (S).

##### Application n°08: Masse et nombre d'atomes

On dispose d'un fil de cuivre, de diamètre 2 mm et de longueur 1 m.

1. Calcule son volume et sa masse.
2. Calcule la masse d'un atome de cuivre.
3. Combien d'atomes de cuivre se trouvent dans le fil ?

On donne la masse volumique du cuivre est :  $\rho_{Cu} = 9000$  kg.m<sup>-3</sup>;  $M_{Cu} = 63,5$  g/mol;  $N = 6,02 \cdot 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>

##### Exercice n°09: Masse, masse volumique et quantité de matière du métal

Le fer est le métal le plus utilisé par l'homme. Sa densité par rapport à l'eau est 7,8.

1. Donner la valeur de sa masse volumique en g/cm<sup>3</sup> puis en kg/m<sup>3</sup>.
2. Quelle est la masse de 10 cm<sup>3</sup> de métal fer?
3. Déduire la quantité de matière de fer contenu dans cet échantillon et le nombre d'atome présent.

On donne :  $\rho_{H_2O} = 1$  g/cm<sup>3</sup> et  $M_{Fe} = 56$  g.mol<sup>-1</sup>;  $N_0 = 6,02 \cdot 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>

### I. PREPARATION DES SOLUTIONS

#### Partie A : Vérification des connaissances

Appariements: Relie un élément question de la colonne A à un élément réponse de la colonne. Exemple A<sub>7</sub>=B<sub>5</sub>

Colonne A	Colonne B
A <sub>1</sub> Titre molaire ou concentration molaire volumique	B <sub>1</sub> 1 Eq/L
A <sub>2</sub> Titre pondéral	B <sub>2</sub> $T = \frac{m}{V_s}$
A <sub>3</sub> Titre massique ou concentration massique	B <sub>3</sub> $P = \frac{m}{m_s} \times 100$
A <sub>4</sub> Normalité	B <sub>4</sub> $C = \frac{n}{V_s}$

Colonne A	Colonne B
A <sub>1</sub> Solution molaire	B <sub>1</sub> $N = \alpha \cdot C$
A <sub>2</sub> Solution décimolaire	B <sub>2</sub> 0,001 mol/L
A <sub>3</sub> Solution centimolaire	B <sub>3</sub> 0,01 mol/L
A <sub>4</sub> Solution Normale	B <sub>4</sub> 0,1 mol/L

#### Partie B : Application des connaissances

##### Application n° 01

L'hydrogénocarbonate de sodium  $NaHCO_3$ , appelé couramment « bicarbonate de soude », est un produit utilisé pour soulager certains maux d'estomac.

Un malade dissout 3 g (une cuillère à café) de ce composé dans un verre de capacité 0,15 L rempli d'eau. Calcule la concentration molaire de la solution obtenue.

#### Application n°02

On veut préparer une solution de sulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) de concentration  $0.25 \text{ mol.L}^{-1}$ . Quelle masse de sulfate de sodium solide faut-il dissoudre dans l'eau pour obtenir  $200 \text{ cm}^3$  de solution ?

#### Application n°03

Détermine la concentration d'eau salée obtenue en dissolvant  $0.6 \text{ g}$  de chlorure de sodium dans l'eau et en complétant le volume à  $200 \text{ cm}^3$ . On donne en  $\text{g/mol}$ :  $\text{Na} = 23$ ;  $\text{Cl} = 35.5$ .

#### Application n°04

Quelle est la masse d'acide phosphorique ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) contenue dans  $200 \text{ mL}$  d'une solution de molarité  $0.2 \text{ mol/L}$ . On donne :  $M_{\text{H}} = 1 \text{ g/mol}$ ;  $M_{\text{P}} = 31 \text{ g/mol}$ ;  $M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$ .

#### Application n°05

Quel volume d'eau faut-il ajouter à  $100 \text{ mL}$  d'une solution molaire d'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) pour obtenir une solution décimolaire ?

#### Application n°06

On dispose d'un volume  $V_1 = 100 \text{ mL}$  d'une solution  $S_1$  de chlorure de sodium de concentration  $C_1 = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$ . On la dilue en ajoutant  $400 \text{ mL}$  d'eau. Quelle est la concentration  $C_2$  de la solution  $S_2$  ?

#### Application n°07

Une solution aqueuse d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) de densité  $1.98$  est à  $27\%$  en masse d'acide pur.

- On demande :
  - La masse volumique de l'acide sulfurique.
  - Le titre massique de la solution.
  - La molarité (titre molaire ou concentration en  $\text{mol/L}$ ) de la solution.
  - La normalité de la solution.
- Démontre que la masse de l'acide sulfurique peut s'écrire sous cette forme:  $m = \frac{V_s}{10} \sqrt{P \cdot T \cdot \rho_s}$

#### Application n°08

On dispose d'une solution décimolaire de chlorure de sodium. On veut la transformer en une solution centimolaire.

- Comment appelle-t-on cette opération ?
- Quel volume d'eau distillée faut-il ajouter à  $25 \text{ mL}$  de la solution initiale pour réaliser l'opération ?

#### Application n°09

On dissout  $3.42 \text{ g}$  de sulfate d'aluminium solide de formule  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  dans  $100 \text{ mL}$  d'eau, pour préparer une solution.

Détermine:

- Le titre massique de la solution.
- Le titre molaire de la solution.
- Le titre pondéral de la solution.
- La masse volumique de la solution.
- La densité de la solution par rapport à l'eau. La masse volumique de l'eau est  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ g/L}$

#### Application n°10

On se propose de déterminer le titre pondéral d'une solution d'acide éthanóique de formule  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ .

Pour cela on verse un volume  $V_s = 20 \text{ mL}$  d'acide pur liquide dans  $80 \text{ mL}$  d'eau et on obtient une solution homogène de masse  $m_c = 98 \text{ g}$ .

- Comment appelle-t-on ce mode de préparation de solution ?
- Calcule la masse de l'acide utilisé.
- Déduis le titre pondéral de la solution.
- Détermine la masse volumique de cette solution. La masse volumique de l'eau est :  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ g/L}$

#### Application n°11

Le Laborantin George Smith veut déterminer la précision de la valeur de l'erreur relative qu'il commettra s'il modifie la concentration molaire volumique d'une solution de soude lors d'une séance des travaux pratiques au Laboratoire. Pour faire, il dissout  $8 \text{ g}$  de soude (ou hydroxyde de sodium de formule :  $\text{NaOH}$ ) dans  $400 \text{ mL}$  d'eau. On donne :  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ g/L}$ ;  $M_{\text{Na}} = 23 \text{ g/mol}$ ;  $M_{\text{H}} = 1 \text{ g/mol}$ ;  $M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$ .

- Déduis le titre massique  $T$  et la concentration molaire volumique  $C_0$  de la solution de soude.
- Détermine la masse volumique de la solution, puis déduire la masse de la solution si sa densité de l'hydroxyde de sodium par rapport à l'eau est  $1.05$ .
- Calcule la concentration en pourcentage de la solution obtenue.
- La nouvelle concentration de l'hydroxyde de sodium devienne  $C$ , telle que  $C = 2 \cdot C_0$ , où  $C_0$  représente la concentration de l'hydroxyde de sodium trouvée en 1.

4.1. Déduis la valeur  $C$ .

4.2. Quel volume d'eau (en  $\text{mL}$ ) qu'il faut ajouter à  $V = 100 \text{ mL}$  d'une solution  $C$  d'hydroxyde de soude pour obtenir une solution décimolaire ( $C' = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$ ).

- Quelle erreur relative  $\frac{\Delta C}{C}$  exprimée en % commet-on sur la concentration de la soude ? Conclure. Avec  $\frac{\Delta C}{C} = \frac{C - C_0}{C_0}$

#### Application n°12

On dispose  $250 \text{ mL}$  d'une solution d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) de concentration  $26\%$  et de densité par rapport à l'eau 2. Détermine :

- La masse volumique de la solution, puis déduire la masse de la solution.
- La masse  $m$  de soluté qu'on doit dissoudre dans la solution d'acide sulfurique.
- Le titre massique de la solution et la concentration molaire volumique de la solution.
- Quel volume d'eau faut-il ajouté à cette solution d'acide sulfurique pour obtenir une solution à  $1.5 \text{ M}$

On donne :  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ g/L}$ ;  $M_{\text{H}} = 1 \text{ g/mol}$ ;  $M_{\text{S}} = 32 \text{ g/mol}$ ;  $M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$ .

#### Exercice n°13:

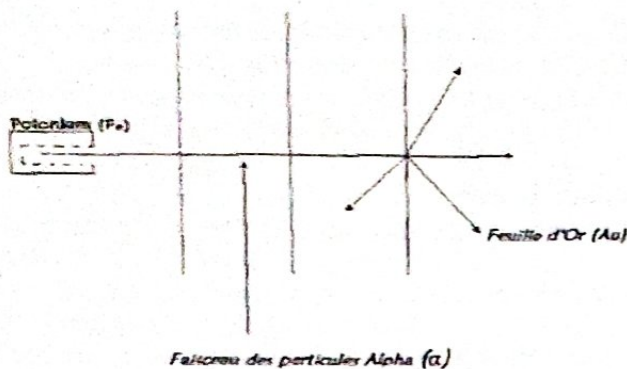
Quels volumes  $V_1$  et  $V_2$  respectifs des solutions aqueuses de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à  $C_1 = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$  et  $C_2 = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$  doit-on mélanger pour obtenir un volume  $V_3 = 990 \text{ mL}$  de solution à  $C_3 = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$ . On utilisera la relation de loi de dilution pour deux espèces :  $n_3 = n_1 + n_2$

N.B:  $V_1$  et  $V_2$  doit exprimer en  $\text{mL}$ , ne convertissez pas  $V_3$  en Litre (L)

## RAPPEL DU COURS SUR MODELES ATOMIQUES

### I. Atome de Rutherford

#### I.1. Expérience des feuilles d'Or (Au)



RUTHERFORD bombarde une mince feuille d'or (Au) d'épaisseur négligeable par un faisceau de particule  $\alpha$  (Hélium He). Il constate que la quasi-totalité des particules traverse la feuille sauf une très faible partie était déviée ou renvoyée.

Suite à cela, il conclut :

- Les particules déviées avaient rencontrées une particule de même charge (positive) et que, tout espace était vide de matière :
- L'atome avait une structure lacunaire.

#### I.1.1. Modèle atomique de l'atome de RUTHERFORD

Après son expérience, RUTHERFORD a fait un modèle planétaire de l'atome où les électrons gravitent autour du noyau central par analogie au système solaire.

#### I.1.2. Inconvénients du modèle atomique de l'atome de RUTHERFORD

Le modèle de RUTHERFORD présente des insuffisances. Il n'explique pas l'émission de la radiation lumineuse (raie) lors de la désexcitation d'un atome et la stabilité de l'atome. Il ne permettant pas de surmonter une difficulté radiale : Selon les lois de la physique classique, une charge électrique soumise à une accélération émet un rayonnement électromagnétique.

### II. Atome de Bohr

Bohr conserve le modèle planétaire de RUTHERFORD et donne une explication cohérente de la structure et de la stabilité de l'atome.

Bohr émet les hypothèses ou postulat suivant :

- Les électrons sont placés dans des couches ou niveau d'énergie bien définie on orbite stationnaire.
- Le passage d'un électron d'un niveau à un autre se fait par saut discontinu. Ce passage est appelé transition électronique

## ATOMES ET CLASSIFICATION ELECTRONIQUE (STRUCTURE DES ATOMES)

### ATOMES

Partie A : Vérification des connaissances

#### A. Questions à réponses construites

- A<sub>1</sub>. Énonce les règles : d'Exclusion de Pauli et d'Hund.
- A<sub>2</sub>. Définis les termes suivants : Isotopes et case quantique

#### B. Appariements

B<sub>1</sub>. Relie un élément-question du groupe A à un élément-réponse du groupe B

Exemple : A<sub>1</sub> = B<sub>4</sub>

Groupe A	Groupe B
A <sub>1</sub> . Métaux de transition (Sous-groupe B)	B <sub>1</sub> . $ns^2$
A <sub>2</sub> . $Z \leq 20$	B <sub>2</sub> . $ns^x np^y$
A <sub>3</sub> . Alcalino-terreux	B <sub>3</sub> . $ns^2 np^5$
A <sub>4</sub> . Sous-groupe A	B <sub>4</sub> . II <sub>B</sub>
A <sub>5</sub> . Halogènes	B <sub>5</sub> . La couche M est partiellement remplie de 8 électrons

B<sub>2</sub>. Relie un élément-question du groupe A à un élément-réponse du groupe B

Groupe A	Groupe B
A <sub>1</sub> . Élément de transition	B <sub>1</sub> . Élément électro-négatif
A <sub>2</sub> . Famille des terreux	B <sub>2</sub> . Niveau d'énergie
A <sub>3</sub> . Nombre quantique principal	B <sub>3</sub> .
A <sub>4</sub> . Métalloïde	B <sub>4</sub> . Perdent trois électrons de valence
A <sub>5</sub> .	B <sub>5</sub> . $(n-1)d^n ns^x$

C. Réponds par vrai ou faux aux affirmations suivantes. C<sub>9</sub> = Vrai.

- C<sub>1</sub>. Dans la structure électronique, le nombre d'électrons de la dernière couche définissent le groupe.
- C<sub>2</sub>. Les éléments d'un même groupe constituent une même famille.
- C<sub>3</sub>. Tous éléments de transition sont des métaux.
- C<sub>4</sub>. Les azotides occupent la première colonne du tableau période.

#### Application n°01

Le noyau d'un élément chimique a une charge électrique

$$Q = 3,2 \cdot 10^{18} \text{ C} ; Q = 3,2 \cdot 10^{-18} \text{ C}$$

1. Donne la composition du noyau.
2. Calcule la masse du noyau et celle du nuage électronique de cet atome.
3. Déduis la masse atomique.

On donne :  $m_p \approx m_n \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ . On admettra que  $N = Z$

#### Application n°02

L'atome d'Uranium de symbole U, renferme un noyau de masse  $m = 3,90 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$  et un nuage électronique de masse  $m' = 8,37 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$ .

1. Calcule la masse de cet atome.
2. Quels sont le numéro atomique et le nombre de masse de cet atome ?
3. On déduit la notation de cet atome.

On donne :  $m_p \approx m_n \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

### Application n°03

L'atome de Baryum a pour symbole Ba. Son noyau renferme 137 nucléons ; son nombre de neutrons dépasse celui des protons de 55 et la charge élémentaire est :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

1. Quelle est la composition de son noyau ?
2. Quelle est la notation de cet atome ?
3. Calcule les masse  $m$  de son noyau et  $m'$  de son nuage électronique.
4. Déduis aux dix millièmes près la masse atomique du Baryum.

On donne :  $m_p \approx m_n \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$  ;  $m_{e^-} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$  ;

### Application n°04

La masse de 602 atomes d'un élément X, est égale à  $8,10 \cdot 10^{-20} \text{g}$ . Le noyau de cet atome contient  $(Z + 10)$  neutrons. Quelle est la composition de cet atome.

On donne :  $m_p \approx m_n \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$  ;  $m_{e^-} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

### Application n°05

Première partie :

La masse d'un atome d'un élément chimique X est :

$3,821 \cdot 10^{-23} \text{g}$ . Calcule :

1. La masse molaire atomique de cet élément.
2. La charge électrique du noyau de cet atome représenté par le symbole  ${}^{23}_1\text{X}$ .

Deuxième Partie :

On considère  $4,6 \cdot 10^{23} \text{kg}$  de cet élément chimique. Calcule :

3. La quantité de matière dans cette masse.
4. Quelle est la masse de 10 atomes de l'élément chimique ?

$N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$  ;  $m_p \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$  ;  $1 \text{kg} = 1000 \text{g}$ .

## ISOTOPES

### Application n°06

On donne les symboles des noyaux d'atomes de quelques éléments :

${}^{137}_{55}\text{Cs}$  ;  ${}^{137}_{56}\text{Ba}$  ;  ${}^{132}_{54}\text{Xe}$  ;  ${}^{14}_7\text{N}$  ;  ${}^{16}_8\text{O}$  ;  ${}^{132}_{56}\text{Ba}$  ;  ${}^{131}_{54}\text{Xe}$  ;  ${}^{14}_7\text{N}$  ;  ${}^{17}_8\text{O}$

1. Recherche dans la classification périodique le nom de ces éléments.
2. Trouve parmi eux les isotopes et dire en quoi ils diffèrent.

### Application n°07

Les noyaux de 3 atomes  $X_1$ ,  $X_2$  et  $X_3$  possèdent les nombres de masse et de charge suivants :

	$X_1$	$X_2$	$X_3$
A	14	12	12
Z	6	6	7

1. Quelle est la composition de chacun de ces noyaux ?
2. Recherche dans la classification périodique les éléments correspondant.
3. Ecrire le symbole de chacun de ces noyaux. Existe-t-il des isotopes ?

### Application n°08

Un élément naturel X est composé de trois nucléides isotopes :

${}^{16}_a\text{X}$  ;  ${}^{17}_b\text{X}$  et  ${}^{18}_c\text{X}$

1. Après avoir rappelé la définition des isotopes, déduire les valeurs de a et b.
2. De quel élément s'agit-il ?
3. Calcule la masse molaire moyenne de cet élément si son abondance isotopique est respectivement : 99,76% ; 0,04% et 0,20%.

### Application n°09

L'élément naturel Chlore contient deux isotopes :  ${}^{35}_{17}\text{Cl}$  et  ${}^{37}_{17}\text{Cl}$  et sa masse molaire atomique est  $35,5 \text{g/mol}$ . Calcule le pourcentage de chaque isotope.

### Application n°10

Le germanium possède deux isotopes  ${}^{72}_{32}\text{Ge}$  et  ${}^{74}_{32}\text{Ge}$ . La masse molaire moyenne du Germanium est  $72,6 \text{g/mol}$ . Si on note  $f_1$  et  $f_2$  les pourcentages isotopique de chacun d'eux, calculer leurs valeurs.

### Application n°11

La charge du noyau d'un élément chimique est  $22,4 \cdot 10^{19} \text{C}$ . Il présente deux isotopes  $X_1$  et  $X_2$ . Le nucléide de  $X_1$  a un nombre de nucléon supérieur d'une unité de  $X_2$ . Le nombre de protons de  $X_2$  est égal au nombre de ses neutrons.

1. Quel est le numéro atomique de cet élément ?
2. Donne la composition de chaque nucléide.

On donne :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

### Application n°12

Le magnésium naturel est un mélange de trois isotopes :  ${}^{24}_{12}\text{X}_1$  de 75%,  ${}^{25}_{12}\text{X}_2$  de 10% et  ${}^{26}_{12}\text{X}_3$  de 15%.

La charge du nuage électronique du magnésium est  $q = -1,923 \cdot 10^{18} \text{C}$ .

1. On sait que  $A_1 = 2Z$  ;  $A_2 = A_1 + 1$  et que le noyau de l'isotope  $X_3$  contient deux nucléons de plus que le noyau de l'isotope  $X_1$ . Donne la composition du noyau de chaque isotope.
2. Calcule la masse molaire moyenne de cet élément.

On donne :  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .

## STRUCTURE ELECTRONIQUE

### Application n° 13 : Question à choix multiple

Choisir la bonne réponse :

1. Le numéro atomique de l'élément sodium est :  
a/  $Z = 12$  ; b/  $Z = 11$  ; c/  $Z = 8$ .
2. L'atome dont la structure électronique est :  $K^2L^8M^6$  occupe dans le tableau périodique : a/ la 3<sup>ème</sup> colonne et la 6<sup>ème</sup> période ; b/ la 6<sup>ème</sup> colonne et la 3<sup>ème</sup> période.
3. La place de l'élément Fluor de numéro atomique  $Z = 9$  dans le tableau période est : a/ 7<sup>ème</sup> colonne et 2<sup>ème</sup> période ; b/ 5<sup>ème</sup> colonne et 2<sup>ème</sup> période.

### Application n° 14: Noyau Atomique et structure électronique

Le nucléide de l'élément X est noté :  ${}^{31}_{12}\text{X}$

1. Donne la composition du noyau de l'atome de cet élément.
2. Donne sa structure électronique à l'aide des sous couches.
3. Donne son nom, son groupe et sa période.
4. Calcule la masse du noyau et celle du nuage électronique de cet atome.
5. Déduis la masse atomique.
6. Calcule la charge  $q$  du noyau de l'atome.

On donne :  $m_p \approx m_n \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$  ;  $m_{e^-} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .

### Application n°15

La charge du noyau de l'atome d'un élément chimique X est  $Q = 2,4 \cdot 10^{18} \text{C}$ .

1. Déduis le nombre de charge Z de cet élément. On rappelle que  $Z = N$ , donner la composition du noyau.

2. Donne la structure électronique de cet atome à l'aide de :

- 2.1. Couches
- 2.2. De diagramme de Bohr
- 2.3. Des sous couches.
- 2.4. Nuage électronique
- 2.5. La représentation de Lewis.

3. Quel est le niveau d'énergie le plus élevé de cet atome ?

4. Par rapport au niveau d'énergie trouver en 3, donne les quatre nombres quantiques de cet atome.

On donne :  $e = 1,60.10^{19} C$ .

#### Application n°16

La structure électronique externe de l'ion  $X^{3+}$  est :  
..... $3s^2 3p^6$

1. Identifie l'élément X parmi les éléments suivant:  ${}_{14}Si$ ,  ${}_{15}P$ ,  ${}_{16}S$ ,  ${}_{17}Cl$ ,  ${}_{18}Ar$ .
2. Situer l'élément X dans le tableau périodique et donner sa famille.
3. Faire la répartition des électrons de l'atome de l'élément X dans les cases quantiques et donner les nombres quantiques du 7<sup>ème</sup> électron.
4. Donne la représentation de Lewis de l'élément X.

Calcule la charge du nuage électronique de l'atome de l'élément X. On donne:  $e = 1,60.10^{19} C$ .

#### Application n°17

La masse d'un élément chimique a une charge électrique de :  $14,4.10^{19} C$ . Ce nucléide contient 10 particules de charge électrique nulle. On donne:  $m_p \approx m_n \approx 1,67.10^{-27} kg$  ;

$m_{e^-} = 9,1.10^{-31} kg$  ;  $e = 1,6.10^{-19} C$

1. Donne la composition de noyau.
2. Quelle est la masse de ses nucléons ?
- 3.
- 3.1. Détermine le nombre d'atomes dans 0,5 kg de cet élément.
- 3.2. Calcule la masse totale des électrons dans 0,5 kg de l'élément.

#### Application n°18

Le noyau d'un atome X renferme 11 nucléons et a pour charge totale  $8.10^{19} C$ .

1. Combien y a-t-il d'atomes dans  $10^{21} g$  de cet élément ?
2. Ecrire la formule électronique, les représentations de Bohr et de Lewis de cet atome.

On donne:  $m_p \approx m_n \approx 1,67.10^{-27} kg$  ;  $m_{e^-} = 9,1.10^{-31} kg$  ;  
 $e = 1,6.10^{-19} C$

#### Application n°19

Un atome a pour formule de Lewis  $X$ . Sachant que son nuage électronique renferme trois niveaux d'énergie, identifier X par son nom et son symbole.

#### Application n°20

Le noyau d'un atome d'un élément contient 10 neutrons et son nuage électronique 9 électrons.

1. De quel élément s'agit-il ?
2. Ecris sa formule électronique et en déduire son caractère électropositif.
3. Donne la formule de son ion. Conclure.

## CLASSIFICATION PERIODIQUE

### Application n°21

On donne les éléments suivants :  ${}_{16}^{32}S$  ;  ${}_{17}^{35,5}Cl$ .

Pour chaque élément, donner : le nom, le groupe, la période, la famille, structure électronique par case quantique, valence, ion formé et l'équation électronique de passage de l'atome à ion formé.

### Application n°22

Le numéro atomique de Soufre est  $Z = 16$ .

1. Ecris la formule électronique de l'atome d'atome de Soufre ainsi que sa représentation de Lewis.
2. Ecris la formule électronique de l'ion Soufre ainsi que sa formule électronique.
3. Ecris l'équation électronique de passage de l'atome à l'ion.

### Application n°23

La charge du noyau de l'atome d'un élément chimique X est  $Q = 2,4.10^{-19} C$ .

1. Donne la structure électronique de cet élément chimique à l'aide des couches et sous couche.
2. Détermine le groupe et la période dans la classification périodique puis donner le nom de l'élément.

### Application n°24

Le numéro atomique d'un élément chimique est 13.

1. Représente à l'aide des cases quantiques, sa structure électronique.
2. Dans quelle période et quel groupe se situe cet élément? Quelle est sa valence.
3. Déduis son nom.

### Application n°25

Le noyau d'un atome d'un élément contient 10 neutrons et son nuage électronique 9 électrons.

1. De quel élément s'agit-il ?
2. Ecrire sa formule électronique et en déduire son caractère électropositif.
3. Donner la formule de son ion. Conclure

### Application n°26

Dans la classification périodique, l'élément phosphore est situé sous l'élément azote de numéro atomique 7.

1. Ecris la structure électronique de cet atome par la règle de KLECHKWOSKY.
2. Combien d'électron au total porte cet atome ?
3. Cet atome de phosphore peut céder 3 électrons pour donner un cation.
4. Ecris la notation de cet ion. En déduire sa formule électronique.

### Application n°27

La masse d'un atome naturel est  $2,658.10^{-26} kg$  et la charge de son noyau est  $12, 80.10^{-19} C$

1. Quelle est la composition de son noyau ?
2. Donne la structure électronique, sa position dans le tableau périodique, sa valence et sa famille.

On donne :  $m_p \approx m_n \approx 1,67.10^{-27} kg$  ;  $m_{e^-} = 9,1.10^{-31} kg$  ;  
 $e = 1,6.10^{-19} C$

### Application n°28

La configuration électronique externe d'un élément est :  
.....4s. On donne  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

1. Complète cette configuration.
2. Situe cet élément dans le tableau périodique (Groupe, période et non) et précise le nombre d'électrons célibataire.
3. Quelle est la charge du noyau de l'atome de cet élément ?

### Application n°29

La charge du noyau de l'atome d'un élément chimique X est  $Q = 2,72 \cdot 10^{-18} \text{ C}$ .

1. Déduis le nombre de charge Z de cet élément. On rappelle que  $Z = N$ , donner la composition du noyau.
2. Donne la structure électronique de cet atome à l'aide des couches.
3. Donne : Son groupe et sa période. Déduire le nom de l'élément est son symbole chimique.  
On donne :  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

### Application n°30

Le numéro atomique d'un élément vaut 12 fois celui de l'hydrogène

1. Quel nombre de protons renferme le noyau d'un atome de cet élément ?
2. Donne sa structure électronique à l'aide des couches et sous couches.
3. Donne son nom, son groupe, sa période et sa famille.
4. Donne sa structure électronique par les cas quantiques, puis déduire sa valence.
5. Quel ion cet atome a tendance de former ?
6. Quelle structure du gaz rare cet ion acquière ?
7. Ecris son équation électronique de passage de l'atome à l'ion.
8. Calcule la charge q de l'ion provenant de cet atome.  
On donne :  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

### Application n°31

La masse d'un atome d'un élément chimique X est :  
 $3,841 \cdot 10^{-23} \text{ g}$ .

1. Calcule la masse molaire atomique de cet élément, puis déduire le nombre de nucléons de X.
2. Donne la composition du noyau.
3. Donne la structure électronique de X.
4. Caractérise l'élément dans le tableau périodique (nom, groupe, période, famille et valence)
5. Quel ion X a tendance de donner ? puis déduis sa charge.
6. Ecris son équation électronique de passage de l'atome à l'ion. On donne :  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

### Application n°32

1. La charge du noyau de l'atome d'un élément chimique X est  $Q = 3,2 \cdot 10^{-18} \text{ C}$ . On donne :  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .
2. Déduis le nombre de charge Z de cet élément. On rappelle que  $Z = N$ , donner la composition du noyau.
3. Donne la structure électronique de cet atome à l'aide des couches et sous couches.
4. Donne : Son groupe, sa période et la famille. Déduire le nom de l'élément est son symbole chimique.
5. Quel ion a-t-il tendance à donner ?
6. Donne le caractère de X.
7. Ecris son équation électronique de passage de l'atome à l'ion et calcule la charge de l'ion.

### Application n°33

La structure électronique externe d'un élément chimique X est 4s.

1. Ecris sa formule électronique complète de l'élément X
2. Donne sa place dans la classification périodique en précisant le nom, la période, le groupe et la famille.
3. De quel élément s'agit-il ? En déduire sa valence.
4. Pour avoir la configuration du gaz noble le plus proche, cet élément doit-il capter ou céder des électrons ? Justifier votre réponse. Ecris la notation de l'ion, puis l'équation électronique de passage de l'atome à l'ion formé.

### Application n°34

Un élément occupe la 6<sup>ème</sup> colonne et la 2<sup>ème</sup> ligne de la classification périodique.

1. Trouve son numéro atomique. De quel élément s'agit-il ?
2. Quels sont sa période et sa famille ? Est-il électropositif ou électro négatif ? Ecris son ion.
3. Ecris son équation électronique de passage de l'atome à l'ion

### Application n°35

Un ion de forme  $X^{2+}$  a pour élément X ( $Z = 13$ ). Donner la structure électronique de  $X^{2+}$  ; l'équation électronique de passage de l'atome à l'ion formé et le gaz noble qui a tendance de prendre sa structure.

### Application n°36:

1. Un anion a pour structure électronique  $1s^2 \dots \dots \dots 3s^2 3p^6$ .
  - 1.1. Sachant qu'il porte une charge élémentaire, déduire la structure électronique de son atome.
  - 1.2. Placer cet élément dans le tableau périodique.
  - 1.3. Identifie cet élément.
2. Un cation a pour structure électronique  $1s^2 2s^2 2p^6$ .
  - 2.1. Sachant qu'il porte deux charges élémentaires, déduire la structure électronique de son atome.
  - 2.2. Donne la place de cet atome dans le tableau périodique et identifie cet élément.

### Application n°37

Soit un ion porteur de deux charges négatives. La charge totale portée par son nuage électronique est  $-2,88 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

1. Quel est le nombre d'électrons portés par cet ion ?
2. Ecris la structure électronique de cet ion.
3. On déduit la formule électronique par sous couches.
4. Caractérise l'élément de cet atome en précisant : sa période, son groupe, sa famille et son caractère.

### Application n°38

$8,10 \cdot 10^{-20} \text{ g}$  d'un élément X contient 602 atomes. Le nucléide de cet atome contient (Z + 10) neutrons.  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .

1. Quelle est la composition de ce nucléide.
2. Situe cet élément dans le tableau périodique.
3. Si n est le numéro de la couche externe. Détermine toutes les valeurs possible du nombre quantique secondaire l.

### Application n°39

Un élément X occupe la 3<sup>ème</sup> période de la classification périodique et a pour représentation de Lewis X.

1. Ecris sa structure électronique.
2. Quels sont son groupe et son numéro atomique ?
3. Pour avoir la configuration électronique du gaz rare le plus proche, que devra faire cet atome ? Ecris la formule de son ion.

## MOLECULES ET LIAISONS CHIMIQUES

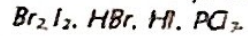
### Partie A : Vérification des connaissances

#### 1. Question à réponse construite

Définis les termes suivants : Molécule ; atomité, liaison covalente

#### 2. Question à réponse courte.

Nommer les corps dont la formule brute est :



#### 3. Question à choix multiples

3.1. Dans la molécule de sulfure d'hydrogène on trouve les éléments suivants :

a. Hydrogène et sulfure ; b. Hydrogène et soufre.

3.2. Le nom de la molécule de formule  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  est :

a. Sulfate de sodium ; b. Bicarbonate de sodium ; c. carbonate de sodium

#### 4. Question à réponse construite

Quelles formules développées (Formules de Lewis) peut-on proposer pour les composés suivants :  $\text{C}_2\text{H}_5\text{N}$  ;  $\text{CHCl}_3$  :

### Partie B : Application des connaissances

#### Application n°01

Donne la composition centésimale de ce composé  $\text{CH}_3\text{Cl}$ .

#### Application n° 02

1. Calcule les pourcentages massiques de ce composé :  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ .

2. Compare les pourcentages en masse du calcium contenu dans le carbonate de calcium (calcaire)  $\text{CaCO}_3$ , et l'oxyde de calcium (chaux vive),  $\text{CaO}$ .

#### Application n° 03

L'urée a pour formule :  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ .

a. Calcule sa masse molaire

b. Détermine sa composition massique, c'est-à-dire le pourcentage massique de chaque élément.

#### Application n° 04

Un corps, de masse molaire  $58 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , contient, en masse  $82,8\%$  de carbone. Sachant que ce corps est composé uniquement de carbone et d'hydrogène, déterminer sa formule.

a. La formule peut être s'écrire  $\text{C}_x\text{H}_y$ . Déduire x et y.

b. Donne la structure de Lewis de  $\text{C}_x\text{H}_y$ .

#### Application n°05

Les bougies sont constituées des molécules d'une substance de formule brute  $\text{C}_{15}\text{H}_{16}\text{O}_2$ .

1. Quelle est son atomité ?

2. Calcule sa masse molaire moléculaire.

3. Déduis sa composition centésimale.

4. Combien y a-t-il des moles de molécules de cette substance dans  $150 \text{ g}$  de bougie ?

5. Combien y a-t-il de molécules ?

On donne :  $\text{C} = 12$  ;  $\text{H} = 1$  ;  $\text{O} = 16$  et  $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

#### Application n° 06

Le phosgène est un gaz de guerre. il renferme 2 atomes de l'élément Chlore ; 1 atome de l'élément Oxygène et 1 atome de carbone.

1. Déduis l'atomité du phosgène.

2. Donne la formule brute du phosgène.

3. Donne les structures de Lewis des éléments Chlore ; Oxygène et Carbone. Déduire leurs valences.

4. Donne la structure de Lewis du phosgène.

5. Déduis la composition centésimale du phosgène.

On donne en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :  $M_{\text{Cl}} = 35,5$  ;  $M_{\text{O}} = 16$  ;  $M_{\text{C}} = 12$

#### Application n°07

La formule d'un composé peut être s'écrire  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ .

L'analyse montre que ce corps contient, en masse,  $62,1\%$  de carbone et  $10,3\%$  d'hydrogène.

1. Détermine le pourcentage en masse de l'élément oxygène.

2. Déduis la masse molaire du composé.

3. Trouve la formule du composé, c'est-à-dire déterminer x et y.

4. Trouve la formule de Lewis du composé.

#### Application n°08 : Formule brute de la vitamine C

La vitamine C (acide ascorbique) contient, en masse,  $41\%$  de carbone,  $4,5\%$  d'hydrogène et  $54,5\%$  d'oxygène. Sa masse molaire vaut  $176 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

1. La vitamine C contient-elle des éléments autres que ces cités plus haut ?

2. Détermine sa formule brute.

3. Détermine la formule de Lewis de la vitamine C.

#### Application n° 09

Le chlorure de vinyle, de formule brute  $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ , sert à la fabrication des plastiques PVC

1. Donne le schéma de Lewis des éléments constitutifs.

2. Donne la représentation de Lewis de la molécule de chlorure de vinyle, sachant que les deux atomes de carbone sont liés par une double liaison covalente.

3. Calcule le pourcentage massique de ce composé.

On donne en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :  $M_{\text{Cl}} = 35,5$  ;  $M_{\text{O}} = 16$  ;  $M_{\text{C}} = 12$

#### Application n° 11

Un corps a pour formule  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ , les coefficients x et y étant entiers. L'analyse d'un échantillon de cette substance, montre que les pourcentages en masse des éléments carbone et hydrogène sont :  $\text{C} = 52,20\%$  et  $\text{H} = 13\%$ .

1. Détermine le pourcentage en masse de l'élément oxygène.

2. Déduis la masse molaire de ce composé.

3. Détermine les valeurs de x et de y, puis donner la formule de Lewis du composé (Formule développée).

On donne :  $M_{\text{C}} = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M_{\text{H}} = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M_{\text{O}} = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :

#### Application n° 12

Un composé organique a pour formule  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$  la quantité de matière de  $4,6 \text{ g}$  de ce composé est à  $0,1 \text{ mole}$  et son atomité est égale à 9.

1. Calcule la masse molaire moléculaire du composé.

2. Détermine la formule brute.

3. Détermine la composition centésimale du composé organique.

4. Donne la structure électronique de Lewis des éléments carbone, hydrogène et oxygène.

5. Déduis la structure de Lewis du composé  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ .

**Application n° 13**

Un composé organique a pour formule  $C_xH_yNH_2$ , la quantité de matière de 9 g de ce composé est égale à 2,2 mol et son atomicité est égale à 10.

1. Calcule la masse molaire moléculaire de ce composé.
2. Détermine la formule brute de cette molécule.
3. Donne la définition d'une liaison covalente.

4. Explique par la représentation de Lewis la formation de la molécule  $C_xH_yNH_2$ .
5. On pose  $R = C_xH_y$ , cette molécule devient  $R \cdot NH_2$ .
  - 5.1. Donne la géométrie de cette molécule.
  - 5.2. Déduis la composition centésimale du composé  $C_xH_yNH_2$ .

## LES REACTIONS CHIMIQUES

### I. Déroulement de la réaction

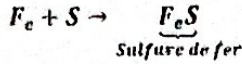
#### I.1. Etude d'un exemple : Combustion du fer

##### I.1.1. Expérience

Mélangeons de la limaille de fer avec du soufre en poudre : Il n'y a rien

Chauffons ce mélange, on obtient un solide noir : c'est le sulfure de fer II

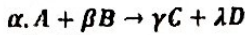
##### I.1.2. Equation de la réaction



### I.2. Définition d'une réaction chimique

Une réaction chimique est une transformation au cours de laquelle des corps appelés réactifs mis en présence disparaissent pour donner naissance à d'autres corps appelés produits.

Soit l'équation de réaction de la forme :



A et B sont appelés réactifs

C et D sont appelés produits

$\alpha, \beta, \gamma$  et  $\lambda$  sont appelés coefficients stœchiométriques

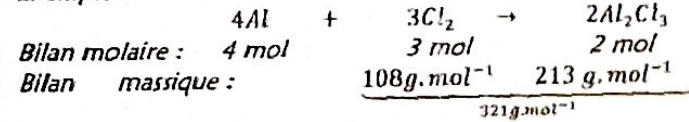
### II. Mise en évidence de la conservation de la masse

#### II.1. Lois des combustions chimiques

##### II.1.1. Loi de Lavoisier

Au cours d'une réaction chimique, la masse des produits est égale à la masse des réactifs : "Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme."

Exemple :



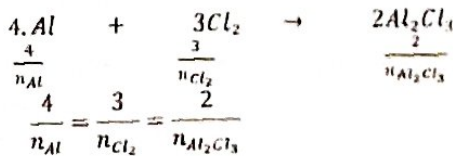
$$\frac{2 \times 160,5}{321 \text{ g.mol}^{-1}}$$

##### II.1.1.2. Proportion stœchiométrique

Soit l'équation :  $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \lambda D$

$$\frac{\alpha}{n_A} = \frac{\beta}{n_B} = \frac{\gamma}{n_C} = \frac{\lambda}{n_D}$$

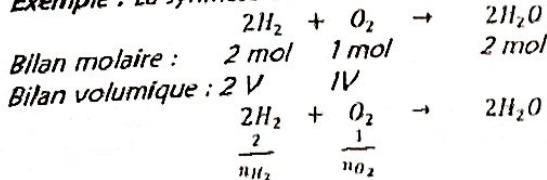
Exemple :



##### II.1.2. Bilan volumique

Le bilan molaire d'une réaction chimique permet aussi d'établir le bilan volumique.

Exemple : La synthèse de l'eau



$$\frac{2}{n_{H_2}} = \frac{1}{n_{O_2}} \Rightarrow \frac{n_{H_2}}{2} = n_{O_2} \Rightarrow n_{H_2} = 2 \cdot n_{O_2}$$

D'après la loi d'Avogadro:  $n = \frac{V}{V_m}$

n: nombre de mole

V : Volume du gaz

$V_m$  : Volume molaire, égal à 22,4 L/mol

$$\begin{cases} n_{H_2} = \frac{V_{H_2}}{V_m} \Rightarrow n_{H_2} = 2 \cdot n_{O_2} \Rightarrow \frac{V_{H_2}}{V_m} = 2 \cdot \frac{V_{O_2}}{V_m} \Rightarrow V_{H_2} = 2 \cdot V_{O_2} \\ n_{O_2} = \frac{V_{O_2}}{V_m} \end{cases}$$

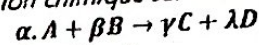
##### II.1.3. Stœchiométrie d'une réaction

- Une réaction est stœchiométrique si à la fin de la réaction les réactifs sont consommés ;
- Une réaction est non stœchiométrique si à la fin de la réaction, il reste un réactif.

Le réactif en défaut (en excès) est appelé réactif limitant

### III. Mise en évidence d'un réactif en excès

Considérons la réaction chimique suivante :



$$\text{On en déduit : } \frac{\alpha}{n_A} = \frac{\beta}{n_B} \Rightarrow \frac{n_A}{n_B} = \frac{\alpha}{\beta}$$

- ❖ Si  $\frac{n_A}{n_B} = \frac{\alpha}{\beta}$  : On dit que les réactifs A et B sont dans les proportions stœchiométriques ;
- ❖ Si  $\frac{n_A}{n_B} \neq \frac{\alpha}{\beta}$  : les réactifs ne sont pas dans les proportions stœchiométriques ;
- ❖ Si  $\frac{n_A}{n_B} > \frac{\alpha}{\beta}$  : Le réactif A est en excès et B en défaut ;
- ❖ Si  $\frac{n_A}{n_B} < \frac{\alpha}{\beta}$  : Le réactif B est en excès et A en défaut.

### IV. Chaleur d'une réaction

- Une réaction est dite exothermique si elle libère de la chaleur ;
- Une réaction est dite endothermique si elle absorbe de la chaleur ;
- Une réaction est dite athermique si elle n'absorbe ni ne libère de la chaleur ;

### V. Différents types de réactions chimiques

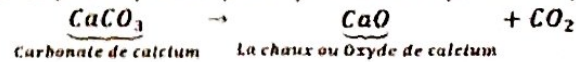
On distingue des réactions : d'addition, de décomposition, de substitution et d'échange...

#### V.1. Réaction d'addition

Deux ou plusieurs corps simples disparaissent pour donner un seul corps composé.  $4Al + 3Cl_2 \rightarrow 2Al_2Cl_3$

#### V.2. Réaction de décomposition

Un seul corps composé disparaît pour donner plus de corps.

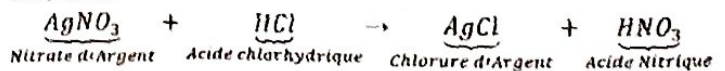


#### V.3. Réaction de substitution

Les atomes d'un corps simples remplacent les atomes d'un élément du corps composé.

#### V.4. Réaction d'échange

Deux corps purs composés échangent des atomes ou groupes d'atomes.



## VI. La mole

### VI.1. Définition

La mole est l'unité de la quantité de matière dans le Système International (SI) d'unité. Son unité est mol.

### VI.2. Nombre d'Avogadro

Une mole de particule est formée de  $N$  particules,  $N$  est le nombre d'Avogadro. Sa valeur approchée est  $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

$$N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

### VI.3. Quantité de matière pour les atomes

$$n = \frac{N_a}{N} \text{ avec } \begin{cases} N_a: \text{nombre d'atome en atome} \\ N: \text{nombre d'Avogadro : } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\ n: \text{quantité de matière en mol} \end{cases}$$

### VI.4. Quantité de matière pour les molécules ou les atomes

$$n = \frac{m}{M} \text{ avec } \begin{cases} m: \text{masse de la molécule ou des atomes en g} \\ M: \text{Masse molaire moléculaire en g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ n: \text{quantité de matière en mol} \end{cases}$$

### VI.5. Quantité de matière pour des gaz

$$n = \frac{V}{V_m} \begin{cases} V: \text{Volume du gaz en L ou en cm}^3 \\ V_m: \text{Volume molaire } 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ ou } 22400 \text{ cm}^3 / \text{mol} \\ n: \text{quantité de matière en mol} \end{cases}$$

### VI.6. Quantité de matière pour les ions ou solutions ioniques

$$n = C \cdot V_s = [ ] \cdot V_s \begin{cases} C = [ ]: \text{Concentration molaire volumique en mol} \cdot \text{L}^{-1} \\ V_s: \text{Volume de la solution en Litre (L)} \\ n: \text{quantité de matière en mol} \end{cases}$$

#### VI.6.1. Termes appropriés pour la détermination de la concentration

Les chimistes utilisent les adjectifs : Molaire ou solution molaire, décimolaire ou solution décimolaire, centimolaire ou solution centimolaire.

Solution	Molaire	décimolaire	Centimolaire
Concentration en mol.L <sup>-1</sup>	1	0,1	0,01

## VII. Méthode d'équilibrage d'une réaction chimique

Équilibrer une équation - bilan consiste à placer devant les formes des corps, des coefficients, appelés coefficients stœchiométriques, de façon à exprimer la conservation de la matière. Une équation - bilan doit être équilibrée.

### TRAVAUX DIRIGES

Équilibre par la méthode de coefficients stœchiométriques les réactions suivantes :

- $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CuO} \rightarrow \text{CuCl}_2 + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$
- $\text{CO} + \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Fe}$
- $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CHCl}_3 + \text{HCl}$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{C} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{AlCl}_3 + \text{CO}$
- $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$
- $\text{Cu}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CuO}$
- $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

## Partie A : Vérification des connaissances

### 1. Question à réponses construites

- 1.1. Qu'est - ce qu'une réaction chimique ?
- 1.2. Énonce la loi de Lavoisier.

## Partie B : Vérification des connaissances

### Application n°01

On fait réagir 10 g de sodium avec du dichlore, on obtient du chlorure de sodium.

- a. Écris l'équation - bilan de la réaction.
- b. Calcule la masse du produit obtenu.
- c. Détermine le volume du dichlore utilisé.

On donne :  $M_{Na} = 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $M_{Cl} = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $V_m = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

### Application n°02

La masse d'un atome de métal est  $4,485 \cdot 10^{-23} \text{ g}$ .

1. De quel métal s'agit - il ?
  2. On fait réagir 5,4 g de ce métal avec 0,20 mol de dioxyde de carbone. Il se forme une poudre blanche d'oxyde de ce métal et une fumée noire constituée de fines particules de carbone.
    - 2.1. Écris l'équation de la réaction.
    - 2.2. Quel est le réactif en excès ?
    - 2.3. Calcule la masse d'oxyde formé et celle du réactif resté en excès.
- $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ;  $m_p \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

### Application n°03

La combustion du méthane dans le dioxygène, donne de l'eau et du gaz carbonique. On fait réagir 3,2 g de méthane avec 12,8 g de dioxygène. On prendra  $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

1. Le mélange initial est - il dans les proportions stœchiométriques? Lequel des réactifs est en excès ?
2. Détermine la quantité et le volume de dioxyde de carbone formé.
3. Détermine la quantité et la masse d'eau formée.

On donne en g/mol: H = 1 ; C = 12 ; O = 16.

### Application n° 04

L'Aluminium réagit avec l'oxyde ferrique ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) pour donner du fer et de l'alumine  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

1. Indique les réactifs et les produits de la réaction.
2. Écris et équilibre l'équation bilan de la réaction.
3. Quelle masse de fer est - il possible d'obtenir à partir de 40 g d'oxyde de fer si l'aluminium est en excès ?
4. On obtient en réalité 21 g de fer car les réactifs sont à l'état solide et le mélange réactionnel n'est pas facile à réaliser.

Calcule le rendement de cette réaction sachant que le rendement est défini comme le rapport entre la masse réelle formée et la masse théorique espérée.

On donne en g/mol: O = 16 ; Al = 27 ; Fe = 56.

### Application n°05

On fabrique industriellement la chaux vive (oxyde de calcium CaO) en chauffant à  $1000^\circ\text{C}$  du calcaire (carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ ). Il se dégage du dioxyde de carbone.

1. Écris l'équation-bilan de la réaction.
2. Calcule la masse de calcaire à traiter pour obtenir 1 tonne de chaux vive.

3. Détermine le volume, dans les conditions normales de température et de pression, du dioxyde de carbone dégagé. On donne en g/mol :  $M_{Ca} = 40$  ;  $M_O = 16$  ;  $M_C = 12$

### Application n°06

L'acide nitrique de formule  $\text{HNO}_3$ , se décompose en dioxyde d'azote, en molécule d'eau et en dioxygène.

1. Ecris et équilibre l'équation - bilan de la réaction.
2. Pour faire cette expérience, un élève de la classe de seconde C. utilise 500 g pour l'acide.
  - 2.1. Quelle quantité d'acide a-t-il utilisé?
  - 2.2. Détermine les quantités de dioxyde d'azote et de dioxygène obtenues.
  - 2.3. Déduis les volumes des gaz correspondant, sachant que  $V_m = 24\text{L/mol}$ .

On donne en g/mol:  $H = 1$ ;  $N = 14$ ;  $O = 16$ .

### Application n° 07

Lors de la combustion de la poudre d'aluminium dans du dichlore, il se forme du chlorure d'aluminium.

1. Ecris la formule statique du chlorure d'aluminium, solide et ionique.
2. Ecris l'équation de la réaction.
3. Le flacon utilisé contient 250 mL de dichlore, dans les conditions où le volume molaire vaut 25L/mol. Détermine la masse d'aluminium consommé ainsi que la masse du chlorure d'aluminium formé.

On donne :  $M_{Al} = 27\text{g.mol}^{-1}$ ;  $M_{Cl} = 35.5\text{g.mol}^{-1}$

### Application n° 08

Lorsqu'on chauffe du sulfate de fer II ( $\text{FeSO}_4$ ), il se décompose en oxyde de fer III ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), en dioxyde de soufre et en trioxyde de soufre.

1. Ecris l'équation-bilan de la réaction.
2. Détermine le volume de dioxyde de soufre (dans les conditions où le volume molaire vaut 24L/mol) et la masse d'oxyde de fer III obtenus par décomposition de 7,6 g de sulfate de fer II.

On donne en g/mol :  $M_{Fe} = 56$ ;  $M_O = 16$ ;  $M_S = 32$

### Application n° 09

Equilibre par la méthode des coefficients stœchiométriques les équations suivantes:

- 1)  $\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CuO}$
- 2)  $\text{P}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5$
- 3)  $\text{Zn} + \text{O}_2 \rightarrow \text{ZnO}$
- 4)  $\text{Al} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{AlCl}_3$
- 5)  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 6)  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 7)  $\text{CaC}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca(OH)}_2$
- 8)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{S} \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 9)  $\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{S}$

### Application n° 10

Le carbone, comme le dihydrogène, peut réduire l'oxyde de cuivre II. Au cours de la réaction, il se dégage un gaz qui trouble l'eau de chaux.

1. Ecris l'équation-bilan de la réaction.
2. Pour réaliser l'expérience, on chauffe un mélange d'oxyde de cuivre II et de carbone en poudre. Quelle masse de carbone faut-il mélanger avec 31,8g d'oxyde de cuivre II pour que les réactifs soient en proportions stœchiométriques?
3. Quelle est alors la masse du cuivre formé?

### Application n° 11

Le Benzène est un liquide de formule  $\text{C}_6\text{H}_6$  et de masse volumique  $0,88\text{g.cm}^{-3}$ .

1. Quel volume d'oxygène, mesuré dans les CNTP, faudrait-il pour obtenir la combustion complète de 500  $\text{cm}^3$  de benzène?
2. Quel est volume d'air mesuré dans les CNTP?
3. Déduis la masse du benzène.

On rappelle que l'air contient, en volume, 1/5 de dioxygène.  $V_m = 22400\text{cm}^3/\text{mol}$ .

### Application n°12

L'action du dichlore sur le dihydrogène conduit à un composé gazeux, le chlorure d'hydrogène,  $\text{HCl}$ .

1. Ecris le l'équation-bilan de la réaction?
2. On fait agir 2L de dichlore sur 3L de dihydrogène.
  - 2.1. Quel est le réactif qui est en excès?
  - 2.2. Quel est le volume de chlorure d'hydrogène obtient-on?
  - 2.3. Quelle est la composition, en volume, du mélange gazeux après la réaction?

### Application n° 13

On peut préparer du dioxygène au laboratoire en chauffant du chlorate de potassium, qui se transforme alors en chlorure de potassium. La réaction peut s'effectuer à la température plus basse si on ajoute du dioxygène de manganèse, qu'on retour retrouve intact après la réaction.

On donne : ion  $\text{ClO}_3$

1. Ecris l'équation-bilan de la réaction.
2. Détermine le volume de dioxygène, mesuré dans les CNTP, obtenu à partir de 41 g de chlorate de potassium.

### Application n° 14

La réaction entre le chlore d'hydrogène et l'ammoniac produit des fumées blanches de chlorure d'ammonium.

1. Ecris l'équation-bilan de la réaction.
2. On fait réagir 2,24L de chlorure d'hydrogène sur un excès d'ammoniac. Quelle est la masse du produit obtenu?
3. Calcule le volume et la masse d'ammonium consommé.

Les volumes sont mesurés dans les CNTP.

# REACTIONS D'OXYDOREDUCTIONS

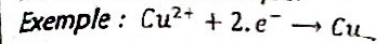
## Définition d'une réaction d'oxydoréduction

On appelle une réaction d'oxydoréduction, la transformation chimique qui se traduit par un transfert d'électrons entre un réducteur et un oxydant. Au cours de ce transfert, le nombre d'électrons cédés est égal au nombre d'électrons captés.

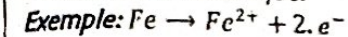
### I. Caractériser une réaction d'oxydoréduction

#### I.1. Notion d'oxydant, de réducteur, d'oxydation et de réduction

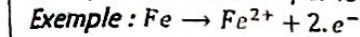
Un oxydant, est toute espèce chimique (atome, ion ou molécule) capable de capter les électrons au cours d'une transformation chimique.



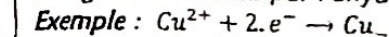
Un réducteur est toute espèce chimique (atome, ion ou molécule) capable de céder les électrons au cours d'une transformation chimique.



Une oxydation est une réaction chimique au cours de laquelle une espèce chimique perd des électrons. Elle n'est autre que toute perte d'électrons par le réducteur.



Une réduction est une réaction chimique au cours de laquelle une espèce chimique gagne des électrons. Elle n'est autre que tout gain d'électrons par l'oxydant.



#### Conclusion

Une réaction d'oxydoréduction est une réaction de transfert d'électrons au cours de laquelle il y a simultanément oxydation du réducteur et réduction de l'oxydant.

#### I.2. Notion de nombre d'oxydation

Le nombre d'oxydation est une notion purement conventionnelle (ensemble des règles), c'est un nombre algébrique (0 ; + ou -) qui caractérise le degré d'oxydation d'un élément dans une espèce chimique. Il s'écrit en chiffre romain.

##### I.2.1. Détermination des nombres d'oxydation

Elle obéit à certaines règles.

Règle n°01 : le nombre d'oxydation d'un élément à l'état atomique simple ou d'une molécule est égal à zéro.

Exemples : n.O (Na) = 0 ou Na<sup>0</sup> ; n.O (Al) = 0 ou Al<sup>0</sup> ; n.O (Cl) = 0 ou Cl<sup>0</sup>

Règle n°02 : Le nombre d'oxydation d'un élément à l'état ionique est égal à la charge de l'ion.

Exemples : n.O (Na<sup>+</sup>) = +I ; n.O (Al<sup>3+</sup>) = +III ; n.O (Cl<sup>-</sup>) = -I

##### Règle n°03 :

Le nombre d'oxydation de l'élément hydrogène vaut +I

Le nombre d'oxydation de l'élément Oxygène vaut -II

#### Application des connaissances

Application n° 01 : Calcule le nombre d'oxydation de l'azote (N) dans les molécules suivantes : HNO<sub>3</sub> ; NH<sub>3</sub> ; NH<sub>4</sub>OH

Application n° 02 : Calcule le nombre d'oxydation du Soufre (S) dans les molécules suivantes : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>

Application n° 03 : Calcule le nombre d'oxydation de Manganèse dans l'ion permanganate suivant : MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>

Application n° 04 : Calcule le nombre d'oxydation du Chrome (Cr) dans l'ion Chromate suivant : Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>

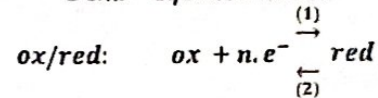
#### I.3. Couple redox ou couples oxydant - réducteur

Un couple oxydant/réducteur appelé aussi couple redox est formé d'un oxydant (noté ox) et d'un réducteur (noté red) qui correspond à une réaction d'oxydoréduction. Ce couple oxydant - réducteur se note :

Oxydant/réducteur ou ox/red

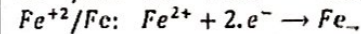
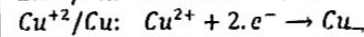
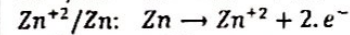
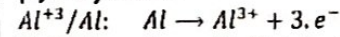
N.B: Ox est dit oxydant conjugué et red est dit réducteur conjugué.

Demi - équation redox

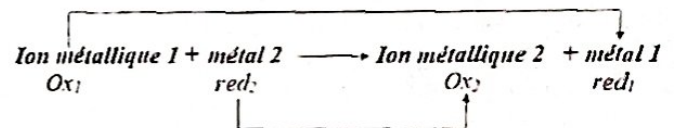


(1): réduction

(2): oxydation



#### I.4. Equation générale d'une équation d'oxydoréduction

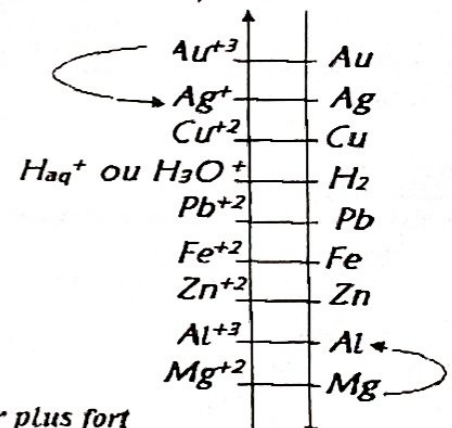


#### I.5. Classification des couples oxydant - réducteur, ion métallique/métal

La classification des couples permet de savoir si la réaction ait lieu entre deux couples. Pour se faire, nous considérons l'échelle de pouvoir réducteur et oxydant.

Oxydant plus fort

(Pouvoir oxydant croissant) P.O



Réducteur plus fort

(Pouvoir Réducteur croissant) P.R

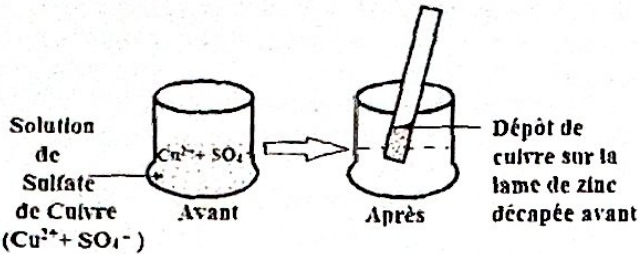
## 1.6. Expériences

### 1.6.1. Expérience n° 01

En plongeant une lame de zinc dans une solution de sulfate de cuivre II ( $\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$  : de couleur bleue), au bout d'un certain temps, on constate qu'un dépôt de cuivre sur le zinc et la solution devient incolore.

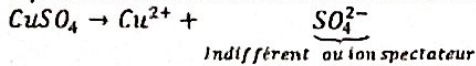
Un test à la soude montre que la solution contient les ions  $\text{Zn}^{2+}$ .

Le zinc a été oxydé en ion  $\text{Zn}^{2+}$  et les ions cuivriques  $\text{Cu}^{2+}$  réduits en cuivre métallique.

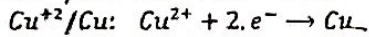
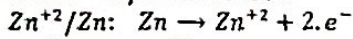


#### 1.6.1.1. Interprétation

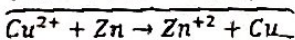
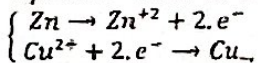
Equation de dissolution de sulfate de cuivre



Demis-équations redox



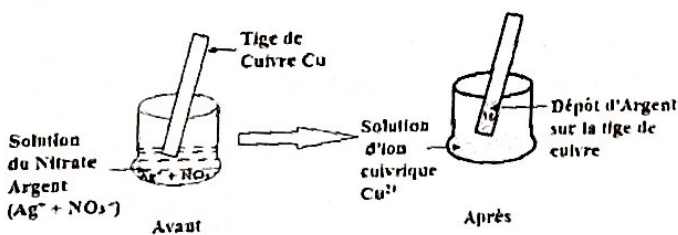
Equation - bilan de la réaction



### 1.6.2. Expérience n° 02

De même, en plongeant une lame de cuivre dans une solution de nitrate d'Argent ( $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ ), on obtient un dépôt gris d'argent et la solution devient bleue.

Les ions  $\text{Ag}^+$  qu'on réduit en Argent métallique et le cuivre métallique est oxydé en ion cuivrique  $\text{Cu}^{2+}$ .

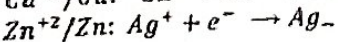
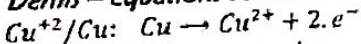


#### 1.6.2.2.1. Interprétation

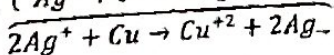
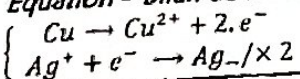
Equation de dissolution de sulfate de cuivre



Demis-équations redox



Equation - bilan de la réaction



## 1.7. Méthode d'équilibrage des réactions d'oxydoréduction

Une demi-équation redox s'équilibre en trois étapes, tout en connaissant le milieu auquel cette équation a lieu (acide ou basique).

### 1.7.1. En milieu acide

1<sup>ère</sup> étape : On écrit les formes oxydées et réduites de part et d'autre d la flèche en exprimant la conservation de la matière de l'élément qui subit la réduction ou l'oxydation.

2<sup>ème</sup> étape : On exprime la conservation de la matière pour les autres éléments en ajoutant de molécules  $\text{H}_2\text{O}$  que d'atome d'oxygène O. autant d'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  (ou  $\text{H}_{3n}^+$ ) que l'atome d'hydrogènes.

3<sup>ème</sup> étape : On exprime la conservation de la charge en ajoutant les électrons nécessaires captés ou cédés.

### 1.7.2. En milieu basique

On opère comme en milieu acide, sauf pour la 2<sup>ème</sup> étape où il faut équilibrer l'élément oxygène O à l'aide d'ions  $\text{HO}^-$  et l'élément hydrogène au moyen de la molécule d'eau  $\text{H}_2\text{O}$ .

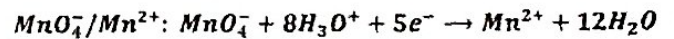
### 1.7.3. Application de la méthode d'équilibrage des réactions d'oxydoréduction

#### Application n° 01

La solution aqueuse de permanganate de potassium  $\text{KMnO}_4$  ( $\text{K}^+ + \text{MnO}_4^-$ ), solution titrée, contenant l'espèce chimique active oxydante, l'ion permanganate  $\text{MnO}_4^-$ .

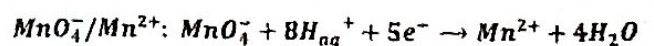
La solution titrée est oxydante. En milieu acide, la demi-équation associée au couple  $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$

Étapes	Equations Chimiques	Conservation de la matière
1 <sup>ère</sup>	$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$	L'élément Manganèse
2 <sup>ème</sup>	$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	L'élément oxygène
	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 12\text{H}_2\text{O}$	L'élément hydrogène
3 <sup>ème</sup>	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}_3\text{O}^+ + 5e^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 12\text{H}_2\text{O}$	La charge



Ou encore, on peut utiliser  $\text{H}_{3n}^+$  à la place de  $\text{H}_3\text{O}^+$

Étapes	Equations Chimiques	Conservation de la matière
1 <sup>ère</sup>	$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}$	L'élément Manganèse
2 <sup>ème</sup>	$\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	L'élément oxygène
	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}_{\text{aq}}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	L'élément hydrogène
3 <sup>ème</sup>	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}_{\text{aq}}^+ + 5e^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	La charge



**Application n° 02 : Le couple redox Internant dans l'eau de javel**

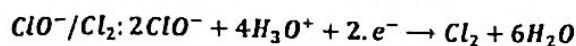
L'espèce chimique active ou principe actif d'une eau de javel est l'ion hypochlorite  $\text{ClO}^-$ .

$\text{ClO}^-$  est un oxydant, son réducteur conjugué est le dichlore  $\text{Cl}_2$ .

Le couple redox correspondant est  $\text{ClO}^- / \text{Cl}_2$ .

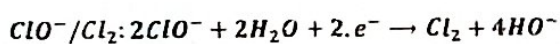
En milieu acide, la demi - équation électronique, est :

Etapes	Equations Chimiques	Conservation de la matière
1 <sup>ère</sup>	$2\text{ClO}^- \rightarrow \text{Cl}_2$	L'élément Chlore
2 <sup>ème</sup>	$2\text{ClO}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	L'élément oxygène
	$2\text{ClO}^- + 4\text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	L'élément hydrogène
3 <sup>ème</sup>	$2\text{ClO}^- + 4\text{H}_3\text{O}^+ + 2.e^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	La charge



En milieu basique, la demi - équation électronique, est :

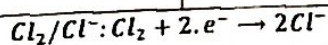
Etapes	Equations Chimiques	Conservation de la matière
1 <sup>ère</sup>	$2\text{ClO}^- \rightarrow \text{Cl}_2$	L'élément Chlore
2 <sup>ème</sup>	$2\text{ClO}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{HO}^-$	L'élément oxygène
	$2\text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}_2 + 4\text{HO}^-$	L'élément hydrogène
3 <sup>ème</sup>	$2\text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2.e^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 4\text{HO}^-$	La charge



**Application n° 03**

L'espèce chimique, l'ion chlore  $\text{Cl}^-$ , existe aussi dans l'eau de javel:  $\text{Cl}^-$  est un réducteur, son oxydant conjugué est le dichlore  $\text{Cl}_2$ . Le couple redox correspondant est  $\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-$ .

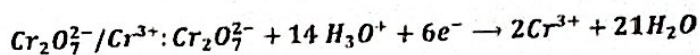
Etapes	Equations Chimiques	Conservation de la matière
1 <sup>ère</sup>	$\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Cl}^-$	L'élément Chlore
3 <sup>ème</sup>	$\text{Cl}_2 + 2.e^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	La charge



**Application n° 04**

La solution aqueuse de Bichromate de potassium  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ( $2\text{K}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ), solution titrée, contenant l'espèce chimique active oxydante, l'ion Chromate  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ . La solution titrée est oxydante. En milieu acide, la demi - équation électronique associée au couple  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} / \text{Cr}^{3+}$  est :

Etapes	Equations Chimiques	Conservation de la matière
1 <sup>ère</sup>	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$	L'élément Chrome
2 <sup>ème</sup>	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	L'élément oxygène
	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 21\text{H}_2\text{O}$	L'élément hydrogène
3 <sup>ème</sup>	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}_3\text{O}^+ + 6e^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 21\text{H}_2\text{O}$	La charge



## TRAVAUX DIRIGES

### Partie A : Vérification des connaissances

#### 1. Question à réponses construites

1.1. Définis les termes suivants : Réaction d'oxydoréduction : Oxydant, réducteur, oxydation et réduction.

1.2. Comment équilibre-t-on l'atome d'oxygène en milieu acide et basique dans une réaction d'oxydoréduction ?

#### 2. Question à réponses courtes

- 2.1. Quel est le n.o d'un élément à l'état de corps simple ?
- 2.2. Quel est le n.o d'un ion polyatomique

### Partie B : Vérification des connaissances

#### Application n° 01

1. Quel est le nombre d'oxydation (n.o) de l'élément azote dans les composés suivants :  $N_2$ ;  $NO$ ;  $NO_2$ ;  $HNO_3$ ;  $NH_3$ .

2. Quel est le nombre d'oxydation (n.o) de l'élément Chlore dans les composés suivants :  $HClO$ ;  $ClO$ ;  $ClO_2$ ;  $FeCl_2$ ;  $Cl_2$ .

3. Déterminer le nombre d'oxydation (n.o) des éléments Chrome, Azote, Aluminium, Carbone et Soufre dans les composés suivants :  $Cr_2O_7^{2-}$ ;  $NO_2^-$ ;  $Al_2O_3$ ;  $CO_2$ ;  $SO_4^{2-}$ .

#### Application n° 03

Calculer le nombre d'oxydation n.o de :

- Mn dans  $MnO_4^-$
- Cr dans  $Cr_2O_7^{2-}$
- S dans  $H_2SO_4$

#### Application n° 04

Un couple oxydant/réducteur (ox/réd) est formé des deux espèces suivantes :  $Mn_2O_3$  et  $MnO_2$ .

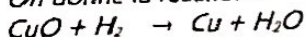
Calculer le nombre d'oxydation de l'élément manganèse n.o (Mn) dans ces deux molécules et donner la notation de ce couple oxydant/réducteur correspondant, après justification.

#### Application n° 05

1. Ecris les demi-équations électroniques des couples :  $H^+/H_2$ ;  $H_2O_2/H_2O$
2. Nomme les ions suivants :  $H^+$ ;  $H_3O^+$

#### Application n° 06

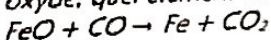
On donne la réaction :



Quel est le composé qui capte des électrons, quel composé cède des électrons ?

#### Application n° 07

Indique à l'aide des nombres d'oxydation, quel élément est oxydé, quel élément est réduit.



#### Application n° 08

Les réactions suivantes sont-elles des réactions d'oxydoréduction ?

1.  $3NO_2 + H_2O \rightarrow 2NO_3^- + NO + 2H_3O^+$
2.  $SO_3 + 3H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2H_3O^+$
3.  $HCl_{(aq)} + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

#### Application n° 09

Equilibre par la méthode d'oxydoréduction les équations suivantes :

- 1)  $H_2SO_4 + C \rightarrow SO_2 + CO_2 + H_2O$
- 2)  $NH_3 + O_2 \rightarrow NO + H_2O$
- 3)  $Fe + H^+ + NO_3^- \rightarrow Fe^{2+} + NO_2 + H_2O$
- 4)  $H_2SO_3 + MnO_4^- + H^+ \rightarrow SO_4^{2-} + Mn^{2+} + H_2O$
- 5)  $HNO_3 + I_2 \rightarrow HIO_3 + NO_2 + H_2O$

#### Application n° 10

L'aluminothermie est la réaction entre l'aluminium et un oxyde métallique. Un mélange d'aluminium et d'oxyde de fer III en poudre est enflammé à l'aide d'un ruban de magnésium. La combustion est vive. Il se forme du fer et de l'oxyde d'aluminium.

1. Détermine la formule statique de l'oxyde de fer III, solide et ionique dans lequel le fer est à l'état d'ions  $Fe^{3+}$ .
2. Montre que cette réaction est une réaction d'oxydoréduction.
3. Equilibre cette équation-bilan.
4. Quelle masse d'aluminium faut-il utiliser pour réduire complètement 40 g d'oxyde de fer III ?
5. Quelle est alors la masse de fer obtenue ?

#### Application n° 11

Le carbone réagit avec l'acide sulfurique concentré à chaud. Il se forme du dioxyde de soufre, du carbone et de l'eau.

1. Cette réaction est-elle une réaction d'oxydoréduction ?
2. Equilibre son équation-bilan.
3. Quel volume de dioxyde de carbone se forme-t-il si on utilise 18g de carbone.

N.B : Volume molaire dans les conditions de l'expérience.

#### Application n° 12

Equilibre par la méthode d'oxydoréduction les équations suivantes.

1.  $AsO_4^{3-} + I^- + H^+ \rightarrow AsO_3^{3-} + I_2 + H_2O$
2.  $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$
3.  $Mg + HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$
4.  $S + HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + NO_2 + H_2O$

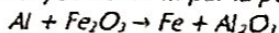
#### Application n° 13

L'aluminothermie est la réaction entre l'aluminium et un oxyde métallique. Un mélange d'aluminium et d'oxyde de fer III en poudre est enflammé à l'aide d'un ruban de magnésium. La combustion est vive. Il se forme du fer et de l'oxyde d'aluminium.

1. Détermine les formules statistiques de l'oxyde de fer III, solide et ionique dans lequel le fer est à l'état  $Fe^{3+}$ .
2. Ecris l'équation-bilan de la réaction.
3. Montre que la réaction est une réaction d'oxydoréduction.
4. Quelle masse d'aluminium faut-il utiliser pour réduire complètement 40 g d'oxyde de fer III ?
5. Quelle est alors la masse de fer obtenue ?

#### Application n° 14

On peut fabriquer du fer par aluminothermie en réduisant l'oxyde de fer III par la poudre d'aluminium, selon le bilan :



1. Ecris l'équation-bilan.
2. Quelle masse fer obtient-on avec 675 g d'aluminium.

#### Application n° 15

1. Un objet en fer subit l'action du dioxygène de l'air humide. Il se forme 5g de rouille dont le principal constituant est l'oxyde ferrique de formule  $Fe_2O_3$ .

1.1. Ecris et équilibre l'équation - bilan de la réaction.

1.2. Détermine la quantité du fer réagit, puis déduire sa masse.

2. L'oxyde ferrique obtenu, réagit ensuite avec du carbone et il se forme du fer et du dioxyde de carbone.

2.1. Ecris l'équation bilan de la réduction du  $Fe_2O_3$  par le carbone.

2.2. Détermine la masse et le volume du dioxyde de carbone formé.

On donne :  $M_{Fe} = 56 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$ .

#### Application n° 16

Un volume  $V_1 = 1,68 \text{ L}$  de sulfure de dihydrogène ( $H_2S$ ) réagit spontanément avec un volume

$V_2 = 1,12 \text{ L}$  de dioxyde de soufre ( $SO_2$ ) pour donner du soufre et de l'eau.

1. Ecris l'équation - bilan de la réaction.

2. Montre qu'il s'agit d'une réaction d'oxydoréduction et précise le réducteur et l'oxydant.
  3. Calcule les quantités (en mol) des deux gaz.
  4. Montre qu'il existe un réactif en excès et lequel.
  5. Détermine le volume du réactif en excès.
  6. On veut que la réaction soit stœchiométrique, quel volume de gaz sulfure de dihydrogène faut-il prévoir ? Calculer alors la masse du soufre recueilli.
- On donne en  $\text{g/mol}$ :  $H = 1$  ;  $S = 32$  ;  $O = 16$  avec  $V_m = 22,4 \text{ L/mol}$ .

#### Application n° 17:

On mélange intimement 54 g de métal aluminium et 86 g de soufre et on amorce la réaction. Il se forme du sulfure d'aluminium ( $Al_2S_3$ ).

1. Calcule les quantités initiales de chaque réactif ?
  2. Ecris l'équation - bilan de la réaction.
  3. S'agit-il d'une réaction d'oxydoréduction oui ou non ? Justifie ta réponse.
  4. Le mélange initial est-il dans les proportions stœchiométriques ? Si non, indique le réactif limitant (en excès).
  5. Calcule la masse du produit formé.
- On donne:  $M_S = 32 \text{ g/mol}$  ;  $M_{Al} = 27 \text{ g/mol}$

#### Références Bibliographiques

1. Cours de Physique de Seconde C et T, Collection Les classiques Africains Camerounais.
2. Recueil d'exercices de Physique de 2<sup>nd</sup>, édition 2012 par l'Inspecteur Paul ZAMOUANGANA.
3. Notes de Cours et exercices corrigés de Physique de niveau 2<sup>nd</sup> C de l'Enseignant Kessel LOUNDOU (Lycée Victor Augagneur 2000 - 2001).
4. Cours et exercice de Physique de l'Enseignant WAHAP Diop, disponible sur <http://www.physiquechimie.sharepoint.com>

