



**FOMESOUTRA**

ÇA SOUTRA !!!

**COURS DE  
PC**

---

PREMIERE D

**1ère D**

*1ière  
édition*

BY TEHUA

2025

## PROGRESSION DE PHYSIQUE-CHIMIE PREMIÈRE D (1<sup>ère</sup> D) 2024-2025


Mois	Semaine	Physique			Chimie			
		Thème	Leçon	Durée	Thème	Leçon	Durée	
SEPT	1	MÉCANIQUE	Travail et puissance d'une force constante dans le cas d'un mouvement de translation	8h	CHIMIE ORGANIQUE	Généralités sur les composés organiques	4h	
	2					Hydrocarbures saturés : les alcanes	4h	
	3					Hydrocarbures insaturés : les alcènes et les alcynes	3,5h	
OCT.	4		Énergie cinétique	8h		Le benzène	2,5h	
	5		Énergie potentielle de pesanteur	2,5h		<b>Congés de la Toussaint</b>		
	6					Le benzène (Suite et fin)	0,5h	
NOV.	7		Énergie mécanique	6h		Pétrole et gaz naturels	2h	
	8	ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE	Champ électrostatique	4h		Quelques composés oxygénés	4h	
	9					Énergie potentielle électrostatique	3h	<b>Évaluation/Remédiation</b>
10	Énergie potentielle de pesanteur (Suite et fin)					1,5h	L'éthanol	3h
DEC.		11	Énergie mécanique	6h	Estérification et hydrolyse d'un ester		1h	
	12	<b>Congés de Noël</b>						
	13	Puissance et énergie électriques	6h	Estérification et hydrolyse d'un ester (Suite et fin)	3h			
JANV	14	ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE	Le condensateur	6h	Réactions d'oxydoréduction en solution aqueuse	2h		
	15				L'amplificateur opérationnel	8h	Classification qualitative des couples oxydant / réducteur	3h
	16						<b>Congés de Février</b>	
FEV.	17	ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE	Introduction à l'optique géométrique	2h	Classification qualitative des couples oxydant / réducteur (suite et fin)	2h		
	18				L'amplificateur opérationnel	8h	Classification quantitative des couples oxydant / réducteur	4h
	19						Couples oxydant / réducteur en solution aqueuse. Dosage	4h
MARS	20	OPTIQUE	Réflexion, Réfraction de la lumière blanche	8h	Oxydoréduction par voie sèche	3,5h		
	21				Les lentilles minces	3h	Électrolyse	2h
	22						<b>Congés de Pâques</b>	
AVRIL	23	OPTIQUE	Les lentilles minces (Suite et fin)	5h	Électrolyse (Suite et fin)	2h		
	24				<b>Évaluation/Remédiation</b>			
	25				<b>Remédiation</b>			
MAI	26	<b>Évaluation/Remédiation</b>			2,5h	<b>Remédiation</b>		
	27	<b>Révision</b>			2,5h	<b>Révision</b>		
	28	<b>Révision</b>			2,5h	<b>Révision</b>		
	29	<b>Révision</b>			2,5h	<b>Révision</b>		
	30	<b>Révision</b>			2,5h	<b>Révision</b>		

Le Coordonnateur National Disciplinaire



AMANI KOUAKOU

# Physique

 Fomesoutra.com  
ça soutra !

# TITRE DE LA LECON : TRAVAIL ET PUISSANCE D'UNE FORCE DANS LE CAS D'UN MOUVEMENT DE TRANSLATION

## 1-SITUATION D'APPRENTISSAGE

Sur le chemin de l'école, deux élèves de la 1<sup>ère</sup> C du Lycée Moderne Leboutou aperçoivent sur la route du lycée un tracteur qui doit tirer un camion qui a fait une chute dans un gros ravin. L'un s'interroge en disant: « ce tracteur est-il assez puissant pour effectuer ce travail ? ». L'autre réplique : « cela dépend de la force que le tracteur peut appliquer au camion et de la hauteur de la chute! ». Une discussion s'engage alors entre les deux élèves jusqu'à l'école.

En classe, ils informent leurs camarades. Sous la conduite du professeur, ils décident de s'informer sur le travail et la puissance d'une force puis d'utiliser leurs expressions

## 2-RESUME DU COURS

### 1. TRAVAIL D'UNE FORCE CONSTANTE :

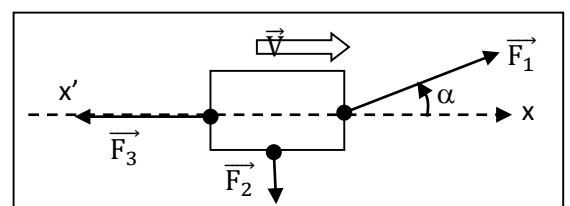
#### 1.1. Travail d'une force constante au cours d'un déplacement rectiligne :

##### a. Définition :

Le travail de la force constante  $\vec{F}$  au cours du déplacement rectiligne  $\vec{AB}$  est égal au produit scalaire du vecteur force  $\vec{F}$  par le vecteur déplacement  $\vec{AB}$  :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos \alpha$$

$$\alpha = (\vec{F}, \vec{AB}) : \text{angle de vecteurs}$$



### b. Unité du travail :

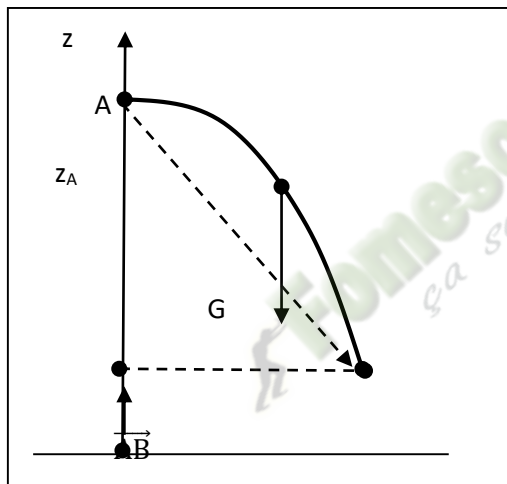
L'unité S.I du travail est le **joule (J)**.

### c. Travail : grandeur algébrique :

- **1<sup>er</sup> cas** :  $\alpha$  aigu ;  $\cos \alpha > 0$  :  $W_{AB}(\vec{F}) > 0$  : **travail moteur**.
- **2<sup>ème</sup> cas** :  $\alpha = 90^\circ$  ;  $\cos \alpha = 0$  :  $W_{AB}(\vec{F}) = 0$
- **3<sup>ème</sup> cas** :  $\alpha$  obtus ;  $\cos \alpha < 0$  :  $W_{AB}(\vec{F}) < 0$  : **travail résistant**

### 1-2.. Travail d'une force constante au cours d'un déplacement quelconque :

#### . Travail du poids :



Un solide se déplace du point A (altitude  $z_A$ )  
au point B (altitude  $z_B$ ) :

$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = m \cdot \vec{g} \cdot \vec{AB}$$

Dans le repère  $(O, \vec{k})$  : l'abscisse de  $\vec{g}$  est  $(-g)$

et celle de  $\vec{AB}$  est  $(z_B - z_A)$

$$\Rightarrow W_{AB}(\vec{P}) = m (-g) \cdot (z_B - z_A)$$

$$\Rightarrow \boxed{W_{AB}(\vec{P}) = mg (z_A - z_B)}$$

**CONCLUSION** : Le travail du poids d'un corps dépend  
de la dénivellation ( $.h=z_A-z_B$ )

### 3. PUISSANCE D'UNE FORCE CONSTANTE:

#### 3.1. Puissance moyenne :

Une force  $\vec{F}$  effectuant un travail  $W(\vec{F})$  sur un déplacement AB par le temps  $\Delta t$  développe une puissance moyenne :

$$\boxed{P_m = \frac{W_{AB}(\vec{F})}{\Delta t}}$$

- **Unité** :  $W(\vec{F})$  en J ;  $\Delta t$  en s et  $P_m$  en **watt** ( symbole : **W**)

### 3.2. Puissance instantanée :

Considérons une force  $\vec{F}$  dont le point d'application subit un déplacement élémentaire  $\delta\ell$  pendant un temps très bref  $\delta t$ . La puissance de  $\vec{F}$  pour l'intervalle de temps  $\delta t$  très petit est appelée **puissance instantanée**.

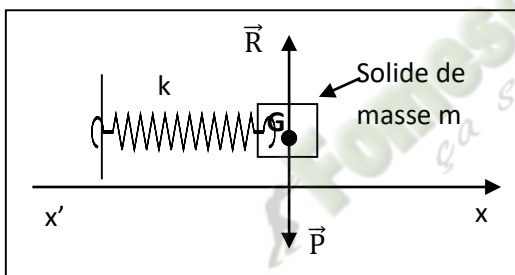
$$p = \frac{\delta W}{\delta t} = \frac{\vec{F} \cdot \delta\vec{\ell}}{\delta t} = \vec{F} \cdot \frac{\delta\vec{\ell}}{\delta t}$$

Posons  $\frac{\delta\vec{\ell}}{\delta t} = \vec{v}$  : vitesse instantanée du point d'application de  $\vec{F}$ .

$$\Rightarrow \boxed{P = \vec{F} \cdot \vec{v}}$$

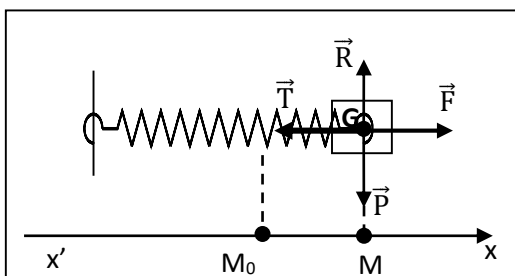
## 4. TRAVAIL DE LA TENSION D'UN RESSORT

### 4.1. Tension d'un ressort ou force de rappel :



- Le système {ressort-solide} repose sur un plan horizontal lisse.

A l'équilibre :  $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$ .

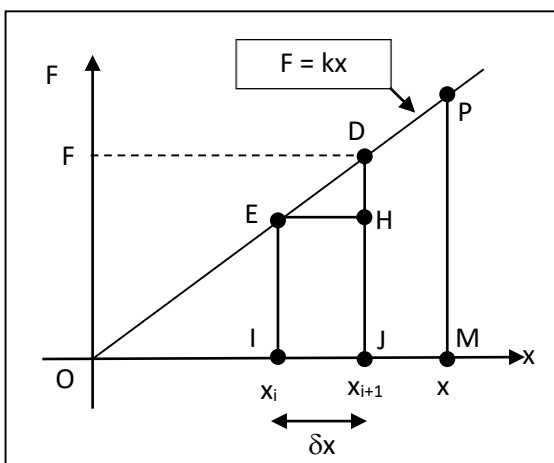


- On exerce sur le solide une force  $\vec{F}$  constante selon la direction  $x'x$  en étirant le ressort. Le ressort s'allonge d'une longueur  $x$ . Le solide est alors maintenu immobile sous l'effet de la force  $\vec{F}$  exercée par l'opérateur et d'une force  $\vec{T}$  exercée par le ressort tel que :  $\vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$

$$\Rightarrow \vec{T} = -\vec{F}$$

$\vec{T}$  est la **tension du ressort**.

### 4.2. Travail élémentaire de la tension :



Soit  $M_0M = x$ , l'allongement subi par le ressort. Partageons en  $n$  déplacements élémentaires  $\delta\ell$ . Le vecteur-force  $\vec{F}$  peut être considéré constant sur chaque déplacement élémentaire :

Le travail élémentaire est :  $\delta W = \vec{F} \cdot \delta\vec{\ell}$ .

$$F_x = F = k \cdot x ; \delta\ell_x = \delta x, \text{ donc } \delta W = kx \cdot \delta x.$$

Le nombre qui mesure  $\delta W$  est égal au nombre qui mesure l'aire du trapèze IJDE hachuré, pratiquement égale à l'aire du rectangle IJHE car  $\delta x$  est très petit.

Au cours de ce même déplacement, le travail élémentaire de

#### 4.3. Expression du travail de la tension d'un ressort:

Au cours du déplacement de  $M_0$  (ou O) en M, le travail de la force  $\vec{F}$  est :

$W_{OM}(\vec{F}) = \sum \delta W$ . Ce travail correspond à la somme des aires des petits trapèzes juxtaposés.

Cette somme est égale à l'aire du triangle rectangle OMP de côtés  $x$  et  $kx$  :

$$W_{OM}(\vec{F}) = \frac{1}{2}kx \cdot x = \frac{1}{2}kx^2 \Rightarrow \boxed{W_{OM}(\vec{F}) = \frac{1}{2}kx^2}$$

• Le travail de la tension est :  $\boxed{W_{OM}(\vec{T}) = -\frac{1}{2}kx^2}$

#### Conclusion :

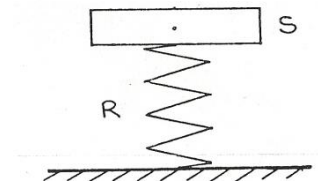
Le travail de la tension d'un ressort de raideur  $k$ , dont l'allongement passe progressivement de  $x_1$  à  $x_2$  est donné par l'expression :

$$\boxed{W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2)}$$

### 3-SITUATION D'EVALUATION

Un ressort R à spires non jointives de coefficient de raideur  $K=10^3\text{N/m}$  supporte un objet S de masse  $m=1,5\text{kg}$  (la masse du ressort est supposée négligeable devant  $m$ ). On prendra  $g=10\text{N/kg}$

1. Représente les forces qui s'exercent sur S dans la position d'équilibre.
2. Ecris la condition d'équilibre de S,
3. Déduis en la diminution de longueur du ressort.
4. Calcule le travail au cours de cette diminution
  - 4.1- de la tension du ressort
  - 4.2- du poids de S.



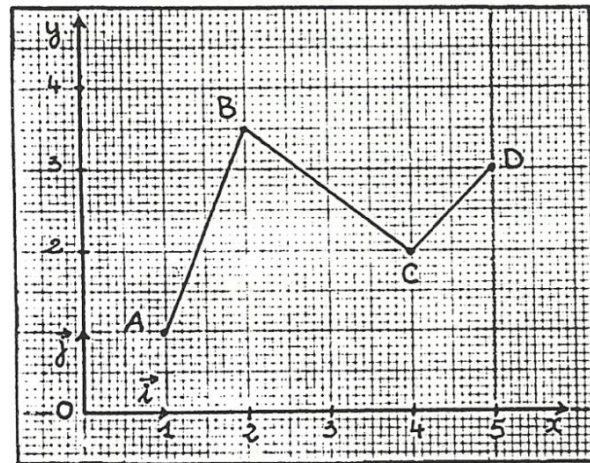
## 4-EXERCICES

### EXERCICE 01

Le point d'application d'une force  $\vec{F}$  se déplace selon le trajet ABCD repéré dans le plan à l'aide d'un repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ . L'unité de longueur est le mètre. Cette force est constante et a pour expression

$$\vec{F} = 200\vec{i} - 100\vec{j} \text{ (en N).}$$

1. Calcule  $W_{AB}(\vec{F})$ ,  $W_{BC}(\vec{F})$  et  $W_{CD}(\vec{F})$  ainsi que la somme  $W(\vec{F})$  de ses travaux.
2. Calcule  $W_{AD}(\vec{F})$ .
3. Compare  $W(\vec{F})$  et  $W_{AD}(\vec{F})$ . Peut-on prévoir ce résultat ? Justifier.



### EXERCICE 02

Une caisse de masse  $M = 60$  kg est déplacée sur un plan incliné d'un angle  $\alpha = 20^\circ$  sur l'horizontale, d'une longueur  $\ell = AB = 2,50$  m. Elle est soumise au cours de ce déplacement aux forces constantes suivantes :  $\vec{T}$  tension du câble d'intensité  $T = 500$  N ;  $\vec{P}$  poids de la caisse ;  $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T$  la réaction du plan ( $R_T = f = 12$  N).

1. Représente ces forces sur un schéma clair
2. Calcule le travail
  - 2.1 du poids  $\vec{P}$ .
  - 2.2 la tension  $\vec{T}$  du câble
3. Dis en Justifiant la réponse si Il est moteur ou résistant

## Leçon 2: TRAVAIL ET PUISSANCE D'UNE FORCE DANS LE CAS D'UN MOUVEMENT DE ROTATION AUTOUR D'UN AXE FIXE

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

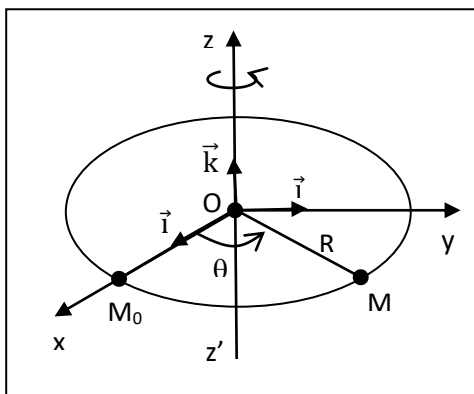
Un élève en classe de 1<sup>ère</sup> C au Lycée Leboutou habite Pass. Il emprunte le car pour se rendre au cours. En route, l'un des pneus du car crève. Pour dévisser les écrous de la roue, le chauffeur utilise une clé en croix mais il n'y parvient pas. Il utilise donc une barre de fer pour rallonger la clé ; cette fois-ci, il réussit à enlever les écrous de la roue. L'élève est émerveillé par ce résultat. Une fois au lycée, il décide avec ses camarades de classe, de s'informer sur les caractéristiques du mouvement de rotation autour d'un axe fixe, du moment d'un couple de forces puis de déterminer le travail et la puissance d'une force dans un mouvement de rotation.

### 1. MOUVEMENT DE ROTATION D'UN SOLIDE

#### 1.1 Définition

Un solide est animé d'un mouvement de rotation si **tous ses points décrivent des cercles** centrés sur **le même axe** constitué d'un ensemble de points immobiles ; l'axe est perpendiculaire au plan des cercles.

#### 1.2. Repérage et vitesse angulaire d'un point du solide



Si O est le centre et R le rayon de la trajectoire circulaire décrite par le point mobile M, la position du point M peut être caractérisée à tout instant par **l'abscisse curviligne**

$$s = \widehat{M_0M} \text{ ou par l'abscisse angulaire}$$

$$\theta = (\overrightarrow{OM_0}, \overrightarrow{OM}).$$

• L'abscisse curviligne et **l'abscisse angulaire** sont telles que :  $\boxed{s = R \cdot \theta}$

R et s en m et  $\theta$  en rad.

La vitesse angulaire  $\omega$  d'un point d'un solide en rotation autour d'un axe est donnée par

l'expression :  $\omega = \frac{\delta\theta}{\delta t}$   $\omega$  en rad.  $s^{-1}$ ,

• La vitesse linéaire  $v$  du point mobile est telle que :  $v = R \cdot \omega$

( $v$  en m.  $s^{-1}$ ,  $R$  : rayon de la trajectoire en m et  $\omega$  en rad.  $s^{-1}$ )

### 1.3 Cas de la rotation uniforme :

a) Définition:

La rotation d'un solide est uniforme si la vitesse angulaire  $\omega$  est constante.

b) Période:

La période du mouvement est la durée  $T$  d'un tour :  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ . Avec  $\omega$  en rad.  $s^{-1}$  ;  $T$  en s.

c) Fréquence:

La fréquence  $N$  du mouvement est le nombre de tours effectués en une seconde :

$$N = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

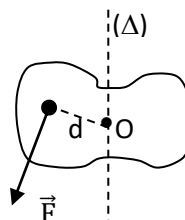
$N$  en hertz (Hz) ou **tour par seconde** (tr.  $s^{-1}$ ).

## 2. MOMENT D'UNE FORCE PAR RAPPORT A UN AXE FIXE

2.1. Définition :

Le moment par rapport à un axe, d'une force appliquée à un solide mesure sa capacité à faire tourner le solide autour de l'axe. Il s'exprime en newton-mètre (N.m).

Il a pour expression  $M_{\Delta}(\vec{F}) = Fd$ .  $F$  est l'intensité de la force et  $d$  la distance entre la force et l'axe de rotation (le bras de levier).



2.2 Théorème des moments :

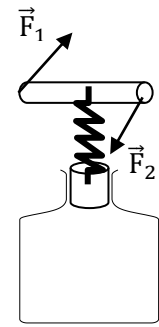
Un solide mobile autour d'un axe fixe  $\Delta$  est en équilibre si la somme des moments des forces extérieures qui s'exercent sur lui, par rapport à cet axe, est nulle

$$\Sigma M_{\Delta}(\vec{F}) = 0$$

### 3. COUPLE DE FORCES

#### 3.1. Définition :

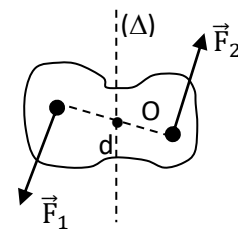
On appelle **couple de forces**, l'ensemble de deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  non colinéaires, de même direction, de même intensité et de sens contraires.



#### 3.2. Moment d'un couple :

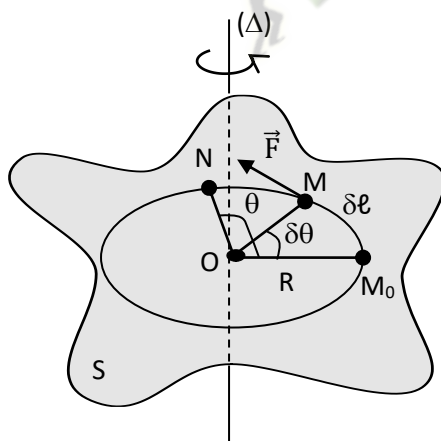
Le moment d'un couple de forces, d'intensité  $F$  et dont les droites d'action sont distantes de  $d$ , a pour expression :  $M_{\Delta C} = F \cdot d$

- $M_{\Delta C} > 0$  si le couple entraîne le solide dans le sens + choisi.
- $M_{\Delta C} < 0$  si le couple entraîne le solide dans le sens contraire.



### 3. TRAVAIL D'UNE FORCE ORTHOGONALE A L'AXE DE ROTATION

#### 3.1. Travail élémentaire :



Le point d'application de  $\vec{F}$  passe de  $M_0$  à  $M$  sur le cercle  $(C)$ .  
On note :

•  $\delta W = \vec{F} \cdot \overline{M_0 M} = \vec{F} \cdot \delta \vec{\ell} = F \cdot M_0 M$  car  $\vec{F}$  et  $\overline{M_0 M}$  ont même direction et même sens.

• Pour calculer  $M_0 M$ , on l'assimile à l'arc  $\widehat{M_0 M}$  :

$M_0 M \approx \widehat{M_0 M} = R \cdot \delta \theta$  (avec  $\delta \theta$  en rad et  $R$ , rayon du cercle  $C$ ).

•  $\delta W = F \cdot M_0 M = F \cdot R \cdot \delta \theta$ . Mais le produit  $F \cdot R$  est le moment de  $\vec{F}$  par rapport à  $\Delta$ .

$$: \boxed{W(\vec{F}) = M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \theta} \quad (\theta \text{ en rad}).$$

### 3.3. Travail d'un couple :

Pour une rotation  $\theta$  et un couple de moment constant, le travail du couple est :

$$\boxed{W_C = M_C \cdot \theta}$$

### 4. Puissance d'une force appliquée à un solide en rotation :

#### 4.1. Puissance moyenne :

Si une force (ou un couple de forces) effectue en un temps  $\Delta t$ , un travail  $W$ , sa puissance moyenne est définie par :

$$\boxed{P_m = \frac{W}{\Delta t}}$$

#### 4.2. Puissance instantanée :

##### a) Cas d'une force en rotation :

$$\Rightarrow \boxed{p = M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \omega}$$

- $p$  en W ;  $M_{\Delta}(\vec{F})$  en N.m et  $\omega$  en rad. s<sup>-1</sup>.

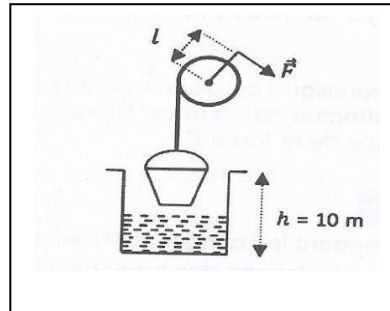
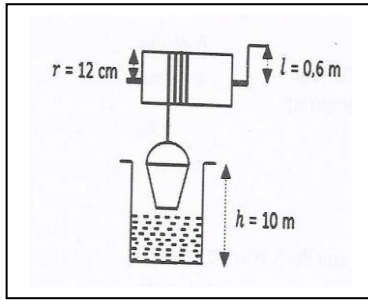
##### b) Cas d'un couple de forces :

$$p = \frac{\delta W_C}{\delta t} = M_C \cdot \frac{\delta \theta}{\delta t} = M_C \cdot \omega \Rightarrow \boxed{p = M_C \cdot \omega}$$

### 3-SITUATION D'EVALUATION

Pour recueillir de l'eau chaque matin avant d'aller à l'école, ta camarade de classe Akissi utilise un treuil constitué d'un tambour et d'une manivelle, installé sur le puits dans la cour qu'elle habite.

Afin de faire tourner le tambour de rayon  $r$  et remonter le seau d'eau de masse  $m=8\text{kg}$  sur une hauteur  $h$ , Akissi exerce une force  $\vec{f}$  perpendiculaire à la manivelle de longueur  $l$  pendant 15s, à vitesse constante (voir schéma ci-dessous)



En utilisant comme intensité de la pesanteur  $g=10\text{N/kg}$ , tu veux déterminer l'intensité de la force qu'elle exerce sur la manivelle du treuil.

1- Fais l'inventaire des forces appliquées :

1-1-au seau d'eau

1-2- au treuil

2-

2-1- Représente sur le schéma b), les forces appliquées au seau et au treuil

2-2- Énonce le principe de l'inertie relativement au mouvement du treuil.

3- Détermine l'intensité  $f$  de la force exercée sur la manivelle

4

4-1- Calcule le travail du poids du seau d'eau.

4-2- Déduis-en le nombre de tours effectués par le tambour pour remonter le seau d'eau

## EXERCICES

### Exercice 1

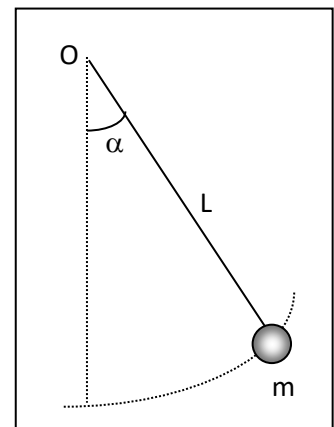
Un pendule simple est constitué d'une bille de masse  $m = 30\text{ g}$  suspendue par un fil de masse négligeable et de longueur  $L = 50\text{ cm}$ . On écarte le pendule d'un angle  $\alpha = 30^\circ$  par rapport à la verticale puis on le lâche.

1. Fais le bilan des forces qui s'exercent sur la bille et les représenter. On négligera l'action de l'air.

2. Calcule le travail du poids entre la position initiale et la position verticale et dis si ce travail est- moteur ou résistant.

On prendra  $g = 9,8\text{ N/kg}$ .

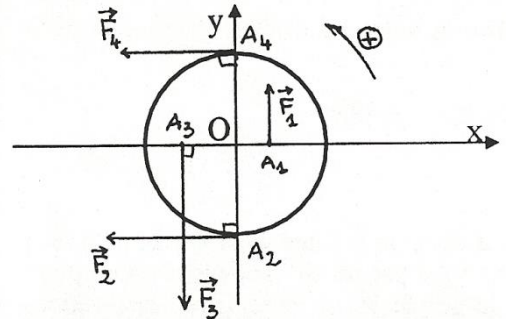
3. Déduis le travail de la tension du fil.



### Exercice 2

La roue (R) ci-dessous, de rayon  $R=1\text{m}$ , tourne autour de l'axe horizontal O sous l'effet des quatre forces  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$ ,  $\vec{F}_3$  et  $\vec{F}_4$  comme l'indique la figure :

On donne :  $OA_1=40\text{cm}$  ;  $OA_3=60\text{cm}$  ;  $F_1=10\text{N}$  ;  $F_2=25\text{N}$  ;  $F_3=30\text{N}$  ;  $F_4=20\text{N}$ .



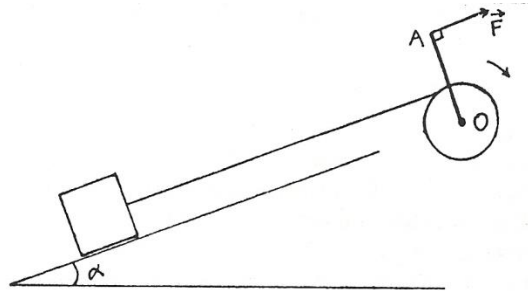
1. Calcule le moment de chacune des forces par rapport à l'axe O.
2. Montre que la roue n'est pas en équilibre. En déduire son sens de rotation.
3. La roue tourne à raison de 48 tours par minute. Calcule la vitesse linéaire de chacun des points.
4. A la date  $t = 0\text{s}$ ,  $(A_1A_3)$  passe par l'axe horizontal (Ox) prise comme origine des abscisses angulaires.
  - 4.1 Détermine à cette date l'abscisse angulaire de chacun des points. En déduire leur abscisse curviligne.
  - 4.2 Détermine l'expression de l'abscisse angulaire de chaque point à une date  $t$  quelconque. En déduis en celle de l'abscisse curviligne.

### EXERCICE 3

Un treuil est constitué d'une poulie de rayon  $R$  solidaire d'une manivelle OA de longueur  $\ell$ . Une force  $\vec{F}$  d'intensité constante, s'exerçant perpendiculairement en A à OA, permet de faire monter une charge  $m$  sur un plan incliné.

On donne :  $\alpha=20^\circ$  ;  $m=50\text{kg}$  ;  $\ell =0,5\text{m}$  ;  $h=10\text{cm}$  ;  $g=10\text{N/kg}$ .

La charge monte à la vitesse constante  $v=0,5\text{ m/s}$ .



1.
  - 1.1 Fais le bilan des forces qui s'exercent sur le treuil puis donne l'expression du moment par rapport à l'axe de rotation
  - 1.2 Calcule l'intensité de la force  $\vec{F}$ .
  - 1.3 Calcule la vitesse angulaire de rotation du treuil.
2.
  - 2.1 détermine la puissance développée par la force  $\vec{F}$
  - 2.2 Calcule le travail de  $\vec{F}$  au bout de 20 tours de manivelle.
  - 2.3 Détermine pendant ce temps, la longueur L parcourue par la charge.

# TITRE DE LA LECON : ENERGIE CINÉTIQUE

## 1-SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un groupe d'élèves de 1<sup>ère</sup> C du Lycée Leboutou assiste à un accident devant le portail principal. Un véhicule roulant à vive allure vient percuter violemment un pilier. Le véhicule a causé d'importants dégâts matériels et est complètement froissé. L'un des élèves affirme que l'importance de ces dégâts est dû au fait que le véhicule possédait une énergie cinétique très grande au moment du choc. Pour en savoir davantage, les élèves décident avec leurs camarades de classe de s'informer sur l'énergie cinétique d'un solide en mouvement, de connaître son expression et d'appliquer le théorème de l'énergie cinétique.

## 1. ENERGIE CINÉTIQUE :

### 1.1. Définition :

L'énergie cinétique d'un solide est l'énergie qu'il possède du fait de sa vitesse.

### 1.2 Energie cinétique d'un solide en translation :

Un point matériel M de masse m animé dans un repère donné de la vitesse  $\vec{v}$  de norme v possède l'énergie cinétique  $E_c$  :  $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ .

**Unités** : m en kg ; v en m. s<sup>-1</sup> ;  $E_c$  en joules (J).

### **Energie cinétique d'un ensemble de points matériels :**

Soit un ensemble de points matériels  $M_1, M_2, \dots, M_i, \dots, M_n$  de masses respectives  $m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_n$  et dont les vitesses, à l'instant considéré valent  $v_1, v_2, \dots, v_i, \dots, v_n$ .

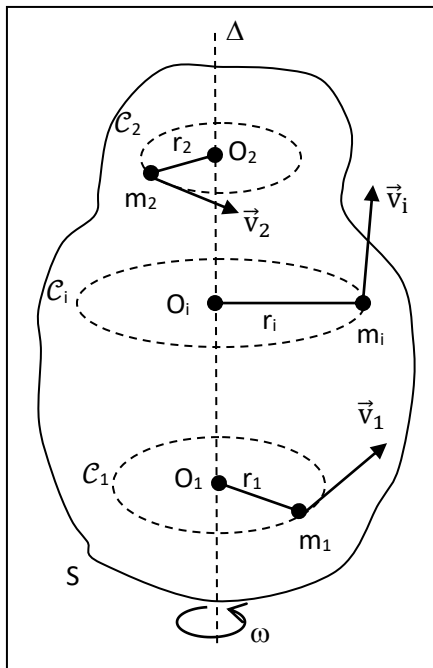
L'énergie cinétique, à l'instant considéré, de l'ensemble des points est la somme des énergies cinétiques de chacun d'eux.

• Pour le point  $M_i(m_i, v_i)$  :  $E_{c_i} = \frac{1}{2}m_i.v_i^2$

• Pour l'ensemble des points :  $E_c = \sum E_{c_i} = \sum \frac{1}{2}m_i.v_i^2$

### 1.3. Energie cinétique de rotation (pour la 1ère C)

#### 131) Expression :



Le solide S est en rotation autour de l'axe fixe  $\Delta$  et on le considère comme un ensemble de points matériels. Le point  $M_i$  de masse  $m_i$  se déplace sur le cercle  $\mathcal{C}_i$  dont le plan est perpendiculaire à  $\Delta$ . Le centre de  $\mathcal{C}_i$  est  $O_i$  et le rayon  $O_i M_i = r_i$ .

A l'instant considéré, la vitesse angulaire de S est  $\omega$  et tous les points de S ont la même vitesse angulaire  $\omega$ .

- L'énergie cinétique du point  $M_i$  est :

$$E_{c_i} = \frac{1}{2} m_i \cdot v_i^2 = \frac{1}{2} m_i \cdot (r_i \cdot \omega)^2 = \frac{1}{2} m_i \cdot r_i^2 \omega^2 \text{ car}$$

$$v_i = r_i \cdot \omega$$

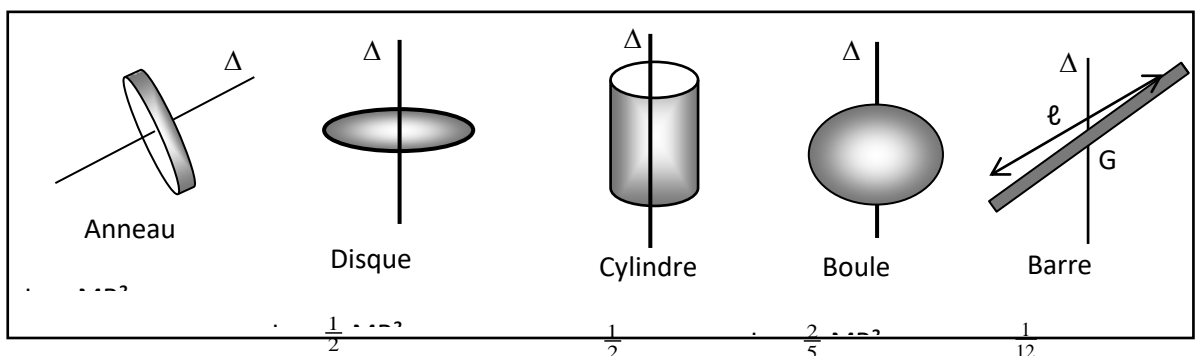
- L'énergie cinétique du solide S est :

$$E_c = \sum E_{c_i} = \sum \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \sum \frac{1}{2} m_i \cdot (r_i \cdot \omega)^2 = \frac{1}{2} \omega^2 \sum m_i \cdot r_i^2 ; \text{ car } \omega \text{ est le même pour tous les points du solide.}$$

**Conclusion** : L'énergie cinétique d'un solide de masse M mobile autour d'un axe fixe ( $\Delta$ ), à un instant où sa vitesse angulaire est  $\omega$  est :  $E_c = \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \omega^2$

- $E_c$  : énergie cinétique en joules (J) ;
- $\omega$  : vitesse angulaire en  $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- $J_{\Delta}$  : moment d'inertie par rapport à  $\Delta$  en  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ .

#### 132) Moments d'inertie de quelques solides homogènes :



- M : masse du solide ;
- R : rayon du solide.

## **2. THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE:**

### **2.1. Théorème de l'Energie Cinétique**

Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique, entre deux instants  $t_1$  et  $t_2$ , d'un solide est égale à la somme algébrique des travaux des forces extérieures qui s'exercent sur le solide entre ces deux instants :

$$\Delta E_c = \sum W_{12}(\vec{F})$$

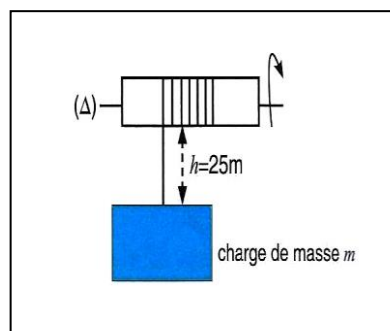
### **2.4. Méthode d'étude :**

Avant d'appliquer le théorème de l'énergie cinétique, il faut :

- ❶ Préciser le système
- ❷ Préciser les différentes forces qui s'exercent sur le système.
- ❸ Préciser les deux instants entre lesquels on applique le théorème

## **3-SITUATION D'EVALUATION**

Revenant d'une compétition sportive un mercredi après-midi, Pokou élève en classe de 1<sup>ère</sup> C observe sur un chantier de construction de bâtiment, un treuil motorisé en train de soulever une charge. La charge de masse  $m=60\text{kg}$  est remontée à une vitesse notée  $V$ , sur une hauteur  $h=25\text{m}$  (voir schéma ci-dessous).



Le moteur qui n'est pas représenté sur le schéma, fait tourner le tambour du treuil qui passe du repos à la vitesse de 20 tours par minute au moment où la remontée de la charge prend fin. Le tambour est un cylindre homogène d'axe ( $\Delta$ ), de masse  $M=40\text{kg}$  et de rayon  $R=20\text{cm}$ .

Les masses de la corde et de la manivelle, ainsi que les forces de frottements sont négligés.

Sachant que le moment d'inertie du cylindre de masse  $M$  et de rayon  $R$  par rapport à son axe a pour expression  $J_{\Delta}=\frac{1}{2}MR^2$ ; et en prenant comme valeur de l'intensité de la pesanteur  $g=10\text{N/kg}$ ; tu te proposes d'aider Pokou à évaluer le travail de la force motrice qui fait tourner le tambour.

- 1- Fais l'inventaire des forces appliquées :
  - 1-1 à la charge de masse  $m$  ;
  - 1-2 au tambour du treuil
- 2- Exprime à une date  $t$  quelconque, l'énergie cinétique :
  - 2-1 de la charge de masse  $m$  ;
  - 2-2 du tambour du treuil
- 3- Applique le théorème de l'énergie cinétique :
  - 3-1 au mouvement de la charge de masse  $m$  ;
  - 3-2 au mouvement du tambour du treuil.
- 4- Détermine le travail de la force motrice qui fait tourner le tambour du treuil pour la remontée de la charge.

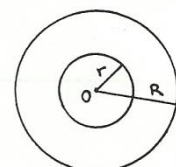
## 4-EXERCICES

### EXERCICE 1

On considère une couronne cylindrique homogène de rayon intérieur  $r=10\text{cm}$ , de rayon extérieur  $R=20\text{cm}$  et de hauteur  $h=5\text{cm}$ . Elle est mise en rotation autour de son axe  $\Delta$  à la vitesse de 6000 tr/min.

1. Calcule le moment d'inertie  $J_{\Delta}$  de la couronne. On montrera que  $J_{\Delta}$  peut se mettre sous la forme :

$$J_{\Delta}=a(R^2 - r^2), \text{ la constante } a \text{ dépendant de la masse volumique } \mu \text{ de la couronne et de } h.$$



2. Calcule l'énergie cinétique de rotation.

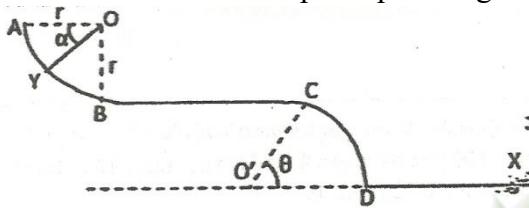
On donne  $\mu=7800 \text{ kg/m}^3$

## EXERCICE 2

Sur l'aire de jeu d'un jardin public, AKMEL glisse sur un toboggan formé de quatre parties (voir schéma) :

- AB est un quart de cercle de rayon  $r$  ;
- BC est une portion droite et horizontale de longueur  $2r$  ;
- CD est une portion circulaire de rayon  $R$  ;
- DX est une partie horizontale.

La position d'AKMEL est repérée par l'angle  $\alpha = \widehat{AOY}$  sur le trajet AB.



1. AKMEL part de A sans vitesse initiale. On assimilera son mouvement à celui d'un point matériel. On admettra l'existence d'une force de frottement d'intensité  $f$  le long du trajet ABC, de même direction que la vitesse mais de sens contraire. La portion CD est parfaitement lisse.
  - 1.1 Énonce le théorème de l'énergie cinétique.
  - 1.2 Recense et représente les forces qui agissent sur AKMEL au point Y.
  - 1.3 En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, détermine en fonction de  $f$ ,  $r$ ,  $m$ ,  $\alpha$  et  $g$  l'expression de la vitesse  $v_Y$  au point Y.
  - 1.4 Donne la valeur de  $\alpha$  au point B. En déduis l'expression de la vitesse  $v_B$  au point B en fonction de  $f$ ,  $r$ ,  $m$  et  $g$ .
  - 1.5 En appliquant le théorème de l'énergie cinétique entre les points B et C, détermine l'expression de la vitesse  $v_C$  au point C en fonction  $f$ ,  $r$ ,  $m$  et  $g$ .
2. En supposant la vitesse d'AKMEL nulle en C :
  - 2.1 Déduis de l'expression de  $v_C$ , celle de l'intensité de la force de frottement  $f$ .
  - 2.2 Fais une application numérique.
  - 2.3 Détermine l'expression de la vitesse  $v_D$  au point D en fonction de  $g$ ,  $R$  et  $\theta$ .
  - 2.4 Détermine la distance parcourue par AKMEL sur la partie DX avant de s'immobiliser s'il y subit une force de frottement d'intensité  $f' = 0,3N$  opposée et parallèle au déplacement.

**Données** :  $m=60\text{kg}$  ;  $g=10\text{N.kg}^{-1}$  ;  $\theta=45^\circ$  et  $R=2\text{m}$ .

## EXERCICE 3

Le moment d'inertie d'un cylindre homogène de masse  $M$  et de rayon  $R$  par rapport à son axe de révolution vaut :  $J_\Delta = \frac{1}{2}MR^2$ .

1. Calcule le moment d'inertie  $J_\Delta$  d'un cylindre d'acier de diamètre  $d = 50 \text{ mm}$  et de hauteur  $h = 50 \text{ cm}$  ?

• Masse volumique de l'acier :  $\rho = 7\,800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

2. Détermine l'énergie cinétique  $E_c$  du cylindre précédent lorsqu'il tourne autour de son axe de révolution à la fréquence de  $1200 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ ?

**EXERCICE 4:**

Une pierre est lancée verticalement, depuis le sol, à la vitesse  $V_0 = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

1. Calcule la hauteur à laquelle s'élève-t-elle.
2. Détermine sa vitesse après 1 m de montée.
3. Détermine sa vitesse quand elle touche le sol à son retour.

**EXERCICE 5 :**

Une automobile de masse  $m = 900 \text{ kg}$  monte une côte de pente 5 % à la vitesse constante  $V = 90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Les forces de frottements sont équivalentes à force unique d'intensité  $f = 200 \text{ N}$ .

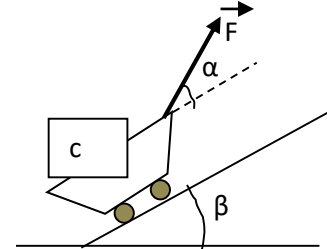
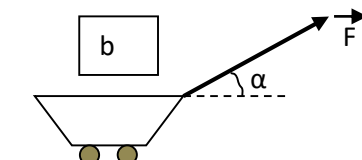
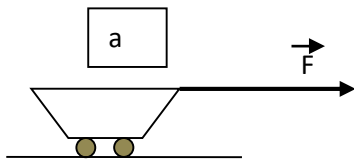
1. Déterminer l'intensité et la puissance de la force motrice.
2. Le moteur est coupé. Détermine la distance parcourue par l'automobile sur la côte avant de s'arrêter.

### **EXERCICE 3**

Un ouvrier tire un Wagonnet de masse  $m=200$  Kg à l'aide d'une corde sur laquelle il exerce une force  $\vec{F}$  d'intensité  $F=200$  N.

Calcule les travaux de la force  $\vec{F}$  et du poids  $\vec{P}$  du Wagonnet dans les cas suivants pour un déplacement  $L=20$  m.

**On donne** :  $\alpha =20^\circ$  ;  $\beta =15^\circ$  ;  $g=10$  N/Kg



## TITRE DE LA LECON : ENERGIE POTENTIELLE

### **1-SITUATION D'APPRENTISSAGE**

En partance pour l'école à 06h30, un groupe d'élèves de 1<sup>ème</sup> C du Lycée Leboutou assiste à une scène sur la côte menant au lycée. Un camion remorque chargé de billes de bois ne pouvant plus monter la côte, se met à descendre de plus en plus vite et se retrouve au bas de la côte. Ayant frôlé la catastrophe, les élèves, sous la supervision de leur professeur, décident avec leurs camarades de classe, de faire des recherches aux fins de définir et de connaître les expressions des différentes énergies potentielles, de les déterminer puis de connaître quelques-unes de leurs applications.

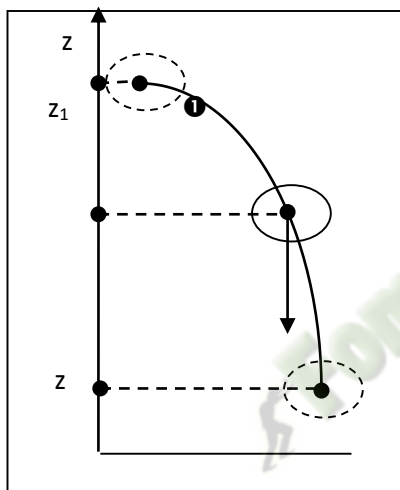
## 2-RESUME DU COURS

### 1. ENERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR :

#### 1.1. Définition :

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide est l'énergie qu'il possède du fait de sa position par rapport à la Terre.

#### 1.2. Expression :



Un solide S de masse  $m$  passe de la position ❶ à la position ❷ :

$$W_{12}(\vec{P}) = mgh = mg(z_1 - z_2) = \mathbf{mgz_1 - mgz_2.}$$

On peut dire que  $W_{12}(\vec{P})$  est égal à la différence des valeurs prises par une fonction  $E_p(z)$  entre la position ❶

(où  $z = z_1$ ) et la position ❷ (où  $z = z_2$ ) telle que :  $\mathbf{E_p(z) = mgz + cte}$

où la constante est arbitraire

#### Unité:

L'unité S.I d'énergie potentielle de pesanteur est **le joule (J)**

#### 1.3. Etat de référence :

La **position de référence** est la position du solide pour laquelle l'énergie potentielle de pesanteur est considérée comme nulle. Sa cote est notée  $Z_R$ .

L'expression de l'énergie potentielle est :

$$\Rightarrow \mathbf{E_p = mgz - mgz_0}$$

#### 1.4. Variations de l'énergie potentielle :

$$\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1} = (mgz_2 + cte) - (mgz_1 + cte) = mg(z_2 - z_1) = mg \cdot \Delta z \text{ soit}$$

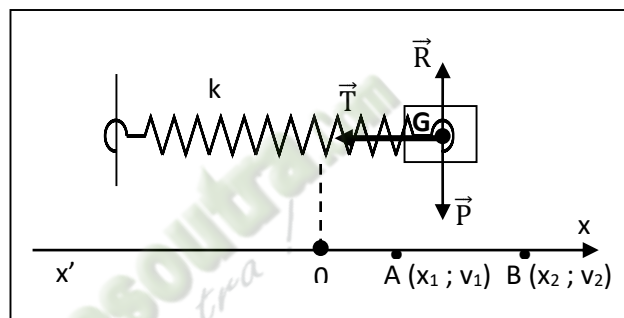
⇒  $\Delta E_p = mg \cdot \Delta z$  où  $\Delta z$  = variation de l'altitude  $z$ .

⇒  $\Delta E_p = - W(\vec{P})$

## 2. ENERGIE POTENTIELLE ELASTIQUE :

Un solide de masse  $m$  est accroché à un ressort de raideur  $k$ . L'ensemble constitue un **pendule élastique**.

Tirons le solide  $S$ , puis lâchons-le. Il se déplace sans frottement sur le plan horizontal.



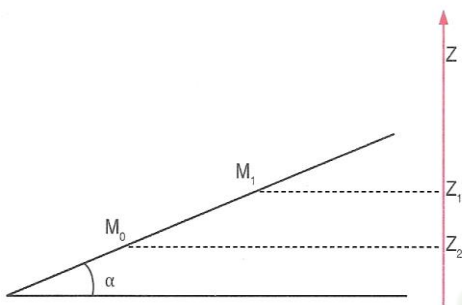
### • Définition :

L'énergie potentielle élastique du système solide-ressort est donnée par l'expression :  $E_{pe} = \frac{1}{2} k x^2$

$x$  : allongement (m) ;  $k$  : raideur en  $N \cdot m^{-1}$  ;  $E_{pe}$  en J.

### 3-SITUATION D'EVALUATION

Votre Professeur demande à ton groupe de travail d'étudier le mouvement d'un palet de masse  $m$  sur un plan incliné d'un angle  $\alpha=15^\circ$  avec l'horizontale. Il désire vous faire vérifier la relation entre la variation de l'énergie potentielle de pesanteur du palet et la somme des travaux des forces qui lui sont appliquées entre deux points  $M_0$  et  $M_1$ . Pour ce faire, un membre de ton groupe lance le palet vers le haut parallèlement à la ligne de plus grande pente (voir schéma ci-dessous).



#### Données

$M_0M_1=L=1,5\text{m}$  ;  $m=500\text{g}$  ; Le niveau de la position initiale ( $M_0$ ) du palet est pris comme niveau de référence des énergies potentielles de pesanteur ;  $g=9,8\text{N/kg}$ .

Tu es choisi comme rapporteur du groupe.

1

1-1 Donne l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du palet au point  $M_0$  puis au point  $M_1$ .

1-2 Détermine

1.2.1- la variation de l'énergie potentielle de pesanteur ( $\Delta E_p$ ) du palet entre les points  $M_0$  et  $M_1$ .

1.2.2- la somme algébrique des travaux ( $\sum W$ ) des forces appliquées au palet en supposant que le déplacement se fait sans frottements.

2. Etude comparative

2-1 Compare ( $\Delta E_p$ ) et ( $\sum W$ )

2-2 Conclus

## 4-EXERCICES

### EXERCICE 1

Un touriste de masse  $m=80\text{kg}$  escalade le mont Nimba jusqu'au sommet. Le sol est pris comme position de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

1- Détermine :

1.1 L'énergie potentielle de pesanteur du touriste à chaque station.

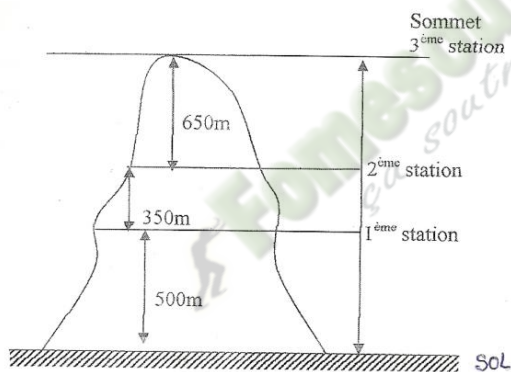
1.2 La variation d'énergie potentielle de pesanteur du touriste quand il passe du sol au sommet.

Le niveau de la seconde station constitue le nouvel état de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur.

2- Détermine :

2.1 L'énergie potentielle de pesanteur du touriste à chaque station.

2.2 La variation d'énergie potentielle de pesanteur du touriste quand il passe du sol au sommet.



### EXERCICE 2 :

Une pompe refoule de l'eau dans un réservoir situé à 6 m plus haut. Son débit est égal à  $100\text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ .

1. Calcule la variation d'énergie potentielle de pesanteur subie par 100 L d'eau à chaque minute.

2. Sachant que l'énergie correspondant à cette variation d'énergie potentielle est fournie par un moteur, calcule la puissance minimale du moteur.

### EXERCICE 3 :

Un pendule est constitué d'une sphère de masse  $m = 0,2 \text{ kg}$ , suspendue à un fil de longueur  $90 \text{ cm}$ . Ce pendule est écarté d'un angle égal à  $30^\circ$  par rapport à la verticale.

1. Calcule l'énergie potentielle de pesanteur du système {Terre- pendule} en prenant comme origine de l'énergie potentielle la position initiale, verticale, du pendule.

2. Calcule l'énergie cinétique du système lorsque le pendule repasse par la verticale.

#### **EXERCICE 4 :**

1-Cinthia visite la tour Eiffel. On prendra comme position de référence.

Masse de Cinthia :  $58 \text{ kg}$  ;

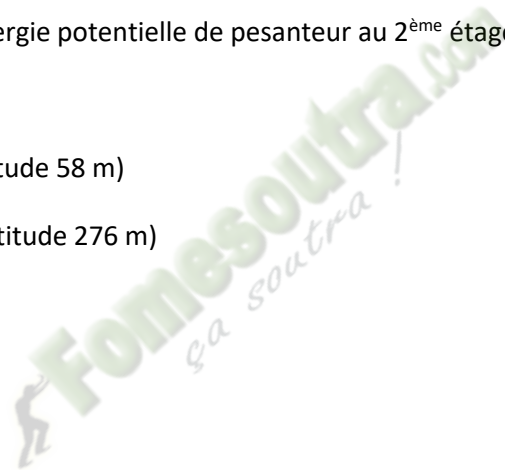
altitude du 2<sup>ème</sup> étage :  $116 \text{ m}$ .

1- Détermine son énergie potentielle de pesanteur au 2<sup>ème</sup> étage

1.1. Au sol.

1.2. Au 1<sup>er</sup> étage (altitude  $58 \text{ m}$ )

1.3. Au 3<sup>ème</sup> étage (altitude  $276 \text{ m}$ )



# ENERGIE MECANIQUE

## 1. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Ossey élève en 1<sup>ère</sup> au Lycée Moderne d'Adzopé, sait qu'un corps en mouvement possède deux formes d'énergies : l'énergie cinétique et l'énergie potentielle. La somme de ces deux énergies représente son capital énergétique ou son énergie mécanique. Son grand frère en Terminale, à Abidjan, l'informe au téléphone, que ce capital d'énergie, selon les forces qui s'exercent sur le solide, peut augmenter, diminuer ou rester constant.

Curieux d'en savoir d'avantage, il informe ses camarades de classe et ensemble, sous la conduite de leur professeur, ils se proposent de définir l'énergie mécanique d'un solide, de connaître l'énergie mécanique d'un système et d'appliquer la conservation de l'énergie mécanique

## 2. RESUME DE LA LECON

### ▪ Définition

L'énergie mécanique d'un système est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle.

$$E_m = E_C + E_P$$

L'énergie mécanique, comme l'énergie potentielle, est définie à une constante près.

### ▪ Expressions

- Système soumis unique à son poids  $\vec{P}$

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mgZ + Cte$$

- Système soumis à un ressort de raideur k.

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 + Cte$$

### ▪ Conservation de l'énergie mécanique

L'énergie mécanique d'un système isolé ou pseudo isolé se conserve. On dit que le système est conservatif.

$$\Delta E_m = 0 \quad \Leftrightarrow \quad (\Delta E_C = - \Delta E_P)$$

### ▪ Non-conservation de l'énergie mécanique

Lorsque le système est soumis à des forces non conservatives (Exemple : forces de frottement), son énergie mécanique ne conserve pas.

$$\Delta E_m = W(\vec{F}_{\text{non-conservatives}}) < 0$$

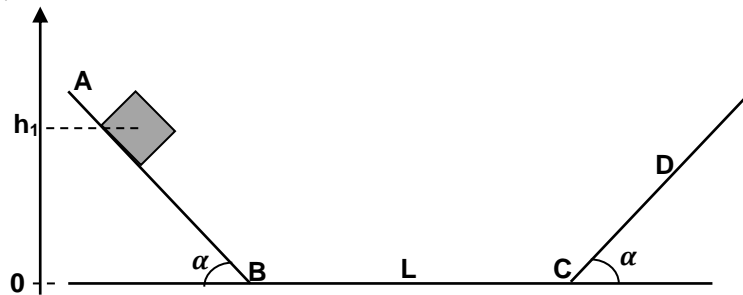
## 3. SITUATION D'EVALUATION

Ton ami étudie le mouvement d'un petit cube de masse  $m = 1 \text{ kg}$  et qui glisse le long du profil ABCD représenté ci-dessous. Les plans AB et CD sont inclinés du même angle  $\alpha = 30^\circ$  sur l'horizontale. Les déplacements du cube s'y effectuent sans frottement. Sur la partie horizontale BC, le cube est soumis à une force de frottement  $\vec{f}$ , parallèle au déplacement mais de sens opposé et d'intensité  $f = 3,92 \text{ N}$ .

Il lâche le cube sans vitesse sur le plan AB d'une position où le centre d'inertie est situé à la hauteur  $h_1 = 1 \text{ m}$  au-dessus du niveau BC.

Eprouvant des difficultés, il te sollicite pour l'aider dans cette étude.

Données :  $BC = L = 2 \text{ m}$ ;  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$ . Tu prendras l'énergie potentielle du cube égale à zéro lorsqu'il est en contact avec la partie BC.



- 1 - Donne l'expression de l'énergie potentielle du cube au départ.
- 2- Calcule au départ du mouvement,
  - 2-1 l'énergie potentielle  $E_p$  du cube.
  - 2-2 l'énergie mécanique  $E_1$  du cube.
- 3 - Détermine :
  - 3-1 l'énergie mécanique  $E_2$  du cube lorsqu'il arrive en C ;
  - 3-2 la vitesse du cube en C.
  - 3.3- la hauteur  $h_2$  à partir de laquelle le cube va faire demi-tour le long du plan CD.

## Solution

1 -  $E_{p1} = mgz = mgh_1$

2-1 Energie potentielle au départ du mouvement:  $E_{p1} = mgh_1 = 9,8 \text{ J}$ .

2-1 Energie mécanique au départ:  $E_1 = E_{C1} + E_{p1} \Rightarrow E_1 = 0 + E_{p1} = 9,8 \text{ J}$ .

3-1 Energie mécanique  $E_2$  en C:

• Entre A et B, le système (Cube + Terre) est conservatif car il n'y a pas de frottement d'où  $E_m(B) = E_1$ .

• Entre B et C, la variation de l'énergie mécanique due aux frottements est:  
 $\Delta E = E_2 - E_1 = W(\vec{f})$  or  $W(\vec{f}) = -f.L$  d'où :  
 $E_2 = E_1 - f.L = 1,96 \text{ J}$

3-2 Vitesse du cube en C

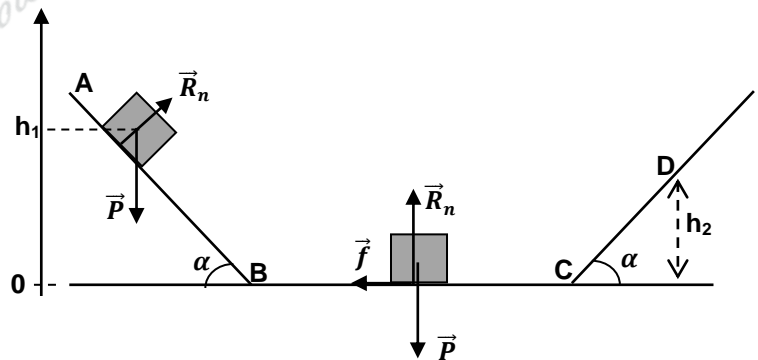
$E_2 = E_C(C) + E_p(C)$  or  $E_p(C) = 0$   
 d'où

$$E_2 = \frac{1}{2}mv_C^2 \Rightarrow v_C = \sqrt{\frac{2E_2}{m}} = 2 \text{ m.s}^{-1}.$$

4 - Hauteur  $h_2$ :

Entre C et le point d'arrêt le système est de nouveau conservatif car le déplacement s'effectue sans frottement. L'énergie mécanique  $E'_2$  au point de rebroussement est donc:

$$E'_2 = 0 + mgh_2 = E_2 \Rightarrow h_2 = \frac{E_2}{mg} = 0,2 \text{ m}.$$



## 4. EXERCICES / DOCUMENTATION

### Exercice 1

Une boule de masse  $m = 500 \text{ g}$ , est lancée verticalement avec une vitesse  $v = 5 \text{ m.s}^{-1}$ , d'une hauteur  $h = 3 \text{ m}$  par rapport au sol.

Calcule l'énergie mécanique de la boule à l'instant du lancement.

Donnée:  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ .

## Exercice 2

Un rocher de masse  $m = 300$  kg se détache d'une falaise. L'altitude initiale du rocher est  $H = 240$  m par rapport au niveau de la mer.

- 1 - Détermine l'énergie mécanique initiale de ce rocher par rapport au niveau de la mer
- 2 - Le rocher tombe en chute libre (résistance de l'air négligeable).
  - 2-1 Détermine l'énergie cinétique du rocher à l'altitude  $\frac{H}{4}$
  - 2-2 Calcule son énergie potentielle à cette altitude ainsi que sa vitesse.

## **Solutions**

### Exercice 1

Niveau de référence : le sol  $E_m = E_C + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = 21,25$  J.

### Exercice 2

#### 1 - Energie mécanique initiale du rocher

$$E_{mi} = E_{Ci} + E_{pi} = 0 + mgH \Rightarrow E_{mi} = mgH = 720 \text{ kJ}$$

#### 2 - a) Détermination de l'énergie cinétique du rocher

Le système (terre + rocher) est conservatif  $\Rightarrow E_m$  reste constant:  $\Rightarrow E_{mi} = E_m\left(\frac{H}{4}\right)$   
 $\Rightarrow mgH = E_C\left(\frac{H}{4}\right) + mg\frac{H}{4} \Rightarrow E_C\left(\frac{H}{4}\right) = mg\left(H - \frac{H}{4}\right) = \text{Erreur ! } mgH \quad E_C\left(\frac{H}{4}\right) = 540 \text{ kJ.}$

#### b) Energie potentielle à l'altitude $\frac{H}{4}$

$$E_p = mg\frac{H}{4} = 180 \text{ kJ} \text{ ou encore } E_p = E_{mi} - E_C\left(\frac{H}{4}\right) = 720 - 540 = 180 \text{ kJ.}$$

#### Vitesse du rocher à l'altitude $\frac{H}{4}$

$$E_C\left(\frac{H}{4}\right) = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{4}mgH \Rightarrow v = \sqrt{\frac{3}{2}gH} = 60 \text{ m.s}^{-1}.$$

## TITRE DE LA LECON : CHAMP ÉLECTROSTATIQUE

### 1-Situation d'apprentissage

Pendant la saison des pluies, à Dabou, Essoh, élève en classe de 1èreC au Lycée Moderne Léboutou Dabou, voit des éclairs illuminer le ciel. Craintif, il veut comprendre le phénomène. Approché, son aîné décrit évasivement que cela est dû à une décharge entre pôles de nuages chargés et qu'il existe des champs électrostatique entre ces nuages. Voulant en savoir davantage, il entreprend avec ses camarades de classe, sous la conduit de leur professeur, de définir l'espace champ électrostatique, de connaitre ses caractéristiques, de représenter les lignes de champ électrostatique et de déterminer les caractéristiques du vecteur champ électrostatique uniforme.

### 2-RESUME DU COURS

#### -I FORCE ÉLECTROSTATIQUE :

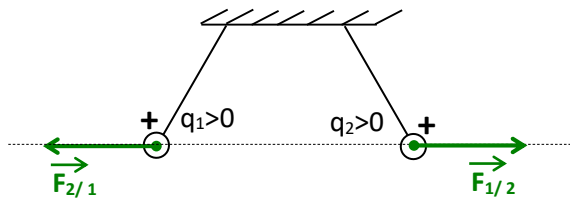
##### Interactions et forces :

\* Deux corps électrisés exercent l'un sur l'autre des forces à distance appelées **forces électrostatiques**.

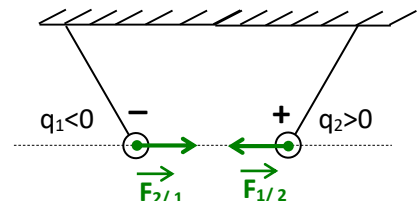
II –  
LE

\* Deux charges électriques de même signe se repoussent.

Deux charges électriques de signes opposés s'attirent.



Forces répulsives :



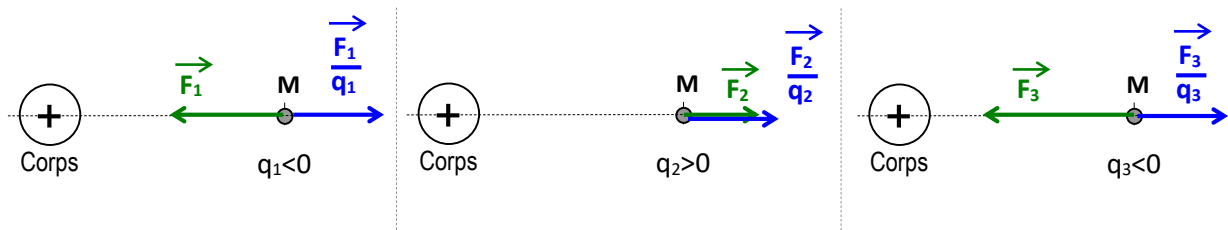
Forces attractives :

### CHAMP ÉLECTROSTATIQUE :

#### 1 – Mise en évidence :

\* Plaçons en un point (M) au voisinage d'un corps électrisé, différentes particules chargées.

\* Représentons les forces électriques  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  et  $\vec{F}_3$  subies par les particules.



\* Représentons les vecteurs  $\frac{\vec{F}_1}{q_1}$ ,  $\frac{\vec{F}_2}{q_2}$  et  $\frac{\vec{F}_3}{q_3}$ .

$q_1 < 0 \Rightarrow \vec{F}_1$  et  $\frac{\vec{F}_1}{q_1}$  ont même direction et sont de sens opposés.

$q_2 > 0 \Rightarrow \vec{F}_2$  et  $\frac{\vec{F}_2}{q_2}$  ont même direction et même sens.

$q_3 < 0 \Rightarrow \vec{F}_3$  et  $\frac{\vec{F}_3}{q_3}$  ont même direction et sont de sens opposés.

\* Les vecteurs  $\frac{\vec{F}_1}{q_1}$ ,  $\frac{\vec{F}_2}{q_2}$  et  $\frac{\vec{F}_3}{q_3}$  ont la même direction et le même sens.

On montre par ailleurs qu'ils ont même valeur.

\* On peut donc noter :  $\vec{E}_{(M)} = \frac{\vec{F}_1}{q_1} = \frac{\vec{F}_2}{q_2} = \frac{\vec{F}_3}{q_3}$

avec  $\vec{E}_{(M)}$  un vecteur lié au point (M) et indépendant des charges électriques placées en (M).

$\vec{E}_{(M)}$  est appelé le vecteur champ électrostatique au point (M).

## 2 – Définition :

En tout point (M) au voisinage d'un corps électrisé, il existe un vecteur champ électrostatique noté  $\vec{E}_{(M)}$ .

Une particule de charge électrique (q) placée au point (M) subit la force électrostatique  $\vec{F}$

telle que :  $\vec{F} = q \times \vec{E}_{(M)} \Leftrightarrow \vec{E}_{(M)} = \frac{\vec{F}}{q}$

## 3 – Caractéristiques de $E_{(M)}$ :

\* Point d'application : le point M.

\* Direction : colinéaire à  $\vec{F}$ .

\* Sens : si  $q > 0$  : même sens que  $\vec{F}$ .

si  $q < 0$  : sens opposé à  $\vec{F}$ .

\* valeur :

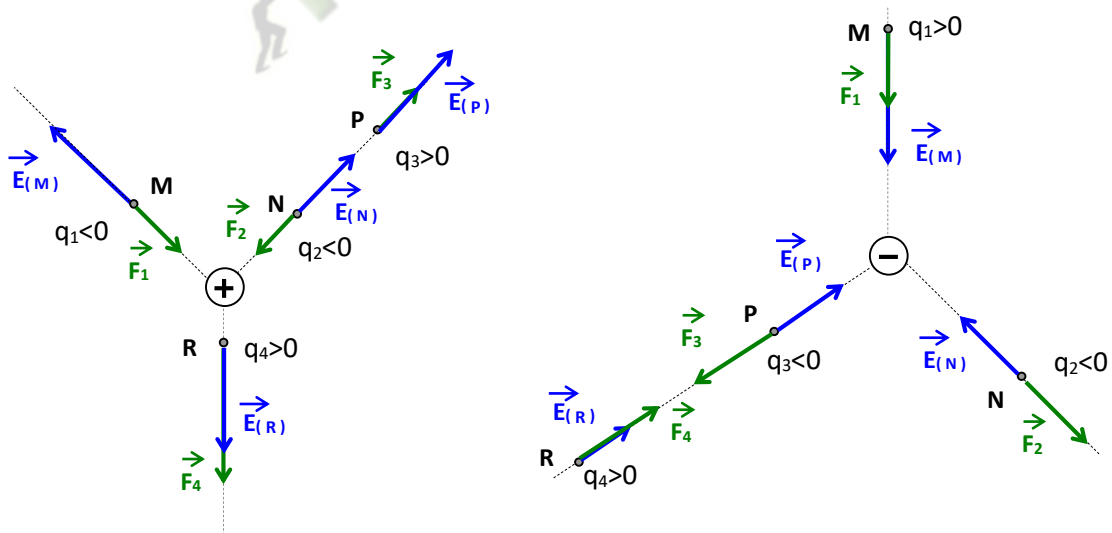
$$\|\vec{E}_{(M)}\| = \frac{\|\vec{F}\|}{|q|} \Leftrightarrow \boxed{E = \frac{F}{|q|}} \begin{array}{l} \text{N} \\ \text{C} \end{array}$$

$V/m \text{ ( } V.m^{-1} \text{ )}$

Remarque :  $\vec{F} = q \times \vec{E}_{(M)}$   $\Leftrightarrow$   $\boxed{F = |q| \times E}$

$\begin{array}{ccc} \text{N} & \text{C} & \text{V/m} \end{array}$

Exercice : Représentons qualitativement les vecteurs force et champ électrostatiques autour des corps électrisés suivants.

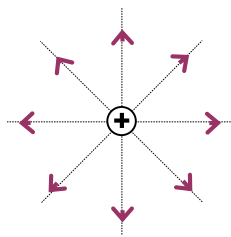


### III – LIGNES DE CHAMP ÉLECTROSTATIQUE :( OU SPECTRE ELECTROSTATIQUE )

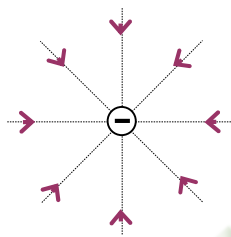
### 1 – Définition :

C'est l'ensemble des lignes tangentes aux vecteurs champs électrostatiques en chaque point de l'espace. Ces lignes sont orientées dans le sens des vecteurs champs électrostatiques.

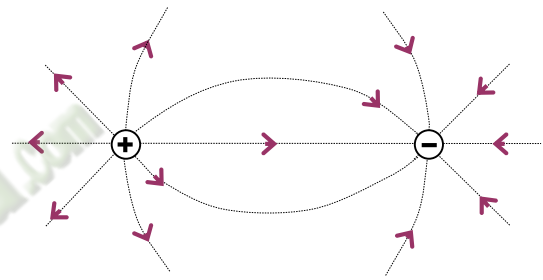
### 2 – Exemples :



Spectre radial divergent :



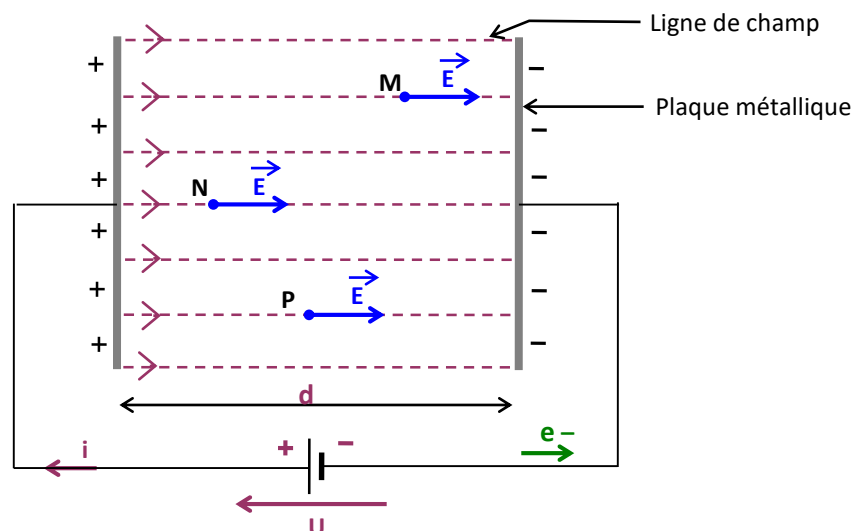
Spectre radial convergent :



Spectre de deux charges ponctuelles :

### 3 – Champ uniforme :

**Obtention :** On applique une tension électrique entre deux plaques métalliques parallèles. Les charges électriques accumulées sur les plaques créent un espace champ électrostatique uniforme.



**Caractéristiques :**

\* Les lignes de champ sont : - parallèles entre elles ;

- perpendiculaires aux plaques ;

- dirigées de la plaque positive vers la plaque négative.

\* En tout point le vecteur champ électrostatique **E** est le même et a pour caractéristiques :

- Direction : perpendiculaire aux plaques,

- Sens : dirigé de la plaque positive vers la plaque négative,  $\rightarrow$

- Valeur :

$$E = \frac{U}{d}$$

$v/m$  (pointing to E),  $v$  (pointing to U),  $m$  (pointing to d)

**U** : la tension appliquée entre les plaques.

**d** : la distance entre les plaques.

### 3-SITUATION D'EVALUATION

Dans le but de déterminer les caractéristiques du vecteur-champ électrostatique et la tension du fil lorsque la boule est sous l'effet de ce champ.

le professeur met à la disposition de ton groupe pendant la séance de TP, un pendule qui porte une boule de masse  $m=2,5g$ , chargée positivement, placé dans un champ électrostatique uniforme horizontal de valeur  $10^4$  V/m. Le fil s'écarte d'angle de  $30^\circ$  de la verticale.

**Données** : la charge de la boule  $q=0,5\mu C$  ;  $g=10N/kg$

Tu es le rapporteur du groupe.

1-Définis le champ électrostatique.

2- Détermine l'intensité

2.1. F de la force électrostatique exercée sur la boule ;

2.2- T de la tension du fil

3-Déduis-en les caractéristiques du vecteur-champ électrostatique.

4- Détermine la valeur de l'angle  $\alpha$  que fait le fil avec la verticale, si l'intensité du champ est doublée.

5- Calcule dans ce cas la valeur de la tension du fil.

### 4-EXERCICES

#### EXERCICE1

Définis :

1-l'espace champ électrostatique.

2-le vecteur champ électrostatique.

3-une ligne de champ.

#### Exercice 2

1- Calcule la valeur F de la force électrostatique subit par un électron se trouvant dans un champ électrostatique de valeur  $E=100V/m$ .

2-Compare cette valeur au poids de l'électron

3-Conclus

**Données :** Electron :  $m_e=9,1.10^{-31}$  kg ;  $q=-e=-1,6.10^{-19}$  C ;  $g=10$ N/kg

**EXERCICE3 :**

Soit un carré ABCD. On place respectivement les charges  $-q_0$ ,  $q_0$ ,  $q_0$  et  $-q_0$  respectivement en A, B, C et D. Une charge  $q_0$  crée au centre O du carré, un champ électrique d'intensité  $900 \text{ V.m}^{-1}$ .

1- Détermine:

1.1. les caractéristiques du vecteur champ électrique au point O.

1.2. le support et le sens du vecteur champ électrique en M et N, milieux de [AB] et [CD].

**EXERCICE 4 :**

En un point M d'un espace champ électrostatique, une force  $\vec{F}$  d'intensité  $2.10^{-6}$  N s'exerce sur une charge test  $q = 3 \text{ nC}$ .

1. Calcule l'intensité  $E_M$  de  $\vec{E}_M$ .

2. Détermine l'intensité  $F$  de la force  $\vec{F}'$  s'exerçant sur une charge test  $q' = -9 \text{ nC}$  placée au même point.

**EXERCICE 5 :**

Soit une distribution de charges ponctuelles constituées de trois charges identiques positives, placée aux sommets  $S_1$ ,  $S_2$  et  $S_3$  d'un triangle équilatéral.

1. Détermine

1.1- le vecteur champ électrique en O, centre du triangle équilatéral.

1.2- le support et le sens du vecteur champ électrique en M, milieu d'un côté du triangle équilatéral.

## TITRE DE LA LECON : ENERGIE POTENTIELLE ÉLECTROSTATIQUE :

### 1-Situation d'apprentissage

Dans un documentaire à la télévision, Agnéro, élève en classe de 1èreC au Lycée Dominique Tiapani Dabou, apprend que : « Le mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme est analogue au mouvement d'une particule de masse  $m$  dans un champ de pesanteur. A partir du travail du poids, on définit l'énergie potentielle de pesanteur, de même l'énergie potentielle électrostatique est définie à partir de la force électrostatique. » Très intéressé par le sujet, Agnéro veut davantage s'informer. Il se propose avec ses camarades de classe, sous la conduite de leur professeur, de connaître l'expression du travail de la force électrostatique dans un champ uniforme, de connaître l'expression de l'énergie potentielle électrostatique et d'utiliser ces relations.

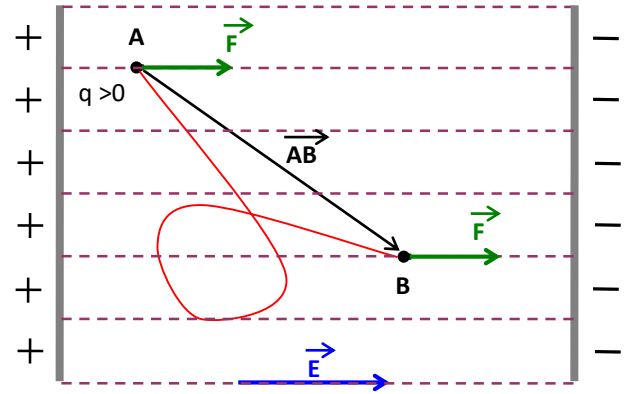
### 2-RESUME DU COURS

#### I – TRAVAIL D'UNE FORCE ÉLECTROSTATIQUE :

Une particule de charge électrique ( $q$ ), placée dans un champ électrostatique  $\vec{E}$  uniforme,

subie la force électrostatique  $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ .

Lorsque la force se déplace du point A au point B, le travail de la force  $\vec{F}$  est :



$$\boxed{W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} = \vec{F} \cdot \vec{AB} = q \times \vec{E} \cdot \vec{AB}} \Rightarrow \boxed{W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} = q \times E \times AB \times \cos(\vec{E}, \vec{AB})}$$

→
J
C
V/m
m

## II – DIFFÉRENCE DE POTENTIELS : ddp

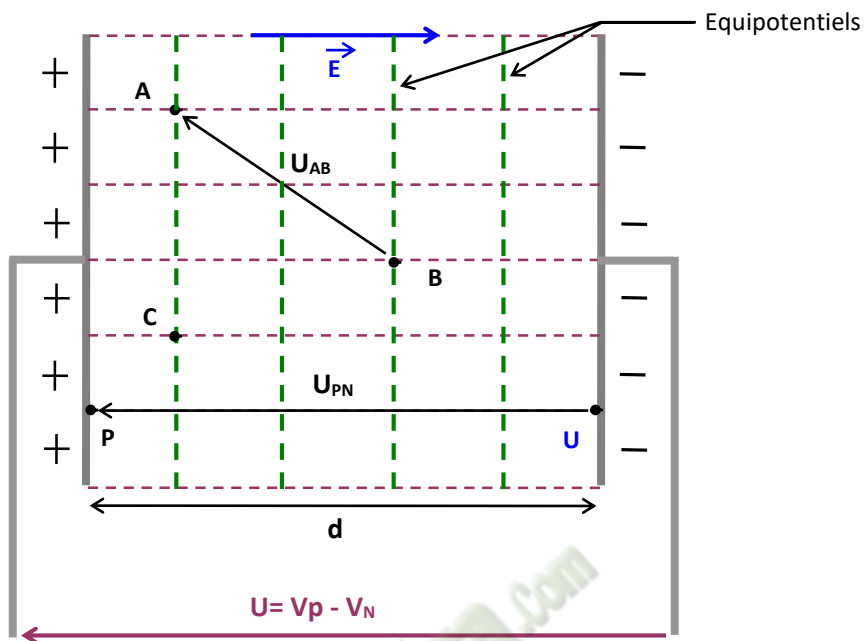
### 1 – Définition :

Dans un champ électrostatique  $\vec{E}$  uniforme, la différence de potentiels ( ddp ou la tension ) entre deux point A et B est donnée par la relation :

$$\boxed{V_A - V_B = U_{AB} = \vec{E} \cdot \vec{AB}}$$

$$\boxed{V_A - V_B = E \times AB \times \cos(\vec{E}, \vec{AB})}$$

V
V/m
m



## 2 – Sens de $\vec{E}$ :

Le champ  $\vec{E}$  est dans le sens des potentiels décroissants.

## 3 – Les équipotentiels :

Une équipotential est l'ensemble des points qui ont le même potentiel électrostatique.

Les équipotentiels sont des droites perpendiculaires aux lignes de champ.



## 2 – Energie mécanique :

En tout point de l'espace champ électrostatique  $\vec{E}$ , l'énergie mécanique d'une particule de charge ( q ), de masse ( m ) et de vitesse  $v$ , est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle électrostatique.

$$\mathbf{E_M = E_C + E_T}$$

$$\mathbf{E_M = \frac{1}{2} m v^2 + qV}$$

## 3 – Autre unité de l'énergie : électron Volt ( e.V )

$$1\text{eV} = 1 \times ( 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ) \times ( 1\text{V} ) = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\mathbf{1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

### 3-SITUATION D'ÉVALUATION

Ton voisin de classe découvre dans une revue scientifique que par temps d'orage, on observe la formation de nuages appelés cumulo-nimbus. Ces nuages ont une base quasiment horizontale, chargée négativement. Au voisinage de cette base, le sol se charge positivement. L'accumulation de charges électriques est telle que la valeur du champ peut dépasser 25KV/m

Sous le nuage le champ est si intense que l'air est ionisé, ce qui le rend beaucoup plus qu'habituellement. Une décharge électrique est donc possible : c'est l'éclair. La tension du sol est nulle et la tension de la base du nuage est  $U = -10^6 \text{ V}$ . Le champ sous le nuage peut être uniforme de valeur  $E = 25\text{KV/m}$  et  $h$  correspond à l'altitude du bas du nuage par rapport au sol. Ne se sentant pas assez outillé pour exploiter ces informations, il te sollicite pour l'aider à déterminer l'altitude de la base du nuage.

#### 1- Étude du champ électrique

1.1- Définis un vecteur champ électrostatique.

1.2-Indique le sens du vecteur champ électrique entre le nuage et le sol.

1.3-Représente trois vecteurs champs électrostatiques entre le sol et la base du nuage

#### 2- Détermination de la hauteur h

2.1Ecris la formule donnant la valeur E d'un champ uniforme entre le sol et la base du nuage, en fonction de U et h.

2.2 Dédus-en l'altitude du bas du nuage par rapport au sol.

## 4-EXERCICES

### Exercice 1

Définis la différence de potentielle entre deux points M et N dans un champ électrique uniform  $\vec{E}$

### Exercice 2

Une différence de potentiel de 103 V est maintenue entre deux plaques conductrices identiques, parallèles distantes de 10cm. Une charge  $q=10^{-12}$  C se déplace entre les plaques d'un A situé à 1cm de la plaque positive, à un point B situé à 2cm de la plaque négative.

1-Calcule :

1.1-le champ électrique entre les deux plaques.

1.2- la ddp  $U_{BA}$

1.3-L'énergie potentielle de la charge q en A, puis en B, en prenant comme référence la plaque négative.

1.4-Le travail de la force électrostatique s'exerçant sur la charge q pour aller de A en B.

### **EXERCICE 3 :**

Détermine la tension U entre les armatures d'un condensateur plan pour que le champ électrostatique uniforme entre les armatures ait pour intensité  $E = 1\,200 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$  ?

•Distance entre les armatures :  $d = 2 \text{ mm}$ .

### **EXERCICE 4 :**

Une particule matérielle, portant la charge  $q = -10^{-12}$  C, est accélérée dans un champ électrostatique  $\vec{E}$ . Initialement au repos au point A, elle acquiert l'énergie cinétique  $E_c = 10^{-10}$  J au point B après avoir parcouru la distance  $d = 5 \text{ cm}$ .

Déduis de ce qui précède :

1. la valeur de la tension  $U_{AB}$  ;

2. l'intensité du champ- électrostatique  $\vec{E}$ .

**EXERCICE 5 :**

Un proton se déplace en ligne droite, dans le vide, de A vers B. Il passe en A à la vitesse  $V_A = 2\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ .

1. Calcule son énergie cinétique  $E_{CA}$ , en joules, puis en électrons- volts ?
2. Détermine la tension positive  $U$  à appliquer entre les points A et B, et dans quel sens, pour que le proton passe au point B à la vitesse  $V_B = 10\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  ?

•Données relatives au proton : masse :

$m = 1,67\cdot 10^{-27}\text{ kg}$  ; charge :  $+e = +1,6\cdot 10^{-19}\text{ C}$ .



## TITRE DE LA LECON : PUISSANCE ET ENERGIE ELECTRIQUE :

### 1-SITUATION D'APPRENTISSAGE

Koffi et Koné, élèves en classe de 1<sup>ère</sup> au lycée Akpa Gnagne Dabou, au cours d'une récréation, devant la salle de classe Koffi demande à son ami Koné : « De quoi dépend l'énergie consommée par un appareil » ?

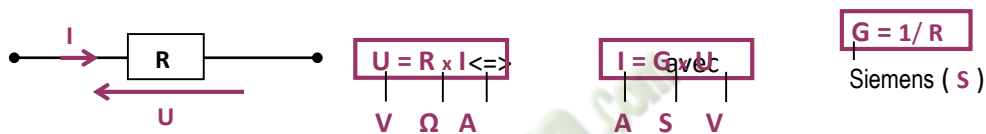
« De sa puissance et de la durée de fonctionnement. » répond Koné. Un de leurs amis qui a suivi la conversation leur apprend que cette énergie ne s'exprime pas de la même manière pour tous les appareils. Les deux élèves désirent s'informer davantage.

Ensemble avec leurs camarades de classe, ils entreprennent sous la directive de leur professeur, d'appliquer la loi d'Ohm pour un conducteur ohmique et pour un générateur, d'appliquer la loi de Pouillet, de connaître les expressions de la puissance électrique reçue par un récepteur, la puissance utile d'un récepteur, la puissance générée par un générateur, l'énergie électrique fournie par un générateur et d'utiliser ces expressions.

### 2-RESUME DU COURS

#### I – LE CONDUCTEUR OHMIQUE : Résistor

##### 1 – Caractéristique intensité tension :



### 3 – Etude énergétique :

$E_{reçue} = U_{AB} \times I \times t$   
 J   V   A   s   Soit une puissance reçue :

$P_{reçue} = E_{reçue} / t = U_{AB} \times I$   
 W   V   A

\* En utilisant la relation  $U_{AB} = R \times I$ , on a :

$E_{reçue} = R \times I^2 \times t$

### 4 Bilan énergétique :

- \* L'énergie électrique reçue par le résistor est totalement transformée en chaleur ( énergie thermique ) : C'est **l'effet Joule**.
- \* Le résistor est **un dipôle purement thermique**. La puissance thermique évacuée sous forme de chaleur à l'extérieur est appelée **la puissance joule** et notée **P<sub>J</sub>**.



## II – LE GÉNÉRATEUR : la pile.

### 3 – Schémas équivalents :

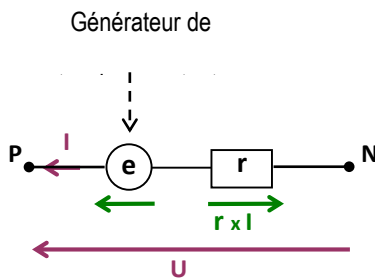


Schéma équivalent série :

$$U = e - r \times I$$

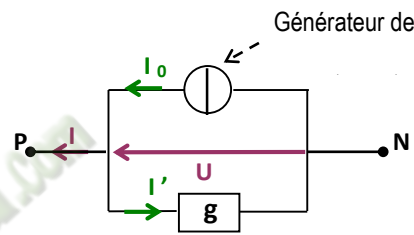


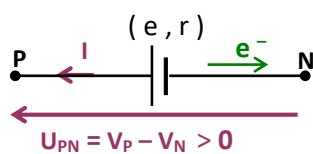
Schéma équivalent parallèle :

$$g = 1/r ; I_0 = e/r ; I' = g \times U$$

$$I = I_0 - g \times U$$

A A S V

### 4 – Etude énergétique :



\* Un électron qui passe de P à N, subi une variation d'énergie potentielle électrostatique :  $\Delta E_p = E_{pN} - E_{pP}$   
 $= (-eV_N) - (-eV_P) = e(V_P - V_N) = e \times U_{PN} > 0.$

\*  $\Delta E_p > 0 \Rightarrow$  l'électron gagne de l'énergie.

Cette énergie est donnée par le générateur.

$$E = U_{PN} \times I \times t$$

J      V      A      s

Soit une puissance reçue :

$$P = E / t = U_{PN} \times I$$

W      V      A

\* En utilisant la relation  $U_{PN} = e - r \times I$ , on a :

$$P = e \times I - r \times I^2$$

### 5 – Bilan énergétique : $P = U_{PN} \times I = e \times I - r \times I^2$

\* Les électrons sortent du générateur avec une puissance électrique  $P = U_{PN} \times I$  :

C'est la **puissance disponible** à la sortie du générateur. On note :

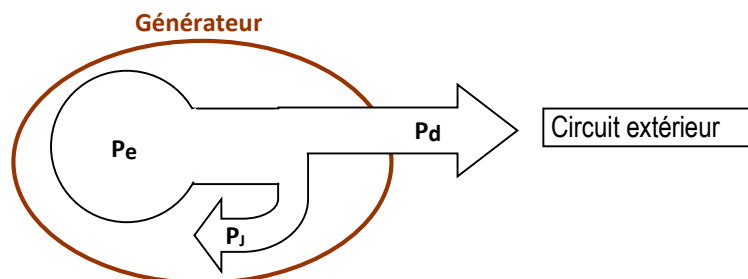
$$P_d = U_{PN} \times I$$

\* Le produit  $e \times I$  est appelé la **puissance engendrée** par le générateur. On note :

Cette puissance résulte des transformations chimiques qui ont lieu dans le générateur.

\* Le terme  $r \times I^2$  est la **puissance joule** dissipée dans la résistance (  $r$  ) du générateur :

\*



### 3-SITUATION D'EVALUATION

Ton cousin est venu pour la première fois passer les congés de printemps chez vous. Il remarque que quand il y a coupure d'eau, vous puisez l'eau de votre puits au moyen d'une pompe hydraulique commandée par un moteur. Le moteur est alimenté par un générateur de f.e.m  $E=120V$  et de résistance interne  $r=2\text{ ohm}$ . Les caractéristiques du moteur sont : résistance interne  $r'=8\text{ ohm}$  et f.c.e.m  $E'=100V$ . en tenant compte du nombre de personnes à la maison et des efforts fournis, ton cousin veut connaître la masse d'eau remontée au niveau du sol en 1heure de fonctionnement de la pompe. Il sollicite ton aide.

L'eau du puits est située à 30m de profondeur ; les frottements mécaniques sont négligeables ;  $g=10N/kg$ .

1- Exprime la loi de pouillet pour le circuit constitué du générateur et du moteur.

2- Calcule

2.1- l'intensité du courant dans le circuit.

2.2- la tension aux bornes du moteur.

3-Détermine

3.1- l'énergie fournie à la pompe pendant une heure.

3.2- la masse d'eau remontée en une heure au niveau du sol.

### 4-EXERCICES

Exercice1

Un constructeur de composant électronique, indique pour un conducteur ohmique à couche de carbone.  $360\Omega$  ;  $0,25\text{W}$  à  $125^\circ\text{C}$ .

Calcule à  $125^\circ\text{C}$  :

- 1-L'intensité maximale que peut supporter ce composant.
- 2-La tension maximale que l'on peut appliquer entre ses bornes.

### Exercice 2

Un moteur fonctionne sur une tension de  $130\text{V}$ . sa f.c.e.m est  $E' = 110\text{V}$  et sa résistance interne  $r' = 2\Omega$ .

Détermine :

- 1-L'intensité du courant qui le traverse ;
- 2-La puissance reçue, la puissance utile et la puissance perdue ;
- 3-Le rendement du moteur.

### Exercice 3

Une friteuse consomme une quantité d'énergie électrique de  $4400\text{KJ}$  en trente minutes. En cinq minutes elle fournit une quantité d'énergie thermique de  $0,125\text{kw.h}$ .

Détermine :

- 1-La puissance reçue par la friteuse.
- 2-La puissance utile de la friteuse.
- 3-Le rendement de la friteuse.

### Exercice 4

Un moteur de moulin à café reçoit une énergie de  $5,18\text{KJ}$  en 14 secondes. Le rendement du moteur est de  $89\%$ .

1 Calcule :

- 1.1 La puissance reçue par le moteur ;
- 1.2 La puissance utile du moteur.

1.3- L'énergie électrique reçue en une heure de fonctionnement

1.4 Les pertes thermiques correspondantes.

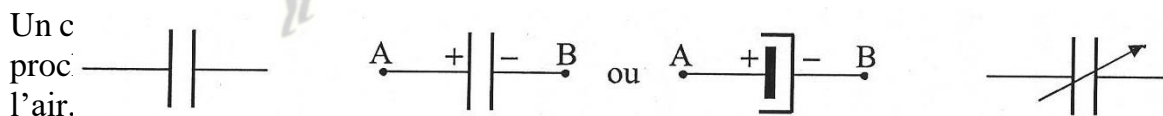


## TITRE DE LA LECON : LE CONDENSATEUR

### 1 SITUATION D'APPRENTISSAGE

Dans le cadre d'une enquête découverte, un groupe d'élèves de la 1ère C du Lycée Moderne Leboutoude Dabou effectue des recherches sur des condensateurs, éléments électroniques se trouvant dans des appareils électroménagers tels que TV, Radio.... Surpris par la diversité des formes et le nombre important de ces éléments à l'intérieur des appareils, les élèves décident, sous la conduite de leur professeur, de s'informer sur les condensateurs, d'établir les lois d'association puis de calculer l'énergie stockée par un condensateur.

### Généralités 1° Définition



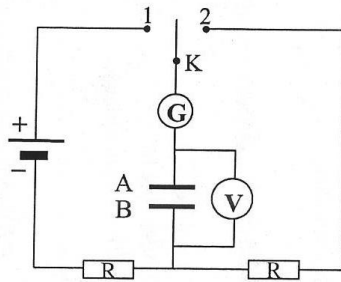
### 2° Symbole de différents types de condensateur

Condensateur  
non polarisé

Condensateur polarisé  
(Condensateur électrochimique)

Condensateur à  
capacité variable

- **Charge et décharge d'un condensateur**  
**1° Dispositif expérimental**



Le générateur utilisé a une tension normale 6V.

## **2° Charge du condensateur : K en position 1**

### **2.1° Observations**

- L'aiguille du galvanomètre dévie vers la droite et revient à sa position initiale ;
- la tension aux bornes du condensateur passe de 0 à la valeur 6 V.

### **2.2° Interprétations**

Le mouvement de l'aiguille du galvanomètre indique le passage d'un **courant transitoire** d'intensité  **$i$  positive ( $i > 0$ )**, qui circule de A vers B, appelé **courant de charge**. Des électrons quittent alors l'armature A qui se charge positivement ( $Q_A$ ) et arrivent sur l'armature B qui se charge négativement ( $Q_B$ ).

La tension aux bornes du condensateur reste constante (6 V) : le condensateur est dit **chargé**.

### **2.3° Conclusion**

Les charges électriques portées par les armatures A et B d'un condensateur chargé sont de signes opposés et égales en valeur absolue ( $Q_A = - Q_B$ ).

## **3° Décharge du condensateur : K en position 2**

### **3.1° Observations**

- L'aiguille du galvanomètre dévie maintenant vers la gauche et revient à sa position initiale ;
- la tension aux bornes du condensateur passe de 6 V à la valeur 0.

### **3.2° Interprétations**

Le mouvement de l'aiguille du galvanomètre indique le passage d'un **courant transitoire** d'intensité  **$i$  négative ( $i < 0$ )**, qui circule de **B** vers A, appelé **courant de décharge**. Les électrons décrivent un mouvement inverse au cas précédent et les armatures redeviennent neutres ( $Q_A = Q_B = 0$ ).

La tension aux bornes du condensateur devient nulle (0 V) : le condensateur est dit **déchargé**.

### 3.3° Conclusion

Un condensateur peut accumuler des charges ou les restituer. On appelle **charge** d'un condensateur la **quantité d'électricité** portée par l'**armature positive** :

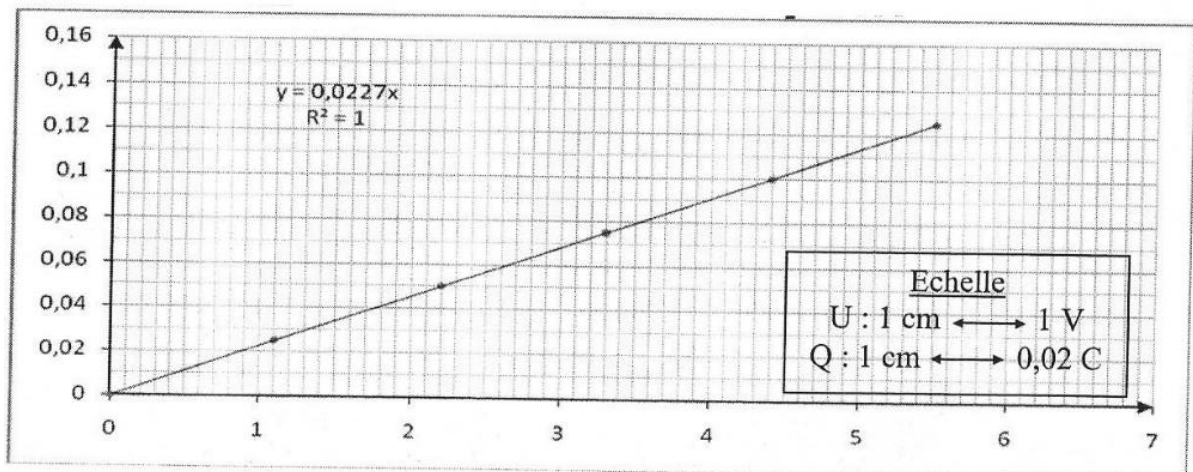
$$Q = Q_A = - Q_B$$

Lors de la charge (ou de la décharge) du condensateur on observe un courant transitoire qui s'annule lorsque le condensateur est chargé (ou déchargé).

### III) Capacité d'un condensateur

#### 1° Expérience

On charge un condensateur avec un générateur de courant constant et on relève les valeurs de tension à ses bornes au cours du temps. L'intensité du courant est fixée à  $I = 0,5 \text{ mA}$ .



La courbe obtenue est une droite passant par l'origine. La charge  $Q$  d'un condensateur est donc une fonction linéaire de la tension à ses bornes, d'où :  $Q = k \times U$ .

La pente  $k$  de la droite est **caractéristique** du condensateur. Elle ne dépend pas de la durée de charge ni de la tension appliquée entre les armatures.

La charge de l'armature positive d'un condensateur est proportionnelle à chaque instant à la tension à ses bornes. Le facteur de proportionnalité noté  $C$  est appelé **capacité** du condensateur.

$$Q_A = C \cdot U_{AB} \implies \boxed{C = \frac{Q_A}{U_{AB}}}$$

La capacité s'exprime en **Farad (F)**.

On utilise couramment le **microfarad** ( $1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$ ) et le **nanofarad** ( $1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$ )

### **3° Capacité d'un condensateur plan**

Un condensateur est plan lorsque ses armatures sont planes. Sa capacité est proportionnelle à la surface  $S$  commune aux armatures en regard et inversement proportionnelle à la distance  $d$  qui les sépare.

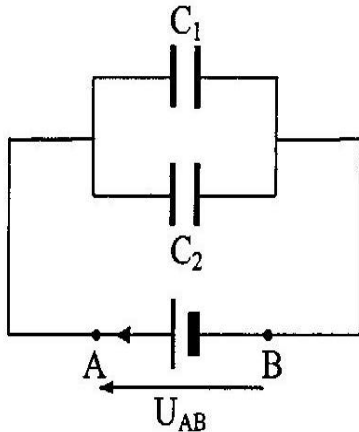
Si le diélectrique est le vide on a :  $C = \epsilon_0 \frac{S}{d} \epsilon_0$ : constante diélectrique  
ou permittivité du vide

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi \cdot 10^9} \approx 8,84 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}.$$

- Pour un diélectrique quelconque :  $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d} \epsilon_r$ : permittivité relative du diélectrique

#### IV) Association de condensateurs

##### 1° Association en parallèle



$$\text{On a : } Q_1 = C_1 U_{AB} \quad \text{et} \quad Q_2 = C_2 U_{AB}$$

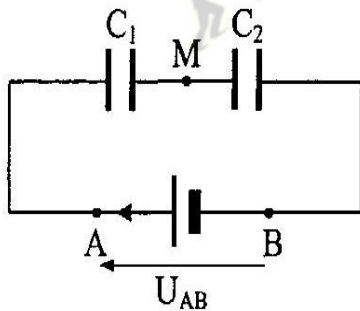
Le condensateur équivalent ( $C_{\text{éq}}$ ) porte la charge  $Q$  telle que :

$$Q = Q_1 + Q_2 = C_1 U_{AB} + C_2 U_{AB} = (C_1 + C_2) U_{AB}$$

$$\text{or } Q = C_{\text{éq}} U_{AB} \Rightarrow C_{\text{éq}} = C_1 + C_2$$

Pour  $n$  condensateurs en dérivation, on a :  $C_{\text{éq}} = \sum_i^n C_i = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

##### 2° Association en série



$$\text{On a : } U_{AB} = U_{AM} + U_{MB} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2}$$

Circuit série  $\Rightarrow I = \text{cte}$  d'où  $Q_1 = Q_2$

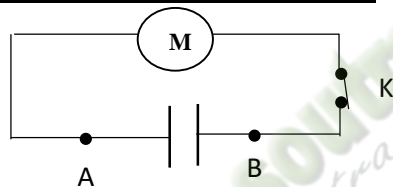
$$\Rightarrow U_{AB} = Q_1 \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)$$

Le condensateur équivalent ( $C_{\text{éq}}$ ) porte la charge  $Q$  :  $U_{AB} = \frac{Q}{C_{\text{éq}}}$

$$\text{comme } Q = Q_1 = Q_2 \Rightarrow \frac{1}{C_{\text{éq}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \text{soit} \quad C_{\text{éq}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

## V) Energie emmagasinée dans un condensateur

### 1° Mise en évidence expérimentale



Condensateur initialement chargé

Lorsqu'on ferme l'interrupteur K, le moteur se met en marche. Il reçoit donc de l'énergie provenant du condensateur chargé : Un condensateur chargé emmagasine de l'énergie.

### 2° Expression de l'énergie emmagasinée dans un condensateur

L'énergie stockée dans un condensateur chargé de capacité C et de charge Q est donnée par

L'expression :

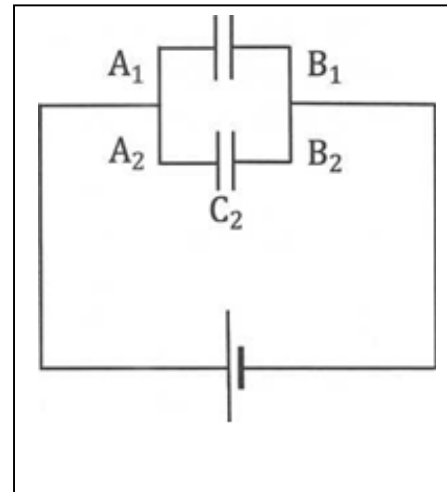
$$\text{Joule (J)} \longleftarrow W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \begin{matrix} \longrightarrow \text{Coulomb (C)} \\ \longrightarrow \text{Farad (F)} \end{matrix}$$

$$\text{Comme } Q = CU \iff W = \frac{1}{2} QU = \frac{1}{2} CU^2$$

### 3-Situation d'évaluation

Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe dispose de deux condensateurs notés  $A_1 A_2$  et  $A_2 B_2$ , de capacités respectives  $C_1 = 2 \mu\text{F}$  et  $C_2 = 4 \mu\text{F}$ . La séance du jour consiste à brancher ces deux condensateurs en parallèle aux bornes d'un générateur de tension continue  $U_{PN} = E = 20 \text{ V}$  en vue de comparer l'énergie électrique emmagasinée par l'ensemble de deux condensateurs à celle du condensateur équivalent.

Tu es le rapporteur de ton groupe

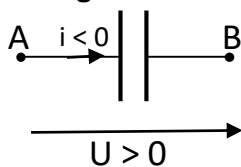


- 1- Donne à la fin du régime transitoire de charge, :
  - 1.1) l'expression des charges portées par les armatures ( $A_1$ ;  $A_2$ ) ;
  - 1.2) l'expression de l'énergie électrique de chaque condensateur et de l'ensemble des deux.
- 2- Détermine la capacité  $C$  du condensateur équivalent.
- 3- Vérifie que le condensateur équivalent emmagasine la même énergie électrique que l'ensemble des deux condensateurs ( $A_1 B_1 A_2 B_2$ ).

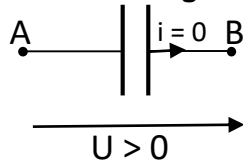
### 4-EXERCICES

#### EXERCICE1

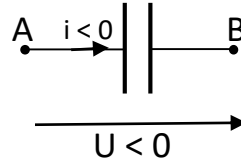
Dans chacun des cas suivants Dis s'il s'agit d'un cas de **charge** du condensateur ou de **décharge** ou **ni de charge ni de décharge**



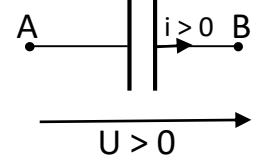
Cas 1 :



Cas 2 :



Cas 3 :



Cas 4 :

## EXERCICE2

On charge un condensateur de capacité  $C = 0,8 \mu\text{F}$  à l'aide d'une source de courant qui débite, pendant le temps  $t = 2,5 \text{ s}$ , un courant d'intensité constante  $I = 22 \mu\text{A}$ .

- 1) Calcule
  - 1.1-la charge  $Q$  acquise par le condensateur chargé
  - 1.2- la tension  $U$  entre ses armatures

## EXERCICE3

Les armatures d'un condensateur plan ont pour surface  $S = 50 \text{ cm}^2$  et sont distantes de  $d = 5 \text{ mm}$ . L'espace entre les armatures est constitué par de l'air.

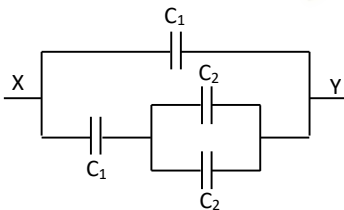
Calcule sa capacité  $C$ .

## EXERCICE 4

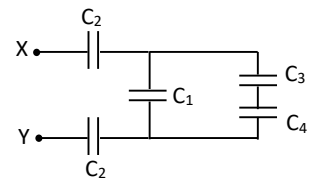
On considère les montages représentés ci-dessous.

Calcule la capacité équivalente  $C$  entre X et Y pour chaque montage

On donne :  $C_1 = C_3 = 2 \mu\text{F}$  ;  $C_2 = 1 \mu\text{F}$  ;  $C_4 = 4 \mu\text{F}$ .



MONTAGE 1



MONTAGE 2

## EXERCICE 5

1. Calcule
  - 1.1- la capacité d'un condensateur pour qu'il emmagasine l'énergie électrostatique  $E_1 = 10^{-4} \text{ J}$  lorsqu'on applique entre ses armatures la tension  $U_1 = 100 \text{ V}$
  - 1.2- l'énergie  $E_2$  que possède ce condensateur lorsque la tension  $U_2$  à ses bornes vaut  $200 \text{ V}$ .

## TITRE DE LA LECON : L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL

### 1-situation d'apprentissage

Un élève en classe de 1<sup>ère</sup> C au Lycée Moderne Leboutou avec son grand frère étudiant en BTS électronique. Il apprend que l'amplificateur opérationnel (AO) est un circuit intégré qui permet de réaliser des opérations mathématiques : addition, soustraction, intégration, dérivation, ..... Le lendemain il informe ses camarades de classe. Afin de comprendre le fonctionnement de ce circuit intégré, les élèves décident, avec leur professeur de connaître les propriétés de l'AO, d'interpréter les caractéristiques  $U_s=f(U_e)$  et d'établir la relation entre la tension d'entrée et la tension de sortie de quelques montages et d'analyser le comportement de l'AO.)

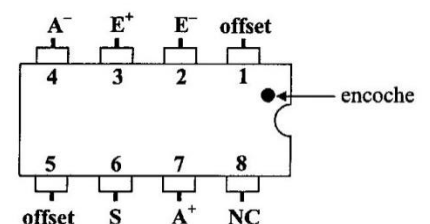
### 2-RESUME DU COURS

#### 1) Généralités sur l'amplificateur opérationnel

##### 1°Description

L'amplificateur opérationnel (AOP) est un circuit intégré linéaire possédant huit bornes. Il se présente sous la forme d'un boîtier

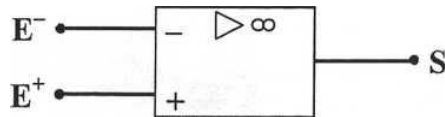
L'encoche est un repère qui permet de reconnaître chacune des 8 bornes et de les numéroter de façon standard.



- La **borne 2** est l'entrée inverseuse ( $E^-$ ) ;
- La **borne 3** est l'entrée non inverseuse ( $E^+$ ) ;
- les bornes 4 et 7 sont les **bornes d'alimentation** (négative  $A^-$  et positive  $A^+$ ) ;
- la **borne 6** est la borne de sortie ( $S$ ) ;
- les bornes 1 et 5 sont les **bornes de réglage d'offset** ;
- la borne 8 n'est pas connectée.

## 2° Symbole

Le symbole de l'AOP est :



## 3° Caractéristique d'un amplificateur

La caractéristique de l'OAprésente deux régimes.

Dans la partie centrale, le coefficient directeur **G** de la droite est appelé **gain différentiel**. Il est **très grand**. On a :  $U_s = G \times U_d$ .

Les tensions  $-V_{cc}$  et  $+V_{cc}$  sont les tensions d'alimentation, les tensions  $-V_{sat}$  et  $+V_{sat}$  sont les tensions de saturation. On a toujours  $|\pm V_{sat}| < |\pm V_{cc}|$ .

## II) Amplificateur opérationnel en régime linéaire

### 1° Propriétés d'un amplificateur opérationnel idéal

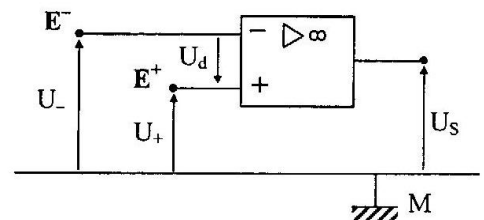
L'amplificateur opérationnel idéal présente une résistance d'entrée infinie  $\Rightarrow$

$i^- = i^+ = 0$  : les courants d'entrée sont négligeables.

- En régime linéaire,  $U_d = U_+ - U_- = 0$  :  
l'entrée inverseuse  $E^-$  et l'entrée non

inverseuse  $E^+$  sont au même potentiel.

- La tension de sortie est toujours inférieure à la tension de saturation de l'AOP :  
 $|U_s| < V_{sat}$ .

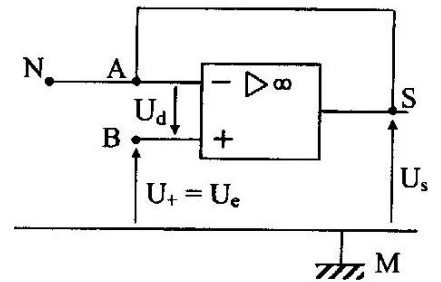


## 2° Quelques fonctions de l'amplificateur opérationnel

### 2.1° Montage suiveur

#### 2.1.1° Montage

Dans ce montage, la tension d'entrée  $U_e$  est appliquée directement à l'entrée non inverseuse.



#### 2.1.2° Relation entre $U_e$ et $U_s$

$$U_e = U_s$$

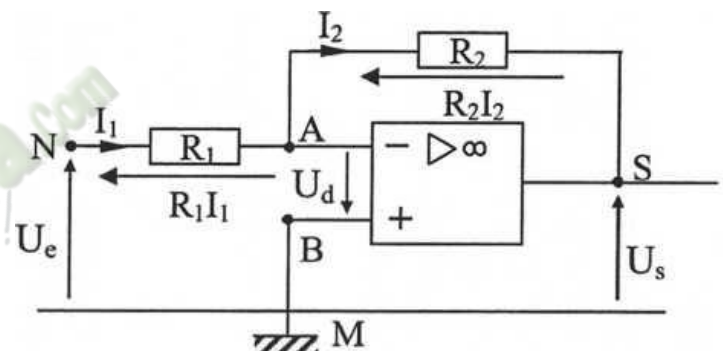
La tension de sortie **suit** la tension d'entrée (exemple du voltmètre électronique).

### 2.2° Montage amplificateur inverseur

#### 2.2.1° Montage

#### 2.2.2° Relation entre $U_e$ et $U_s$

$$U_s = -R_2 \frac{U_e}{R_1}$$



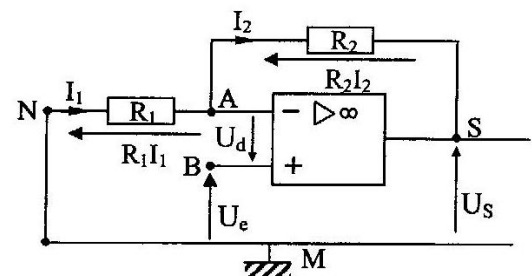
Le rapport  $G = \frac{U_s}{U_e} = \frac{R_2}{R_1}$  est appelé **gain en tension** de l'amplificateur.

### 2.3° Montage amplificateur non inverseur

#### 2.3.1° Montage

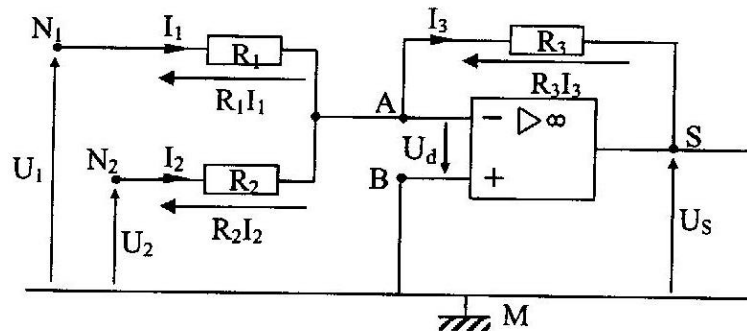
#### 2.3.2° Relation entre $U_e$ et $U_s$

$$U_s = \frac{R_1 + R_2}{R_1} U_e$$



Le gain en tension de l'amplificateur es :  $G = \frac{U_s}{U_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

#### 2.4° Montage sommateur inverseur



##### 2.4.1° Montage

##### 2.4.2° Relation entre $U_s$ et les tensions d'entrée $U_1$ et $U_2$

$$U_s = -R_3 \left( \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} \right)$$

### III) Amplificateur opérationnel en régime

#### 1° Propriétés

En régime saturé, quelque soit la tension d'entrée :

- la tension de sortie ne peut posséder que deux états électriques

$$U_s = +V_{sat} \text{ ou } U_s = -V_{sat}$$

- La tension différentielle est non nulle :  $U_d \neq 0 \Rightarrow U_+ \neq U_-$

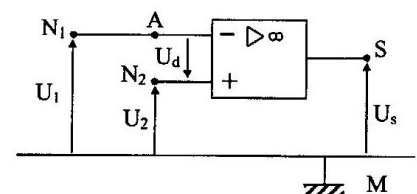
#### 2° Montage comparateur

$U_1$  est la tension de référence et  $U_2$ , la tension à comparer à  $U_1$ .

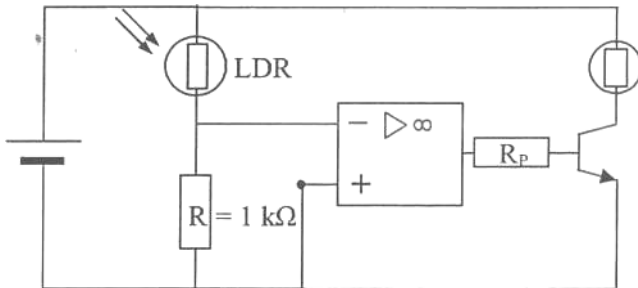
- Maille  $MN_1AN_2M$  :

$$-U_1 + 0 - U_d + U_2 = 0 \Rightarrow U_d = U_2 - U_1$$

- Si  $U_1 > U_2 \Rightarrow U_d < 0$  alors  $U_s = -V_{sat}$  ;
- Si  $U_1 < U_2 \Rightarrow U_d > 0$  alors  $U_s = +V_{sat}$ .



### 3° Application : l'allumeur de réverbères



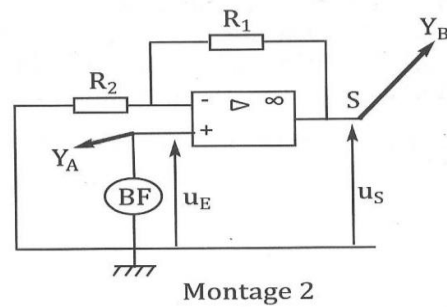
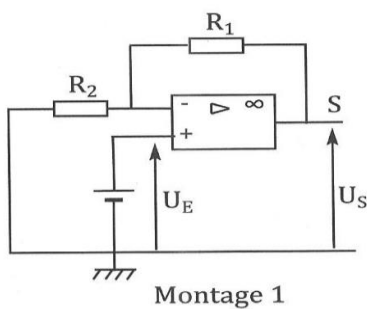
Quand la LDR est éclairée, la lampe est éteinte.

### 3-SITUATION D'ÉVALUATION

Au cours d'une séance de travaux pratiques, votre professeur de Physique-Chimie te demande d'expliquer la nature des oscillogrammes obtenus lors des manipulations en te servant des montages ci-dessous.

Le montage 2 est obtenu en remplaçant le générateur de tension continue du montage 1 par un générateur de tension sinusoïdale. La tension d'entrée  $u_E$  est observable en voie A d'un oscilloscope électronique, la tension de sortie  $u_S$  est observable en voie B.

Dans ces montages, l'amplificateur opérationnel sera considéré comme idéal.



**Données :**

Période de  $u_E$  :  $T = 20 \text{ ms}$  ;

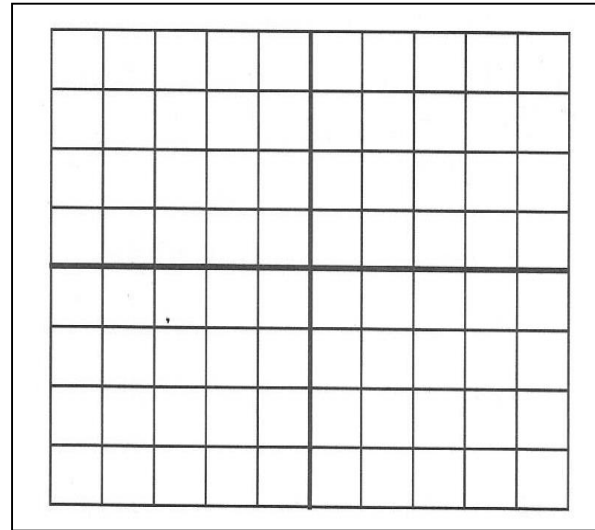
Durée du balayage :  $2 \text{ ms/div}$  ;

$U_{E_{\max}} = 2,0 \text{ V}$  ;

Sensibilité en voies A et B :  $1 \text{ V/div}$ .

$R_1 = R_2 = 10^5 \Omega$

- 1) Nomme ces deux montages.
- 2) Exprime, en utilisant le montage 1, le rapport de la tension de sortie  $U_s$  sur la tension d'entrée  $U_E$  en fonction de  $R_1$  et  $R_2$
- 3) Calcule sa valeur.
- 4) Précise l'intérêt du montage.
- 5) Dessine Le balayage étant branché en vraie grandeur l'oscillogramme obtenu.



**4-EXERCICES**

**EXERCICE 1**

Complète chacune de ces affirmations par **V** si elle vraie et **F** si elle est fausse.

1. L'amplificateur opérationnel (AO) nécessite deux tensions d'alimentations qui sont symétriques.....
2. On représente généralement l'AO avec un symbole à trois bornes.....
3. En régime linéaire, la différence de potentiel entre les entrées  $E^+$  et  $E^-$  de l'AO idéal est très grande.....
4. La différence de potentiel entre les entrées  $E^+$  et  $E^-$  est appelée gain en tension  $G$ .....
5. En régime saturé, la tension différentielle de l'AO idéale est nulle.....

**EXERCICE 2**

Complète le texte ci-dessous avec les mots ou groupe de mots suivants afin qu'il soit correct.

**Deux bornes ; régime linéaire ; boîtier ; différentielle ; circuits intégrés ; huit bornes ; régime saturé ; deux régimes.**

L'amplificateur opérationnel (AOP ou AO) est un élément essentiel très utilisé en électronique de pointe. Il fait partie de la famille des ..... Il se présente sous la forme d'un ..... possédant ..... de branchement. Les courants entrants dans l'AO par

ses ..... d'entrées sont extrêmement faibles en intensité. L'AO peut fonctionner sous ..... différents. Si la tension ..... est nulle il fonctionne en ..... tandis que si la d.d.p entre les deux entrées n'est pas nulle, il fonctionne en .....

### EXERCICE 3

Réarrange ces mots ou expression afin d'en faire une phrase correcte.

Par la tension appliquée / le quotient de la tension / d'un montage réalisé avec un AO / à l'entrée / Le gain en tension  $G$  / de sortie / est / fonctionnant en régime linéaire.

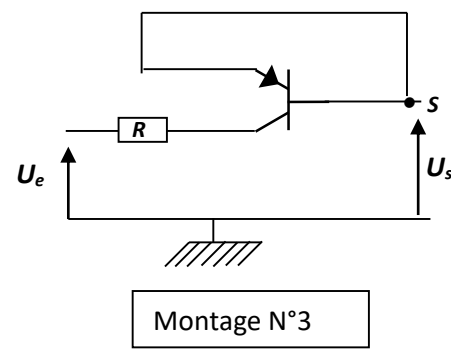
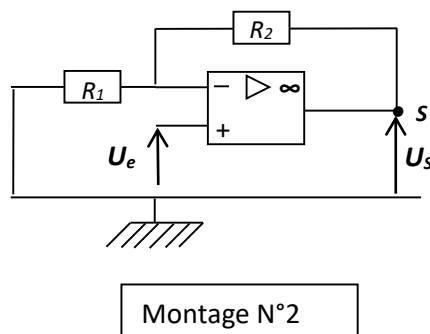
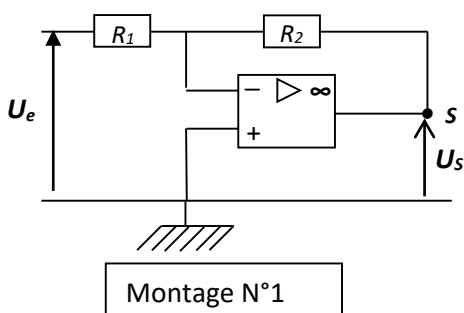
### EXERCICE 4

Coche par une croix, seulement les affirmations qui sont juste pour un AO fonctionnant en régime saturé.

La tension différentielle est nulle	
L'AO fonctionne en mode comparateur de tension	
La tension de sortie peut prendre trois valeurs différentes.	
La tension de sortie ne peut prendre que deux valeurs symétriques.	
Ce dispositif permet de commander automatiquement un système sous deux états de fonctionnement.	

### EXERCICE 5

Afin de vérifier vos acquis après le cours sur l'AO, votre professeur met à votre disposition le matériel nécessaire pour réaliser un montage amplificateur non-inverseur. Afin de vous aider à réussir cette tâche, il vous propose trois schémas de montages les suivants.



Un élève de ton groupe affirme que le montage à réaliser est celui du montage 1 tandis qu'un autre affirme que c'est le montage 2 et enfin un troisième est persuadé que c'est le montage.

Tu te décides à les départager.

1. Nomme l'élément fondamental absent qui élimine l'un des schémas que tu préciseras.
2. Rappelle les propriétés d'un AO idéal fonctionnant en régime linéaire.
3. Etablis l'expression pour les montages 1 et 2 :
  - 3.1- de la tension de sortie  $U_s$  en fonction de  $U_e$ ,  $R_1$  et  $R_2$  puis celle
  - 3.2- du gain  $G$  en tension pour
4. Justifie ton choix du montage à réaliser.

 **Fomesoutra.com**  
ça soutra !

## INTRODUCTION A L'OPTIQUE GEOMETRIQUE

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de première D au Lycée Tiapani Dominique de Dabou découvre dans un livre de sciences que la lumière est une onde dont la propagation peut être représentée par une fonction sinusoïdale du temps et sa couleur est fonction de la longueur d'onde.

En classe, il partage ces informations avec ses camarades. Sous la supervision de leur professeur, ils entreprennent de définir les termes tels que : source de lumière, récepteur de lumière, longueur d'onde, fréquence d'une onde, faisceaux convergent ou divergent, de connaître l'expression de la longueur d'onde et de la déterminer.

### RESUME DU COURS

#### 1- DEFINITIONS

##### 1.1- Sources de lumière

Une source de lumière est un corps ou un dispositif qui émet de la lumière.

On distingue:

- **Les sources primaires de lumière** : elles produisent la lumière émise
- **Les sources secondaires de lumière** : elles diffusent la lumière reçue.

##### 1.2- Récepteurs de lumière

Un récepteur de lumière est un corps ou un dispositif qui est sensible à la lumière c'est-à-dire que sous l'action de la lumière (éclairage), il subit une transformation physique ou chimique.

##### 1.3- Milieu de propagation

Un milieu de propagation de la lumière est un milieu transparent et homogène qui se laisse traverser par la lumière.

Exemple : le verre, l'eau, l'alcool, l'air ...

**N.B** : Tout milieu de propagation de la lumière est caractérisée par une grandeur appelée *indice de réfraction*, noté  $n$ .

Milieu	air	Eau	verre	alcool
indice de réfraction	1	1,33	1,5	1,36

### 1.4- Célérité

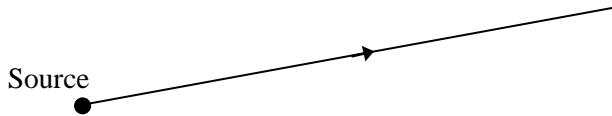
La célérité de la lumière est la vitesse de propagation de la lumière dans le vide. Sa valeur est  $C = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

**N.B** : l'indice de réfraction  $n$  est relié à la vitesse de propagation  $v$  de la lumière dans un

milieu quelconque par la relation :  $n = \frac{C}{v}$

### 1.5- Rayon lumineux

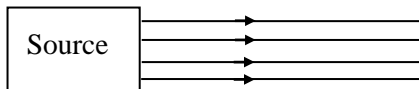
Un rayon lumineux est une ligne droite suivant laquelle la lumière se propage.



## 2- FAISCEAU LUMINEUX

Un faisceau lumineux est un ensemble de rayon lumineux provenant d'une même source. On distingue :

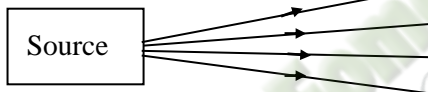
- les faisceaux parallèles



- les faisceaux convergents



- les faisceaux divergents



## 3- ONDE LUMINEUSE

### 3.1- Définition

La lumière est une onde lumineuse qui se propage en faisant des rides (ou ondulation). Elle peut être représentée par une fonction sinusoïdale du temps.

### 3.2- Fréquence d'une onde

La fréquence  $N$  est le nombre de périodes par seconde. C'est aussi l'inverse de la période  $T$ . Son unité est le **hertz** (Hz).

Expression :  $N = \frac{1}{T}$  avec  $T$  : la période en seconde (s)

### 3.3- Longueur d'onde

La longueur d'onde  $\lambda$  est la distance parcourue par l'onde pendant une période. Son unité est le **mètre** (m).

Dans le vide, la longueur d'onde  $\lambda_0 = \frac{C}{N}$

Pour un milieu quelconque, la longueur d'onde  $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$  ou  $\lambda = v \cdot T$

Avec :  $n$  : indice du milieu

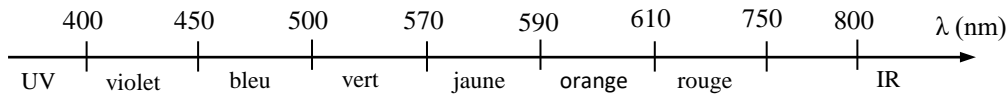
$v$  : vitesse (m/s)

$T$  : période (s)

### 3.4- Lumière monochromatique

Une lumière monochromatique est une lumière constituée d'une seule couleur.

Les longueurs d'onde des lumières du domaine visible sont comprises entre 400 nm et 800 nm.



### **SITUATION D'ÉVALUATION**

Au cours d'une séance de TP, votre groupe utilise une source laser pour éclairer un b cher contenant de l'alcool d'indice  $n=1,36$ . Le récipient est placé à 20 cm de la source qui émet une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda_0=630$  nm dans le vide. Il constate un changement de coloration de la lumière dans l'alcool.

Tu es désigné pour faire le compte rendu du groupe.

- 1- Donne la couleur de la lumière  mise par la source laser dans le vide.
- 2- Détermine sa fréquence N.
- 3- Calcule :
  - 3.1- la vitesse v de la lumière.
  - 3.2- la longueur d'onde  $\lambda$ .
- 4- Déduis-en la couleur de la lumière se propageant dans l'alcool.

### **EXERCICES**

#### **EXERCICE 1 :**

Lors d'un orage, l'éclair et le tonnerre sont produits simultanément.

1. Donne la nature de ces deux phénomènes.
  2. Calcule le temps de perception après son émission, par un observateur situé à 10 km de l'orage.
  3. Donne la raison pour laquelle l'observateur entend l'éclair quelques instants après sa vision.
- Célérité de la lumière :  $C_1 = 3 \cdot 10^8$  m. s<sup>-1</sup> ; célérité du son dans l'air:  $C_2 = 340$  m. s<sup>-1</sup>.

#### **EXERCICE 2 :**

Vous assistez à un feu d'artifice. Une fusée éclate en un point situé sur la verticale passant par votre position. Le son de l'explosion vous parvient avec un retard de 0,2 s sur l'observation de la gerbe.

1. Explique l'origine de ce phénomène.
  2. Calcule l'altitude à laquelle la fusée a éclaté.
- Célérité du son dans l'air:  $C = 340$  m. s<sup>-1</sup>.

### EXERCICE 3 :

Un lustre éclaire de rayons quasi parallèles un bibelot de hauteur  $h = 50$  cm posé sur une table. Les rayons sont inclinés de  $30^\circ$  par rapport à l'horizontale.

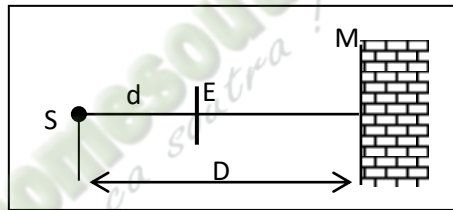
Détermine la longueur de la zone d'obscurité (ombre) due au bibelot le long de la table.

### EXERCICE 4 :

On considère :

- une source ponctuelle  $S$  située à la distance  $D = 2,0$  m d'un mur  $M$  ;
- un écran circulaire opaque  $E$  de rayon  $r = 10$  cm situé à la distance  $d = 0,50$  m de  $S$  et disposé parallèlement au mur.

Les centres de  $E$  et  $S$  sont sur la même droite horizontale



1. Montre qu'il apparaît une zone d'obscurité (ombre) sur  $M$ .
2. Détermine sa forme et ses dimensions.

<b>TITRE DE LA LECON : REFLEXION ET REFRACTION DE LA LUMIERE BLANCHE</b>
--

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

Le professeur de Physique-chimie de la 1<sup>ère</sup> D<sub>2</sub> du Lycée Tiapani Dominique de Dabou, fait observer à ses élèves l'image ci-contre représentant des jeux de lumière à l'ouverture des jeux olympiques de Londres.

Emerveillés par les figures formées par la lumière et voulant en savoir davantage, les élèves entreprennent sous la supervision de leurs professeur, de s'informer d'abord sur les rayons lumineux, de connaître ensuite les lois de la réflexion et de la réfraction et d'expliquer enfin la réflexion totale puis d'en connaître quelques applications.

### RESUME DU COURS

#### 1- REFLEXION DE LA LUMIERE

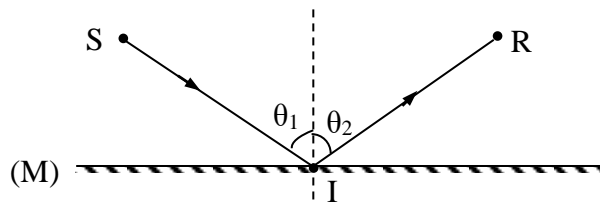
##### 1.1- Définition

La réflexion de la lumière est un brusque changement de la direction et du sens de propagation de la lumière lorsqu'elle rencontre une surface réfléchissante. Exemple : surface un miroir.

##### 1.2- Lois de la réflexion

##### 1.2.1- Etude expérimentale

On envoie un rayon incident (SI) sur un miroir plan (M). A l'aide de la marche de ce rayon lumineux (voir figure ci-dessous), on mesure l'angle d'incidence  $\theta_1$  et l'angle de réflexion  $\theta_2$ .



##### 1.2.2- Résultats

Les résultats des mesures figurent dans le tableau ci-dessous :

mes $\theta_1$	0°	10°	20°	30°	40°	50°
mes $\theta_2$	0°	10°	20°	30°	40°	50°

On constate que :

- mes  $\theta_1 = \text{mes } \theta_2$
- le rayon incident SI et le rayon réfléchi IR sont contenus dans le même plan.

### 1.2.3- Conclusion

Les lois de la réflexion sont :

- le rayon incident et le rayon réfléchi appartiennent à un même plan appelé *plan d'incidence*.
- L'angle d'incidence et l'angle de réflexion ont *la même mesure*.

## 1- REFRACTION DE LA LUMIERE

### 2.1- Définition

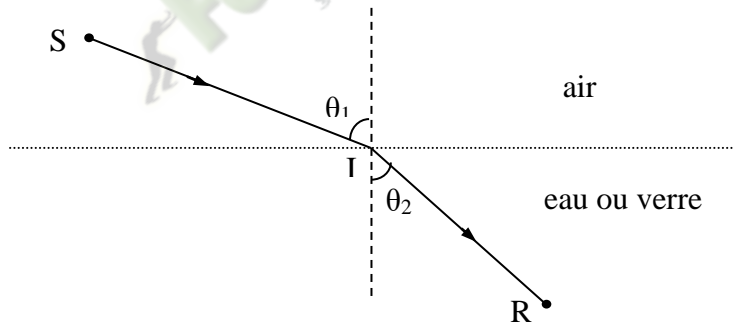
La réfraction de la lumière est un brusque changement de la direction de propagation de la lumière lorsqu'elle traverse la surface de séparation de deux milieux homogènes et transparents distincts.

Exemple : la surface libre d'un liquide (air-liquide) ; air-verre ...

### 2.2- Lois de la réfraction

#### 2.2.1- Etude expérimentale

Un rayon incident (SI) provenant d'une source ponctuelle (S) traverse l'air (indice  $n_1=1$ ) puis pénètre dans du verre (indice  $n_2=1,5$ ) ou dans l'eau (indice  $n_2=1,33$ ). A l'aide de la marche de ce rayon lumineux (voir figure ci-dessous), on mesure l'angle d'incidence  $\theta_1$  et l'angle de réfraction  $\theta_2$ .



#### 2.2.2- Résultats

Les résultats des mesures sont portés dans le tableau ci-dessous.

passage air-verre	$n_2/n_1=1,5$	mes $\theta_1$	$0^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$
		mes $\theta_2$	$0^\circ$	$19,5^\circ$	$25,5^\circ$	$31^\circ$
		$\sin\theta_1/\sin\theta_2$	-	1,5	1,49	1,49
passage air-eau	$n_2/n_1=1,33$	mes $\theta_1$	$0^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$
		mes $\theta_2$	$0^\circ$	$22^\circ$	$29^\circ$	$34,5^\circ$
		$\sin\theta_1/\sin\theta_2$	-	1,33	1,33	1,35

On constate que :

- le rayon incident (SI) et le rayon réfracté (IR) sont contenus dans le même plan.

- le rapport  $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$

### 2.2.3- Conclusion

Les lois de la réfraction sont :

- le rayon réfracté et le rayon incident appartiennent à un même plan appelé *plan d'incidence*.
- l'angle de réfraction  $\theta_2$  et l'angle d'incidence  $\theta_1$  sont reliés tels que :  $n_2 \cdot \sin \theta_2 = n_1 \cdot \sin \theta_1$

### 2.2.4- Angle limite de réfraction

Lorsque le rayon incident passe d'un milieu 1 (indice  $n_1$ ) vers un milieu 2 (indice  $n_2$ ) tel que  $n_1 < n_2$ , on dit que *le milieu 2 est plus réfringent que le milieu 1*. Dans ces conditions **mes  $\theta_1 > \text{mes } \theta_2$** . Pour **mes  $\theta_1 = 90^\circ$**  ; **sin  $\theta_1 = 1$**  ; l'angle de réfraction  $\theta_2$  atteint donc sa valeur maximale appelée *angle limite de réfraction* noté **L** tel que

$$\sin L = \frac{n_1}{n_2}$$

## 2- REFLEXION TOTALE

Lorsque le rayon incident passe d'un milieu 1 (indice  $n_1$ ) vers un milieu 2 (indice  $n_2$ ) tel que  $n_1 > n_2$ , on dit que *le milieu 1 est plus réfringent que le milieu 2*. Dans ces conditions **mes  $\theta_1 < \text{mes } \theta_2$** . Pour **mes  $\theta_2 = 90^\circ$**  ; **sin  $\theta_2 = 1$**  ; l'angle d'incidence  $\theta_1$  atteint donc sa valeur maximale **L** tel que  $\sin L = \frac{n_2}{n_1}$

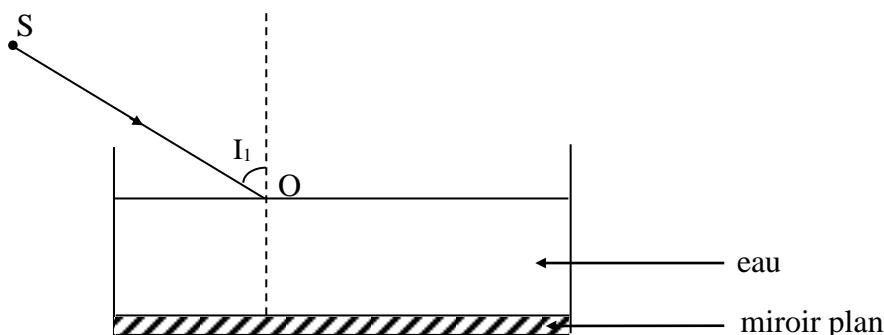
Pour  $L < \text{mes } \theta_1 < 90^\circ$  ;  $\sin L < \sin \theta_1$  c'est-à-dire que  $\frac{n_2}{n_1} < \frac{n_2 \cdot \sin \theta_2}{n_1}$   
soit  $\sin \theta_2 > 1$  : situation impossible

Donc pour  $\sin \theta_1 > \frac{n_2}{n_1}$ , le rayon incident n'est pas réfracté (ne traverse pas le milieu 2), il est plutôt réfléchi : c'est le **phénomène de réflexion totale**.

## 3-SITUATION D'EVALUATION

Dans le but de déterminer la valeur de l'angle  $\alpha$ , avec laquelle, le rayon sortira de l'eau, votre professeur de Physique Chimie réalise l'expérience suivante (voir schéma). Le rayon lumineux émis à la fréquence de  $N = 5 \cdot 10^{14}$  Hz, arrive à la surface libre de l'eau contenue dans une cuve à eau sous incidence  $i_1 = 60^\circ$ . Au fond de la cuve d'eau est placé un miroir plan (voir schéma ci-dessous). La célérité de la lumière dans le vide  $C = 3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup> et l'indice de réfraction de l'eau  $n = 1,33$ .

Le professeur vous demande de déterminer la valeur de l'angle  $\alpha$  avec laquelle le rayon sortira de l'eau.



- 1- Trace qualitativement la marche du rayon jusqu'à ce qu'il ressorte de l'eau.
- 2- Calcule :
  - 2.1- la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde lumineuse ;
  - 2.2- la célérité de la lumière dans l'eau.
- 3- Détermine :
  - 3.1- l'angle réfracté  $i_2$
  - 3.2- l'angle réfléchi  $i_3$  sur le miroir plan.
- 4- Déduis-en l'angle avec lequel le rayon sortira de l'eau.

**EXERCICE 1 :**

Un rayon incident SI tombe en un point I d'un miroir plan avec un angle d'incidence  $i = 30^\circ$ . On fait tourner le rayon SI dans le plan d'incidence d'un angle  $\alpha = 20^\circ$ , le point I restant fixe.

Détermine l'angle de déviation  $\beta$  du rayon réfléchi.

**EXERCICE 2 :**

Un rayon lumineux tombe de l'air sur du benzène en faisant un angle de  $60^\circ$  avec sa surface libre.

Détermine l'angle que fait le rayon réfracté avec cette surface.

• Indice :  $n_{\text{benzène}} = 1,5$ .

**EXERCICE 3 :**

Un rayon lumineux tombe, en I, sur la surface plane de séparation d'une vitre en verre d'indice  $n = 1,5$ , d'épaisseur  $e = 5,0$  cm. L'angle d'incidence  $i$  est égal à  $45^\circ$ .

1. Trace la marche de ce rayon à travers la vitre (on néglige toute réflexion interne).
2. Le rayon émerge du verre en I'. Détermine :
  - 2.1- l'angle que fait sa direction avec la normale en I'.
  - 2.2- la longueur du déplacement latéral que subit le rayon lumineux : (cela revient à calculer la longueur du segment IK, K étant le pied de la perpendiculaire abaissée de I sur le prolongement du rayon émergent.)

**EXERCICE 4 :**

Un rayon lumineux lorsqu'il traverse une surface plane séparant l'air et un verre d'indice

$n = 1,52$  ?

1 Détermine l'angle de déviation :

1-1. Le rayon passe de l'air au verre, l'angle d'incidence valant  $i_1 = 50^\circ$ .

1-2. Le rayon passe du verre à l'air, l'angle d'incidence valant  $i_2 = 30^\circ$ .



## TITRE DE LA LECON : LES LENTILLES MINCES :

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

Le professeur de Physique-Chimie de la 1<sup>ère</sup> C du Lycée Moderne de Bouaflé enflamme une touffe d'herbes sèches à l'aide d'une loupe placée au soleil. Pour comprendre le fait observé, les élèves décident de connaître les caractéristiques d'une lentille mince, de construire l'image d'un objet à travers une lentille mince puis d'appliquer le théorème des vergences.

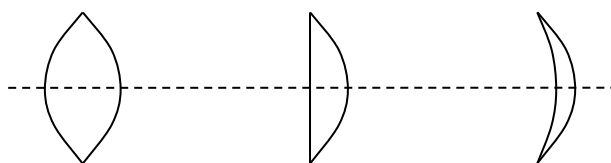
### RESUME DU COURS

#### I – PRÉSENTATION

**1 – Définition :** Une lentille mince, est un milieu transparent limité par deux calottes sphériques ou par une calotte sphérique et une surface plane.

#### 2 – Les deux types de lentille

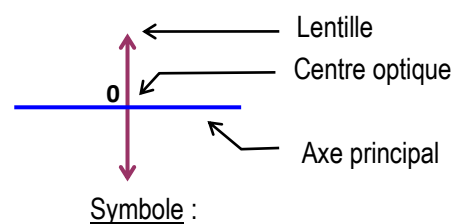
**2.1- Les lentilles convergentes :** Les lentilles à bords minces.



Biconvexe :

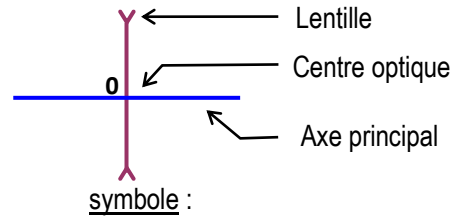
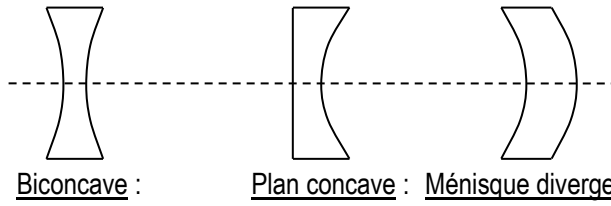
Plan convexe :

Ménisque convergent :



Symbole :

**2.2- Les lentilles divergentes** : Les lentilles à bords épais.



**2.3- Propriété du centre optique**

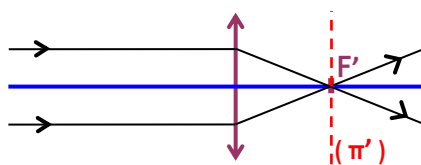
*Tout rayon passant par le centre optique d'une lentille n'est pas dévié.*



**II – Foyers – DISTANCES FOCALES – VERGENCE**

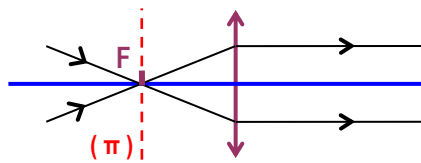
**1 – Foyers principaux d'une lentille convergente :**

\* Tous les rayons parallèles à l'axe principal, convergent en un point **F'**



**F'** : Foyer principal image.

\* Tous les rayons qui sortent parallèlement à l'axe principal, passent par un point **F**.

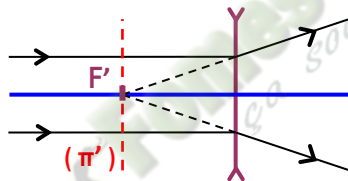


**F** : Foyer principal objet.

**NB** : Les distances OF et OF' sont égales. **OF = OF'**

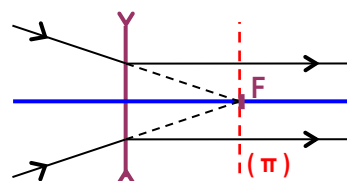
## 2 – Foyers principaux d'une lentille divergente :

\* Tous les rayons parallèles à l'axe principal, divergent et leurs directions se coupent en un point **F'**.



**F'** : Foyer principal image.

\* Tous les rayons qui sortent parallèlement à l'axe principal, ont leurs directions qui se coupent en un point **F**.

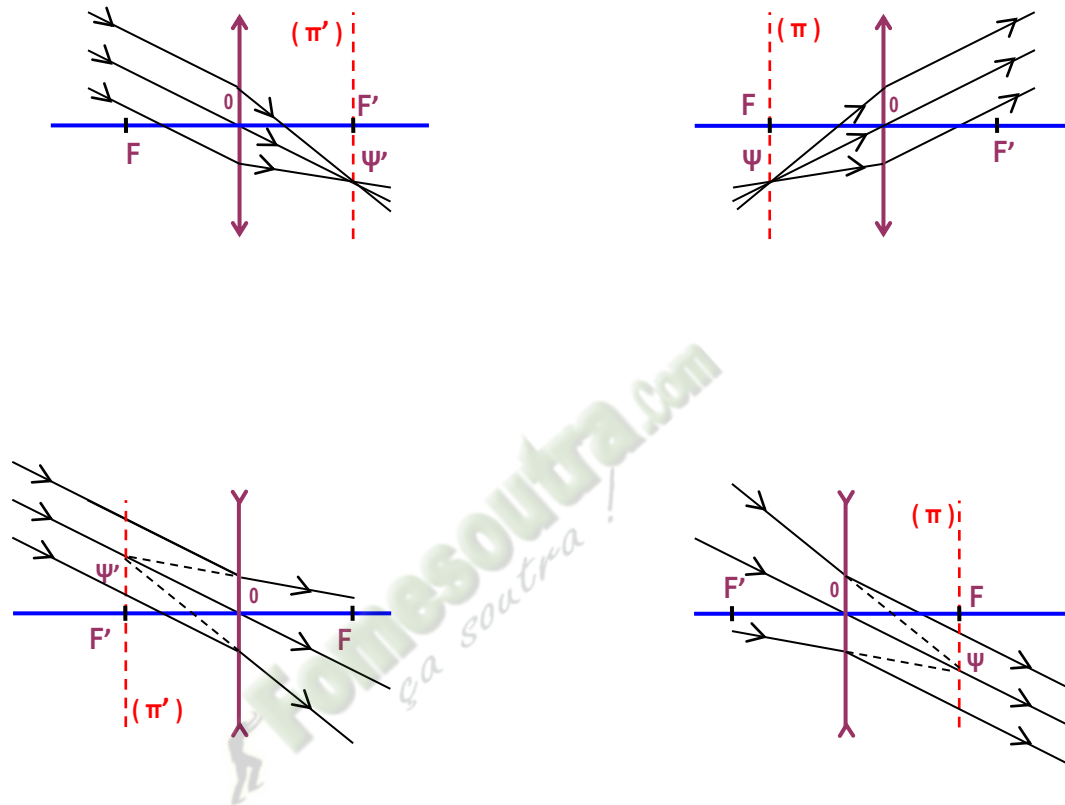


**F** : Foyer principal objet.

**NB** : Les distances OF et OF' sont égales. **OF = OF'**

### 3 – Foyers secondaires :

Un foyer secondaire ( objet ou image ) est un point du plan focal ( objet ou image ).



### 4 – Distance focale - Vergence :

#### 1-Orientation de l'espace :



## 2-La distance focale d'une lentille :

La distance focale  $f$  d'une lentille est la distance entre le centre optique O et le foyer principal objet F ou image F'.

$$m \quad f = OF = OF'$$

## 3 - La vergence d'une lentille :

La vergence  $C$  d'une lentille est donnée par la relation :

$$\text{Dioptrie} \quad C = \frac{1}{OF'} \quad ( \delta )$$

## III – FORMATION DE L'IMAGE D'UN OBJET :

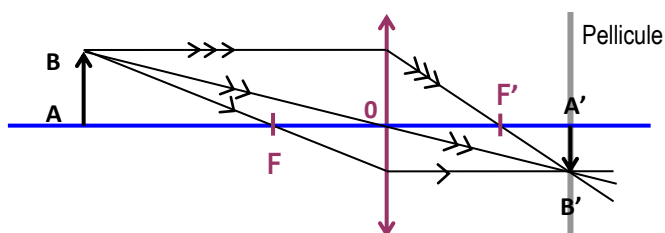
L'image d'un objet est la somme des images de chacun des points de l'objet.

### 1 – Construction d'une image

- \* L'image d'un point objet est le point d'intersection des rayons émergents ou de leurs supports.
- \* Pour tracer les rayons émergents, il suffit d'utiliser les propriétés des foyers principaux et du centre optique.

### Exemples

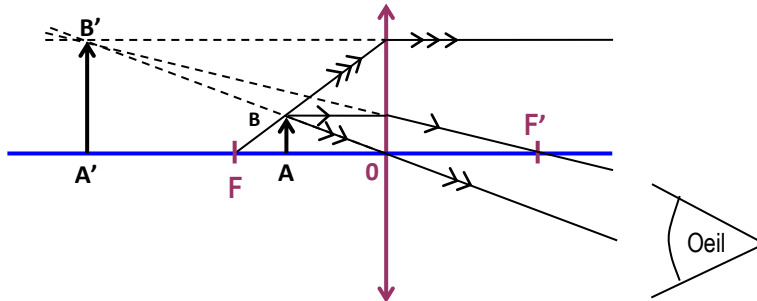
#### 1<sup>er</sup> exemple : Principe de l'appareil photo



Objet réel.

Image réelle : Car peut être recueillie sur un écran

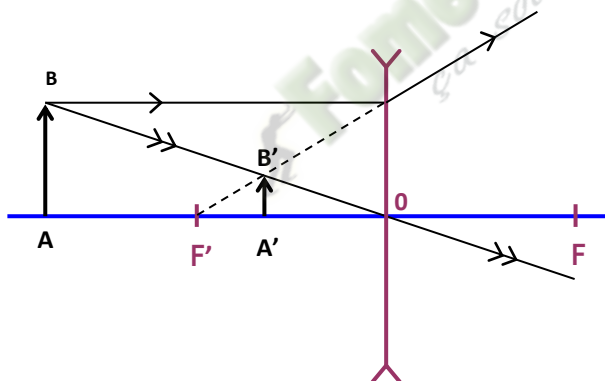
2<sup>ème</sup> exemple : Principe de la loupe



Objet réel.

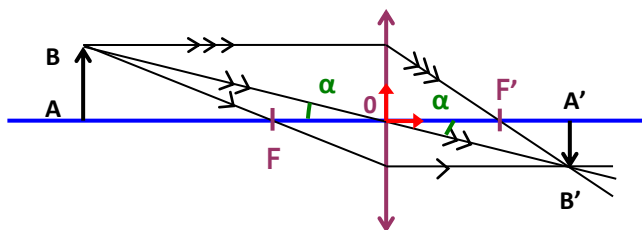
Image virtuelle, car ne peut pas être recueillie sur un écran.

3<sup>ème</sup> exemple : Principe de la lunette de myope



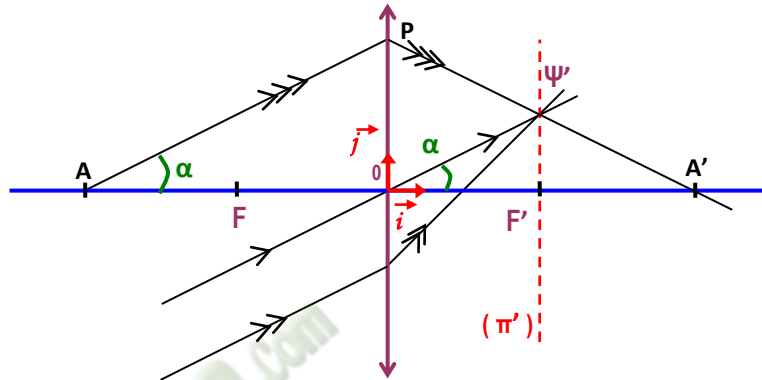
2- Les Formules :

2.1- Le grandissement :



$$\text{On a : } \tan \alpha = \frac{\overline{AB}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{OA'}} \Rightarrow \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

## 2.2- La formule de conjugaison :



$$\text{On a : } \boxed{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

## IV – VERGENCE DE DEUX LENTILLES MINCES ACCOLÉES :

Soient deux lentilles minces  $L_1$  et  $L_2$  de vergences respectives  $C_1$  et  $C_2$ .

Ces deux lentilles accolées se comportent comme une lentille  $L$  de vergence  $C = C_1 + C_2$ .

### SITUATION D'ÉVALUATION

En vue de vous faire découvrir le principe de fonctionnement du microscope, votre professeur de Physique-Chimie met à votre disposition une lentille mince convergente ( $L_1$ ) de distance focale

$f_1 = 1,5$  cm et une autre lentille convergente ( $L_2$ ) de distance focale  $f_2 = 4$  cm .Il vous demande de disposer les lentilles de telle sorte que leurs centres optiques respectifs  $O_1$  et  $O_2$  soient séparés d'une distance de 9 cm. Il vous demande de placer un objet lumineux AB de hauteur 6mm perpendiculairement à l'axe optique, à 2 cm de  $O_1$ , avec A sur l'axe et B au-dessus.

La lentille  $L_1$  jouant le rôle de l'objectif donne alors de l'objet AB, une image  $A_1B_1$  et la lentille  $L_2$  représentant l'oculaire donne une image  $A'B'$  de  $A_1B_1$ .







1. Ecris :
  - 1.1. la relation qui permet de déterminer la position de l'image  $A'B'$  d'un objet AB par une lentille de centre optique O ;
  - 1.2. l'expression du grandissement  $\gamma$  de cette lentille.
2. Détermine :
  - 2.1. la position de l'image  $A_1B_1$  de l'objet AB ;
  - 2.2. la hauteur de l'image  $A_1B_1$  de l'objet AB ;
  - 2.3. la nature et le sens de l'objet  $A_1B_1$  ;
  - 2.4. le grandissement  $\gamma_1$  de la lentille  $L_1$ .
3. Détermine :
  - 3.1. la position de l'image  $A'B'$  de  $A_1B_1$  ;
  - 3.2. la hauteur de l'image  $A'B'$  de  $A_1B_1$  ;
  - 3.3. la nature et le sens de l'objet  $A'B'$  ;
  - 3.4. le grandissement  $\gamma_2$  de la lentille  $L_2$  et le grandissement  $\gamma$  de ce microscope
4. Construis sur une feuille de papier millimétré, l'image  $A'B'$  de AB obtenue à partir de ce microscope.

## EXERCICES

### EXERCICE 1

Précise la nature de chacune de ces lentilles minces en utilisant les lettres C et D

C = convergente      D = divergente

Lentilles						
Nature						
C ou D						

### EXERCICE 2

Complète les phrases suivantes avec les mots ou groupes de mots qui conviennent.

1. Le plan perpendiculaire à l'axe optique d'une lentille mince et passant par le foyer principal image est appelé .....
2. La ..... d'une lentille mine est la distance ente son foyer principal image et .....
3. Un point du plan focal, différent d'un foyer principal est .....

### EXERCICE 3

La vergence d'une lentille  $L_1$  est  $C_1 = -5 \text{ } \delta$  et la distance focale d'une lentille  $L_2$  est  $f_2 = +20 \text{ cm}$ .

Les deux lentilles sont telles que :

- a. la lentille  $L_1$  est convergente et la lentille  $L_2$  est divergente ;
- b. la lentille  $L_1$  est divergente et la lentille  $L_2$  est convergente ;
- c. ces deux lentilles sont toutes deux divergentes ;
- d. ces deux lentilles sont toutes deux convergentes.

**Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse.**

### EXERCICE 4

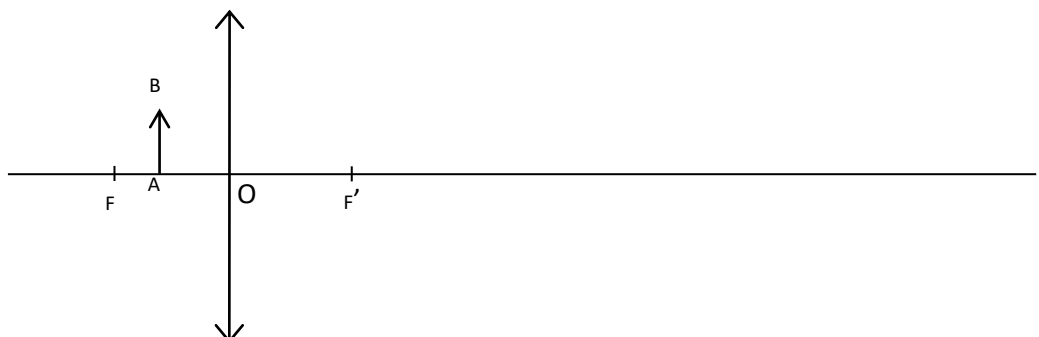
1- Construis l'image de l'objet AB à travers la lentille mince dans chacun des cas suivants

2- Précise la nature (virtuelle ou réelle) de l'image et de l'objet.

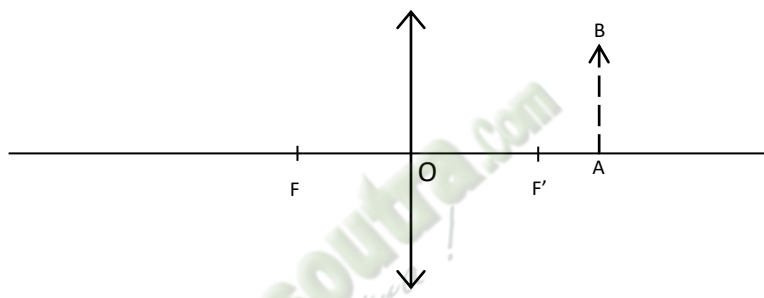
#### Cas N° 1



#### Cas N° 2



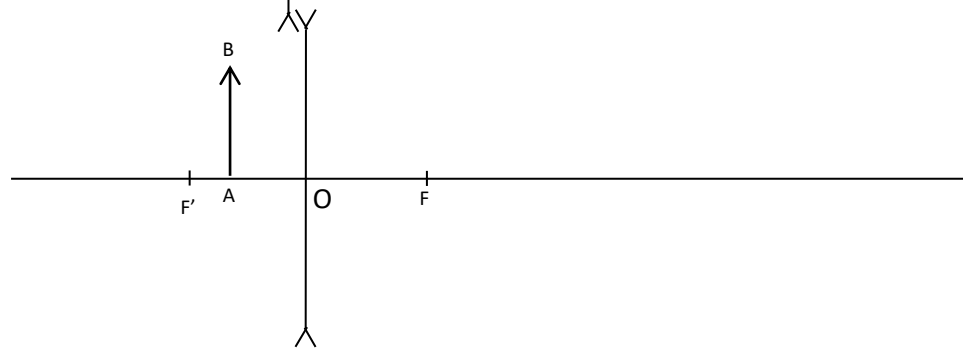
Cas N°3



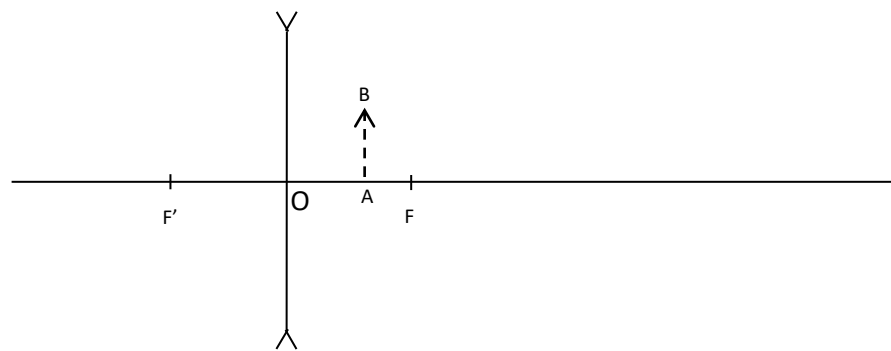
Cas N°4



Cas N°5



Cas N°6



### **EXERCICE 5**

Un objet lumineux AB de hauteur  $h = 2\text{cm}$  est placé à  $8\text{cm}$  du centre optique d'une lentille convergente de distance focale  $f = 10\text{cm}$ , perpendiculairement à l'axe optique.

1. Détermine la position  $\overline{OA'}$  de l'image A'B' en appliquant la formule de conjugaison.
2. Calcule :
  - 2.1- le grandissement  $\gamma$  de cette lentille.
  - 2.2- la hauteur  $h = A'B'$  de l'image de cet objet lumineux.

Fomesoul.com  
ça soutra!

# Chimie

 Fomesoutra.com  
ça soutra!

## TITRE DE LA LECON : GENERALITES SUR LES COMPOSES ORGANIQUES

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

Des élèves en classe de 1<sup>ère</sup> C au Lycée Moderne Leboutou de Dabou échangent avec le fils aîné de leur tuteur qui est étudiant en chimie. Il leur apprend que la chimie organique est la chimie des composés du carbone. Le lendemain, ils informent leurs camarades de classe. Voulant en savoir davantage, les élèves, sous la conduite de leur professeur, décident de définir un composé organique, de mettre en évidence l'élément carbone et de déterminer la formule brute d'un composé à partir des résultats de l'analyse élémentaire et inversement.

### RESUME DU COURS

#### 1-Généralités sur la chimie organique

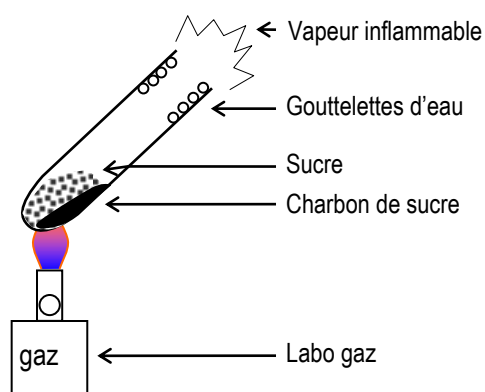
##### 1.1-Définition de la chimie organique

La chimie organique est la partie de la chimie qui s'intéresse à l'étude des composés **principalement** constitués de **carbone**. Ces composés sont appelés **composés organiques**.

##### 1.2-Mise en évidence expérimentale de l'élément carbone

L'élément carbone est mis en évidence dans un composé organique soit par pyrolyse soit par combustion.

###### 1.2.1 Expérience



Pyrolyse du sucre :

### 1.2.2-Observation et interprétation

On observe un dépôt noir au fond du tube à essai : c'est le charbon de sucre

L'élément carbone contenu dans sa molécule provient de sucre

### 1.2.3- Conclusion :

Le sucre contient le carbone.

D'une manière générale, **toutes les substances organiques contiennent l'élément chimique carbone.**

**Remarque :** Les substances naturelles, qu'elles soient du règne animal ou végétal, contiennent toutes l'élément carbone. Ce sont : Charbon de bois, le pétrole, les végétaux, les graisses, protéines.

Il existe également de nombreuses substances synthétiques qui contiennent aussi l'élément carbone.

### 1.3-Autres éléments chimiques présents dans les composés organiques

Outre l'élément carbone, les composés organiques peuvent contenir aussi :

- L'élément hydrogène (H) présent dans les hydrocarbures.
- L'élément oxygène (O) présent dans les alcools, les acides gras
- L'élément azote (N) présent dans les acides  $\alpha$ -aminés, les protéines.

Le chlore (Cl), le brome (Br), le soufre (S), le phosphore (P) se rencontrent plus rarement.

## 2-Formule brute d'un composé organique.

### 2.1-Composition centésimale massique d'un composé

Si un composé A de masse molaire M contient uniquement du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, sa formule brute s'écrit :  $C_xH_yO_z$

Les pourcentages massiques (composition centésimale massique) des éléments chimiques présents dans A sont :

$$\%C = \frac{x \cdot M_C}{M} \times 100 = \frac{12x}{M} \times 100$$

$$\%H = \frac{y \cdot M_H}{M} \times 100 = \frac{y}{M} \times 100$$

$$\%O = \frac{z \cdot M_O}{M} \times 100 = \frac{16z}{M} \times 100$$

On établit :

$$\frac{12x}{\%C} = \frac{y}{\%H} = \frac{16z}{\%O} = \frac{M}{100}$$

### 3-Densité d'un gaz par rapport à l'air

C'est le quotient de la masse  $m$  d'un volume  $V$  de ce gaz par la masse  $m_0$  du même volume  $V$  d'air ; les deux volumes étant mesurés dans les conditions de température et de pression.

La densité est donnée par la relation :

$$d = \frac{M}{29}$$

$M$  étant la masse molaire moléculaire du gaz.

### SITUATION D'EVALUATION

L'acide acétylsalicylique appelé communément aspirine est un médicament vendu en pharmacie. Sa formule brute générale est de la forme  $C_xH_yO_z$ .

Des élèves de 1<sup>ère</sup> C du Lycée Leboutou de Dabou ont découvert dans une revue scientifique de leur établissement que la combustion d'une masse  $m_A = 9$  g de ce composé libère 19,8 g de dioxyde de carbone et 3,6 g d'eau.

Ils te sollicitent pour les aider à déterminer la formule brute de l'aspirine.

**On donne** : masses molaires atomiques(en g/mol) :  $M_C = 12$  ;  $M_H = 1$  ;  $M_O = 16$

1-Cite les éléments chimiques contenus dans la molécule d'aspirine.

2-Ecris l'équation-bilan de la combustion complète de l'aspirine dans le dioxygène.

3-Détermine le pourcentage en masse de chaque élément chimique

4-Etablis la formule brute de l'aspirine.

### 4-EXERCICES PROPOSES

#### EXERCICE N°1

La combustion complète de  $m=1$  g d'un composé organique de formule brute  $C_xH_yO_z$  et ayant un seul atome d'oxygène a donné  $m_1=2,88$ g de dioxyde de carbone et  $m_2=1,22$ g d'eau.

1- Détermine les pourcentages massiques des éléments chimiques contenus.

2- Déduis-en sa formule brute.

3-Calcule sa masse molaire puis sa densité par rapport à l'air.

**On donne** : masses molaires atomiques(en g/mol) :  $M_C = 12$  ;  $M_H = 1$  ;  $M_O = 16$

## EXERCICE N°2

La nitroglycérine est un explosif de formule brute  $C_xH_yO_zN_t$ . L'analyse élémentaire a montré que cette substance comporte en masse 15,9% de carbone.

2,2% d'hydrogène et 18,5% d'azote.

1-Détermine le pourcentage massique de l'élément chimique oxygène.

2- Dédus de ce qui précède la formule brute de ce composé sachant que sa masse molaire est  $M = 227 \text{ g/mol}$ .

3-Le composé se décompose à la température ordinaire au moindre choc en libérant du  $\text{CO}_2$ , de l'eau, du diazote et du dioxygène.

3.1-Donne l'équation-bilan de la décomposition.

3.2-Calcule le volume total de tous les gaz libérés par la décomposition de 10 gde nitroglycérine sachant que le volume molaire gazeux dans ces conditions est  $V_m = 24 \text{ L/mol}$ .

## EXERCICE N°3

L'analyse de la quinine montre que 154 g de ce composé contient :

-114 g de carbone

-10 g d'hydrogène

-16 g d'oxygène

-14 g d'azote

Sa masse molaire est  $M = 308 \text{ g/mol}$

1-Détermine la composition centésimale massique de la quinine.

2-Dédus-en sa formule brute.

**On donne** : masses molaires atomiques(en g/mol) :  $M_C = 12$  ;  $M_H = 1$  ;  $M_O = 16$ ,  $M_N = 14$

## TITRE DE LA LECON - HYDROCARBURES SATURES : LES ALCANES

### 1-SITUATION D'APPRENTISSAGE

Dans le cadre des activités du club scientifique, les élèves de la 1<sup>ère</sup> C du Lycée Akpa Gnagne de Dabou se rendent à la SIR. Lors de cette visite, ils apprennent que l'essence sans plomb, le gas-oil et le kérosène sont des mélanges d'alcane.

Agréablement surpris, ils s'engagent, de retour en classe sous la conduite du professeur, à connaître la structure des alcanes, à nommer quelques alcanes et à expliquer l'intérêt des alcanes.

### RESUME DU COURS

#### 1-Généralités

##### 1.1-La liaison covalente

Une liaison covalente s'établit entre deux atomes par la **mise en commun** de deux de leurs **électrons célibataires** de manière à former un **doublet de liaison**.

##### 1.2-La valence d'un atome

La valence d'un atome est le **nombre de liaisons** de covalence qu'il peut former.

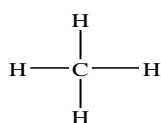
##### 1.3-3-Formule brute générale des alcanes

Les **alcane** sont des hydrocarbures dont **tous les atomes de carbone** ont une structure tétraédrique. Leur formule brute générale est  $C_nH_{2n+2}$ .

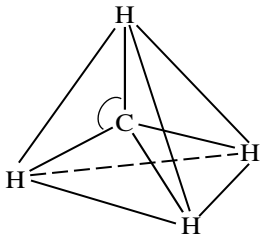
#### 2-Structure des quelques alcanes

##### 2.1-Le méthane

C'est le plus simple des alcanes. Sa **formule brute** est  $CH_4$ . L'atome de carbone établit une liaison de covalence avec chacun des 4 atomes d'hydrogène d'où la formule développée suivante :



La structure géométrique de la molécule est :



L'atome de carbone est situé au centre d'un tétraèdre régulier dont les sommets sont occupés par les atomes d'hydrogène : on dit que le carbone a une **structure tétraédrique**.

Les caractéristiques géométriques de la molécule sont :

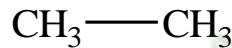
- longueur de liaison C-H : **109 pm**
- angle HCH : **109°28'**.

## 2.2-L'éthane

Les deux atomes de carbone sont tétraédriques.

La formule brute de l'éthane est **C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>**.

Formule semi-développée



## 2.3-Notion de chaîne carbonée

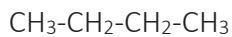
### 2.3.1-DEFINITION

On appelle **chaîne carbonée** ou squelette **carboné**, l'enchaînement des atomes de carbone qui constituent une molécule organique.

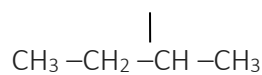
-Une **chaîne carbonée** est **linéaire** si elle est constituée d'atomes de carbone liés les uns à la suite des autres, et qu'elle ne se referme pas sur elle-même.

-Une **chaîne carbonée** est **ramifiée** si au moins un des atomes de carbone, appelé carbone **ramifié**, est lié à trois ou quatre autres atomes de carbone.

### 2.3.2-EXEMPLES :CH<sub>3</sub>



Alcane à Chaîne linéaire



alcane à chaîne ramifiée

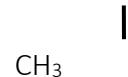
## 2.4-Notion de groupe alkyle

Pour les alcanes, une ramification est appelée substituant ou groupe **alkyle**. Un groupe alkyle dérive des alcanes par la perte d'un atome d'hydrogène.

Pour nommer un groupe alkyle, il suffit de prendre le préfixe indiquant le nombre de carbone et de mettre le suffixe -yle.

Par exemple :

Méthyle : CH<sub>3</sub>- ; éthyle : CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>- ; propyle : CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>- ; isopropyle :



### 3-REGLES DE NOMENCLATURE DES ALCANES

#### 3.1-Les alcanes à chaîne carbonée linéaire

– Pour ces alcanes à chaîne linéaire, le nom est obtenu de la manière suivante :

Préfixe+ane, le préfixe indique le **nombre d'atomes** de carbone dans la molécule.

Exemples :  $n = 5 \Rightarrow$  préfixe : **pent**

nom de l'alcanes : pent + ane : **pentane**

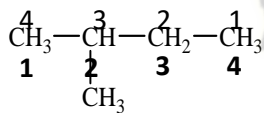
#### 3.2-Les alcanes à chaîne carbonée ramifiée

① On recherche la chaîne la plus longue (**chaîne principale**). Son nombre d'atomes de carbone détermine le nom de l'alcanes.

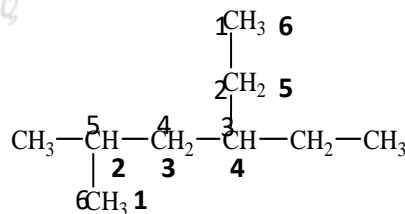
② On numérote la chaîne principale de façon que les indices de position des groupes alkyles soient les plus bas possibles.

③ Le nom complet de l'alcanes est constitué des noms des ramifications précédés de leur indice de position (avec un tiret) suivis du nom de la chaîne principale. Les ramifications sont indiquées par ordre alphabétique et on élide le **e** final.

Exemples :

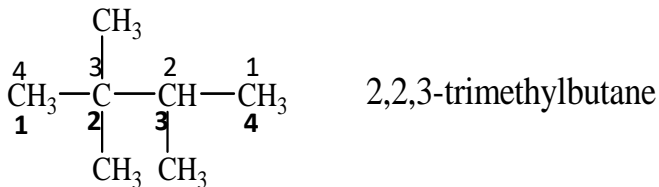


2-methylbutane



4-ethyl-2-methylhexane

N.B Dans le cas de plusieurs substituants identiques, on utilise les préfixes di, tri, tétra, ....



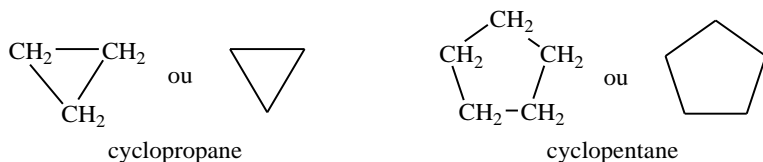
#### 4-Les alcanes à chaîne carbonée cyclique : les cyclanes

##### 4.1-DEFINITION

Les **cyclanes** (ou **cycloalcanes**) sont les alcanes dont la chaîne carbonée se referme sur elle-même. Leur formule générale brute est  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .

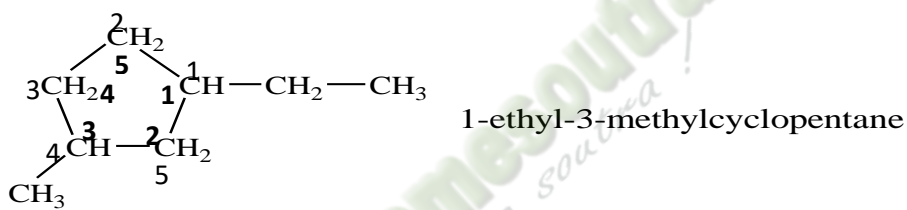
- Le nom des cyclanes non ramifiés s'obtient en faisant précéder du préfixe **cyclo**, le nom de l'alcane linéaire correspondant (analogue).

Exemples :



- Pour les cyclanes à chaîne ramifiée, on utilise les mêmes règles appliquées aux alcanes ramifiés.

Exemple :

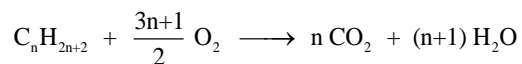


## 5-Propriétés chimiques des alcanes

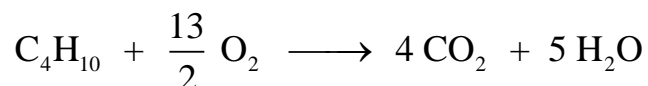
### 5.1-Combustion des alcanes dans le dioxygène

#### 5.1.1-Combustion complète

Dans un excès de dioxygène et dans des conditions adéquates de température, les alcanes brûlent en donnant du **dioxyde de carbone** et de **l'eau**. Cette combustion a pour équation-bilan générale



Exemple : Pour le butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), on a :



#### 5.1.2-Combustion incomplète

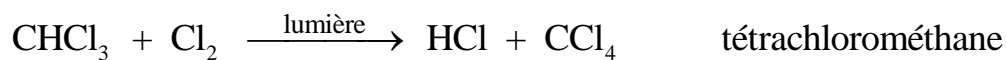
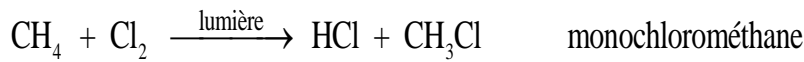
Lorsque le dioxygène est en défaut, la combustion est incomplète. Les produits de la réaction sont : **l'eau**, le **dioxyde de carbone**, le **carbone** et le **monoxyde de carbone (CO)**.

## 5.2-Réaction de substitution des alcanes :

### Exemple : chloration du méthane

La chloration du méthane est une **réaction photochimique**.

- Au cours de cette réaction, chaque atome de chlore se **substitue** à un atome d'hydrogène, il se forme quatre produits selon les équations-bilan suivantes :



## 6-INTERET DES DERIVES CHLORES

Les dérivés chlorés obtenus jouent un rôle important dans la vie courante.

-le monochlorométhane est un gaz très liquéfiable utilisé comme agent de réfrigération du fait de la grande fraîcheur produite par son évaporation.

-le dichlorométhane est utilisé comme solvant.

-le trichlorométhane ou chloroforme sert à l'anesthésie générale en médecine.

-le tétrachlorométhane est excellent solvant utilisé en chimie organique pour la dissolution du brome et de certains corps gras.

**N.B.** Certains dérivés halogénés contenant l'élément chlore ou fluor sont des gaz à effet de serre. C'est le cas du fréon.

## **3-SITUATION D'EVALUATION**

Les alcanes brûlent à l'air ou dans le dioxygène en dégageant beaucoup de chaleur. Ils sont ainsi utilisés comme des combustibles.

La combustion complète d'un alcane non cyclique, à chaîne ramifiée a été réalisée dans un laboratoire de chimie d'un lycée de Dabou par des élèves.

L'un des membres de travail affirme qu'avec 1,16 g de l'alcane, on produit 3,52 g de dioxyde de carbone et 1,8 g d'eau.

Tu es sollicité pour montrer que cet alcane est l'isobutane.

On donne en g/mol :  $M_C = 12$  ;  $M_H = 1$  ;  $M_O = 16$

1-Rappelle la formule générale des alcanes.

2-Ecris l'équation –bilan générale de la combustion complète d'un alcane non cyclique dans le dioxygène.

3- Détermine

3.1- les masses de carbone, hydrogène et d'oxygène contenu dans  $m=1,16\text{g}$  de l'alcane

3.2- la formule brute de l'alcane. 4- Détermine le volume de dioxygène puis le volume d'air qu'a nécessité cette combustion complète.

## EXERCICES

### EXERCICE 1

La combustion complète de  $3,6\text{g}$  d'un alcane A donne  $11\text{g}$  de dioxyde de carbone et  $5,4\text{g}$  d'eau.

1. Ecris l'équation bilan de la combustion complète des alcanes.

2. Déduis la formule brute de l'alcane A.

3. Donne les formules semi-développées de ses isomères.

4. Sachant que sa mono chloration ne donne qu'un seul produit, détermine parmi les formules sémi-développées précédentes celle qui désigne A.

Donne son nom. Ecris l'équation de la mono chloration.

### EXERCICE 2

Un composé organique A a pour composition centésimale massique : **60% de carbone 13,3% d'hydrogène**

On vaporise  $1\text{g}$  de cette substance et la vapeur occupe un volume  $V=373,3\text{ cm}^3$  dans les CNTP.

1-Calcule la masse molaire de A.

2-Calculer le nombre d'atomes de carbone et d'hydrogène contenus dans la molécule de A.

3-Trouve le troisième élément constitutif de A ainsi que la formule de A.

On donne :  $C=12$  ;  $H=1$  ;  $O=16$  ;  $N=14$   $V_m=22,4\text{ L/mol}$

### EXERCICE 3

Ecris les formules sémi-développées des composés suivants :

a. 2 -chloro - 3 - méthylbutane

b. 2,3 -dichloro - 2 - méthylpentane

c. 2-bromo-4-chloro-3 - éthyl - 3 -méthylhexane

d. 1, 1, 2,2 - tétrafluoroéthane

## TITRE DE LA LECON : HYDROCARBURES INSATURES : ALCENES ET ALCYNES

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de 1<sup>ère</sup> C au Lycée Moderne Tiapani de Dabou accompagne son père au garage pour un dépannage. Pour réaliser la soudure du pot d'échappement, le tôlier utilise deux bouteilles de gaz (l'une contient un hydrocarbure insaturé appelé acétylène et l'autre du dioxygène) munies de tuyaux qui arrivent à un chalumeau soudeur. La chaleur dégagée par la combustion permet de faire les soudures.

Le lendemain, il informe ses camarades de classe. Désireux de comprendre le processus, les élèves sous la direction de leur professeur décident de connaître la structure des alcènes et des alcynes, d'en nommer quelques-uns et d'expliquer l'importance industrielle des composés insaturés.

### RESUME DU COURS

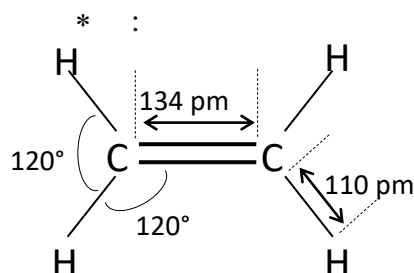
#### 1-Structure et nomenclature des alcènes

##### 1.1-La molécule d'éthylène

L'**éthylène** (ou **éthène**) est le plus simple des alcènes. Sa formule brute est **C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>**.

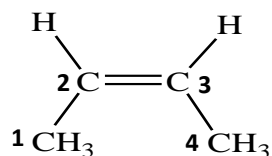
Sa formule semi-développée **CH<sub>2</sub> = CH<sub>2</sub>**

**Structure géométrique :**



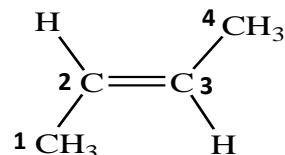
- La molécule est **plane** ;
- chaque atome de carbone a **trois** proches voisins : on dit l'atome de carbone est **trigonal** ;
- du fait de la double liaison, la rotation autour de la liaison carbone - carbone est impossible, ce qui rend la molécule **très rigide**.





**Exemples :**

(*Z*)-but-2-ene  
ou cis-but-2-ène

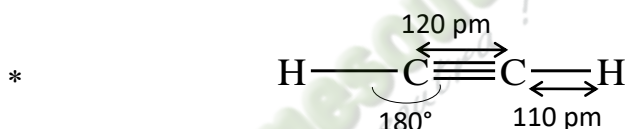
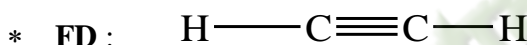


(*E*)-but-2-ene  
ou trans-but-2-ène

## 2-Structure et nomenclature des alcynes

### 2.1-La molécule d'acétylène

L'**acétylène** (ou **éthyne**) est le plus simple des alcynes. C'est un corps gazeux de formule brute  $\text{C}_2\text{H}_2$ .



\* **Structure géométrique :**

- Chaque atome de carbone étant lié à **deux** autres atomes, on dit qu'il est **digonal** ;
- la molécule est **linéaire** ;
- la rotation autour de la liaison carbone – carbone est **impossible**.

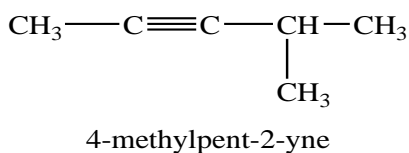
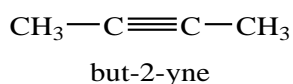
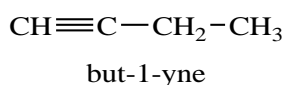
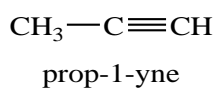
### 2.2-Formule brute générale des alcynes

Les hydrocarbures comportant une triple liaison carbone – carbone ( $\text{C}\equiv\text{C}$ ) forment la famille des alcynes. Leur formule brute générale est  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ .

### 2.3-Nomenclature des alcynes

La nomenclature des alcynes est semblable à celle des alcènes, le suffixe **ène** étant remplacé par **yne**.

**Exemples :**

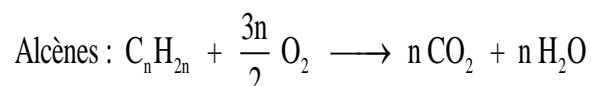


**Remarques** : Comme les alcènes, les alcynes présentent aussi une **isomérisation de chaîne** et une **isomérisation de position**

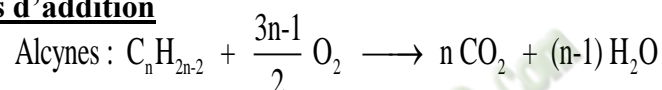
### 3-Propriétés chimiques des alcènes et des alcynes

#### 3.1-Combustion vive des alcènes et des alcynes

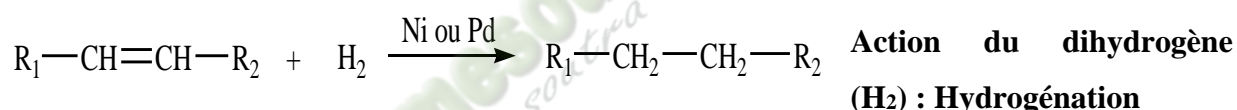
. Lorsque le dioxygène est en quantité suffisante, la combustion est complète et les produits formés sont l'eau et le **dioxyde de carbone** selon les équations-bilan suivantes :



#### 3.2-Réactions d'addition



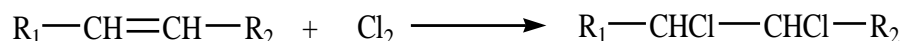
##### 3.2.1-Additions sur les alcènes



En présence d'un catalyseur (Nickel ou palladium), les alcènes réagissent avec le dihydrogène pour donner un alcane selon l'équation-bilan ci-dessus.

$R_1$  et  $R_2$  étant des groupes alkyles.

##### \* **Action des dihalogènes : exemple du dichlore**



**Exemple** : Cas de l'éthylène

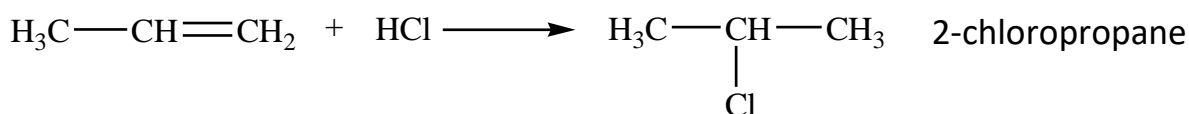


**Remarque** : Cette réaction appelée **chloruration** peut se produire à l'obscurité. Elle n'est donc pas photochimique contrairement à la chloration des alcanes.

##### \* **Action du chlorure d'hydrogène (HCl)**

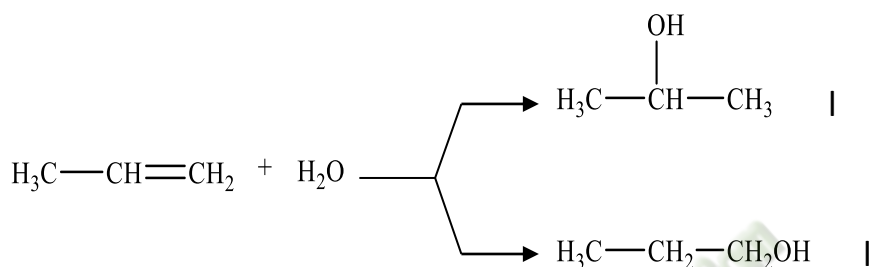
Lors de cette réaction, le chlore se fixe préférentiellement sur le carbone le moins hydrogéné et l'hydrogène se fixe sur le carbone le plus hydrogéné.

**Exemple** : Cas du propène



\* **Action de l'eau : Hydratation**

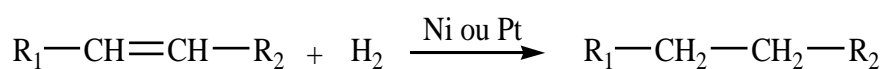
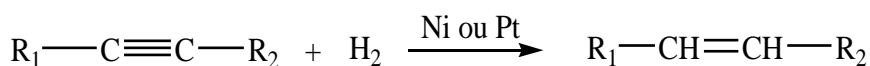
L'addition d'une molécule d'eau sur un alcène en présence d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) conduit à l'obtention d'un alcool.



**3.3.2-Additions sur les alcynes**

**Hydrogénation**

En présence de nickel ou de platine, les alcynes réagissent avec le dihydrogène pour donner un alcane en deux étapes.

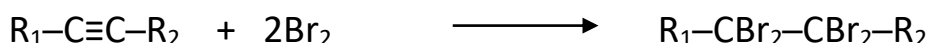


**Remarque** : Avec le palladium comme catalyseur, la réaction

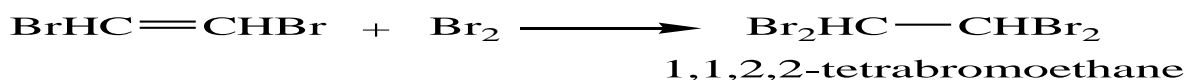
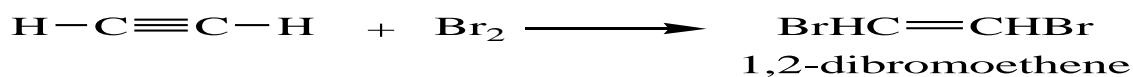
s'arrête à la première étape (obtention de l'alcène).

\* **Action des dihalogènes : exemple du dibrome**

Les alcynes peuvent réagir avec les dihalogènes selon le bilan suivant :



**Exemple** : Cas de l'acétylène





\*

### Action du chlorure d'hydrogène

L'addition se fait en deux étapes successives.

**Exemple** : Cas de l'acétylène



chlorure de vinyle

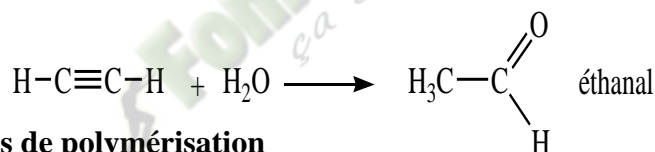


1,1-dichloroéthane

### \* Hydratation des alcynes

L'hydratation des alcynes, en présence d'ions mercuriques  $\text{Hg}^{2+}$ , conduit à l'obtention d'une cétone ou d'un aldéhyde.

**Exemple** : Cas de l'acétylène



## 4-Réactions de polymérisation

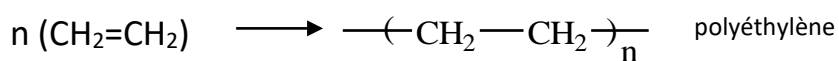
### 4.1-Définition

On appelle réactions de **polymérisation**, des réactions d'addition de plusieurs molécules identiques. Le composé obtenu est appelé **polymère**, la molécule initiale étant le **monomère**.

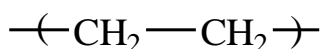
## 4.2-QUELQUES EXEMPLES de POLYMERISATION ET leur UTILITE

### 4.2.1-Polymérisation de l'éthylène

Au cours de cette réaction, plusieurs molécules d'éthylène s'additionnent entre elles par suite de **rupture** de la double liaison. On obtient le **polyéthylène** selon l'équation-bilan suivante :



REMARQUE



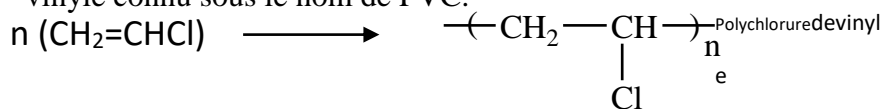
est le motif du polymère et **n** le degré de polymérisation.

\* **Usages du polyéthylène**

- sachets et sacs d'emballage
- jouets, fûts et casiers
- bouteilles plastiques etc ....

**4.2.2-Polymérisation du chlorure de vinyle**

Le chlorure de vinyle ou chloroéthylène ( $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ ) se polymérise en polychlorure de vinyle connu sous le nom de PVC.

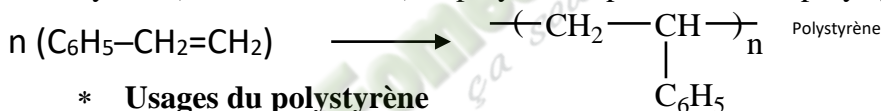


\* **Usages du polychlorure de vinyle**

- Tuyauterie et canalisation

**4.2.3-Polymérisation du styrène**

Le styrène ( $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ) se polymérise pour donner le polystyrène.



\* **Usages du polystyrène**

- emballages anti-chocs,
- récipients (pots de yaourt),
- jouets etc....

**SITUATION D'ÉVALUATION**

Au cours d'un concours de Génie en herbe organisé dans ton établissement, l'épreuve comporte un sujet de chimie dont le contenu donne l'information suivante : il existe un hydrocarbure de la famille des alcynes qui admet comme proportion en masse 12 fois plus de carbone que d'hydrogène. L'hydrogénation complète de  $V=20 \text{ cm}^3$  de cet alcyne en présence de Nickel donne une masse  $m$  d'un alcane B

**On donne** :  $C=12$  ;  $H=1$  ;  $V_m= 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$

Tu es le rapporteur de ton groupe

1-Définis un hydrocarbure.

2-Donne la formule brute générale des alcynes.

3- Ecris la relation entre  $m_C$  et  $m_H$ .

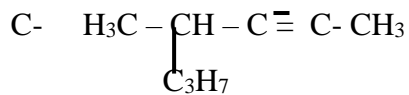
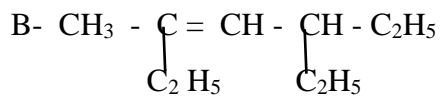
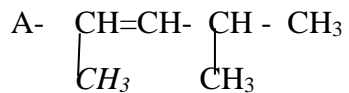
3.2-Détermine la formule brute du composé recherché et nomme le.

4-. Détermine  $m_B$ .

## 4-EXERCICES

### EXERCICE 1

Nomme les alcènes ou les alcynes suivants :



### EXERCICE 2

1-Ecris toutes les formules semi-développées des isomères correspondants à la formule  $\text{C}_4\text{H}_8$ .

2-L'isomère ramifié noté B est hydraté et donne deux Corps C et D dont C est majoritaire.

2.1-Ecris l'équation de l'hydratation

2.2-Nomme les composés C et D.

## TITRE DE LA LECON : LE BENZENE

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

Le père d'un élève en classe de 1<sup>ère</sup> C au Lycée Municipal D'ABOBO travaille dans une imprimerie où il est malheureusement exposé à longueur de journées à des fortes concentrations de benzène. Tombé malade, Le médecin traitant informe la famille qu'il souffre d'une leucémie aigüe. De retour en classe, préoccupé, l'élève informe ses camarades de classe. Pour comprendre ce qui est arrivé et savoir ce qu'est le benzène et ses effets sur l'être humain, les élèves décident sous la supervision de leur professeur, de s'informer sur le benzène, d'écrire les formules brutes et les formules développées d'autres composés aromatiques et d'exploiter les équation-bilans de quelques-unes des réactions chimiques.

### RESUME DE COURS

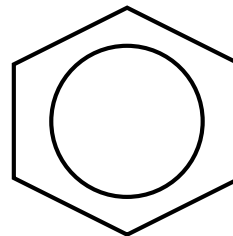
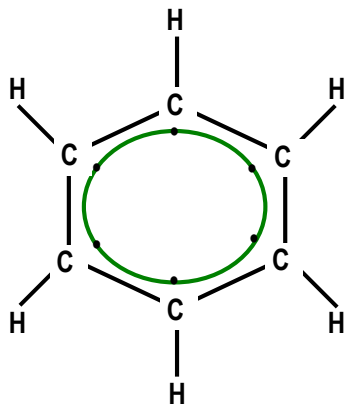
#### I – LA MOLECULE DE BENZENE :

Le benzène est de la famille des composés aromatiques. Ce sont des corps qui dégagent une forte odeur et sont très toxiques et cancérigènes.

#### 1 – Formule, géométrie et structure :

\* Formule :  $C_6H_6$

\* Géométrie et structure :



Représentation symbolique :

Les angles  $\text{HCC} = \text{CCC} = 120^\circ$

Longueur des liaisons :  $(\text{H}-\text{C}) = 110 \text{ pm}$

La molécule est plane.

Chaque atome de carbone établit 3 liaisons. Il reste pour chacun un électron non engagé dans une liaison.

Ces 6 électrons établissent une liaison particulière appelée **liaison délocalisée sur l'ensemble du cycle**.

## 2 – Noyau benzénique :

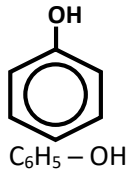
Le noyau benzénique est un ensemble plan de 6 atomes de carbone liés par des liaisons simples et par une liaison délocalisée sur l'ensemble du cycle.

**NB** : Lorsqu'on retranche un atome d'hydrogène au benzène, on obtient le **groupe Phényle** :  $\text{C}_6\text{H}_5$

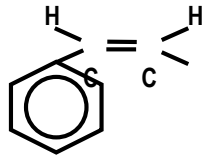


## II – AUTRES COMPOSES AROMATIQUES :

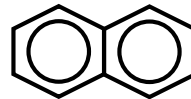
### 1 – Le phénol :



### 2 – Le styrène :

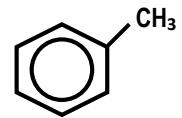


### 3 – Le naphthalène :



### 4 – Le toluène :

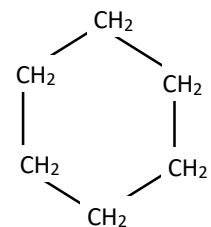
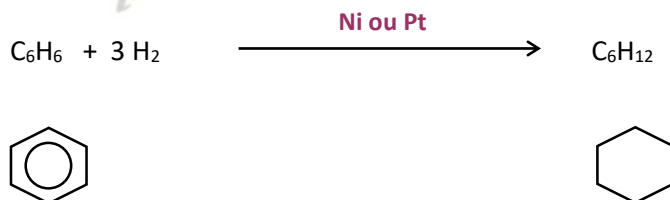
#### méthylbenzène



## III – REACTIONS AVEC LE BENZENE :

### 1 – Réaction d'addition :

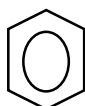
#### a) Addition du dihydrogène :



#### b) Addition du dichlore :

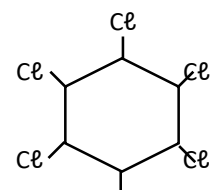


Benzène



1, 2, 3, 4, 5, 6 - hexachloro

cyclohexane



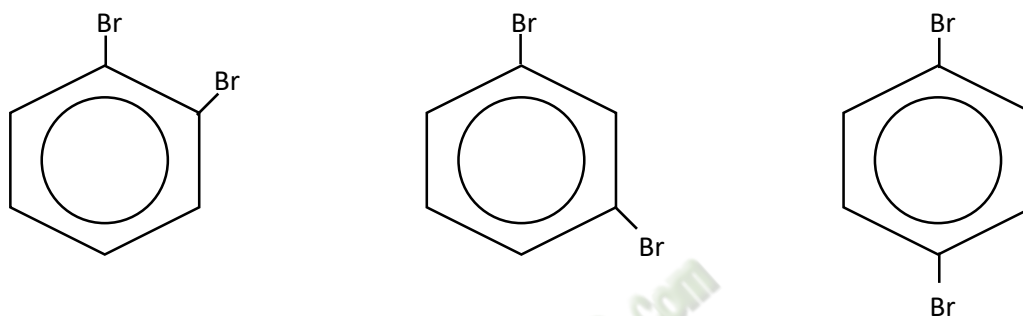


Remarques :

\* Les réactions de substitution conservent le noyau benzénique.

\* Dans le cas d'une double substitution, on obtient les isomères **Ortho, Méta et Para**.

\* Double substitution avec le brome :



1,2 – dibromobenzène

**Ortho**dibromobenzène

**SITUATION D’EVALUATION**

Ton voisin de classe accompagne son père à l’hôpital pour une intervention chirurgicale. Entre autres produits, le médecin leur prescrit la pro quine, composé organique utilisé dans les préparations de l’anesthésie local. L’élève s’informe ensuite et découvre qu’un autre composé A de formule brute  $C_7H_7NO_2$  entre dans la synthèse de la pro quine. Ce composé A est obtenu de façon majoritaire par nitration du toluène. B est le produit minoritaire.

Après la guérison de son père, ton voisin te donne toutes ces informations et te sollicite pour l’aider à déterminer les quantités des composés A et B produits à partir de 5g de toluène.

**Données :  $M_c=12g/mol$  ;  $M_H=1g/mol$  ;  $M_N=14g/mol$  ;  $M_O=16g/mol$  ;  $V_M=24L/mol$**

1-Donne la formule brute du toluène.

2-

2-1.Ecris les formules semi-développées du composé A.

2-2 Nomme les.

3-Ecris l'équation-bilan de la réaction de nitration du toluène.

4-Détermine :

4-1 La masse du composé A obtenu ;

4-2 La masse du corps B formé.

## EXERCICES

### Exercice 1

Complète le texte par les mots suivants : **Toxique ; hexagone ; délocalisé ; molécule ; cyclique ; égaux**

Le benzène est une molécule plane. Sa chaîne carbonée est.....et forme un.....régulier. Dans la molécule tous les angles de liaison sont..... Le nuage électronique ..... explique la réactivité particulière du noyau benzénique. Le benzène est un produit.....et cancérigène donc très dangereux. Le benzène n'additionne que des .....symétriques.

### Exercice 2

Un hydrocarbure  $C_xH_y$  possédant un noyau benzénique a pour densité en phase gazeuse  $d=3,65$  dans les conditions normales de température et de pression (CNTP).

1-Détermine :

1-1. Sa masse molaire

1-2. Sa formule brute

2- Donne les noms des isomères de ce composé aromatique.

### Exercice 3

Dans le commerce sont vendues des boules antimites constituées de paradichlorobenzène de formule brute  $C_6H_4Cl_2$

1-Ecris les formules semi-développées de ce composé.

2-Nomme chaque molécule.

3-Ecris l'équation-bilan de la réaction chimique de synthèse du paradichlorobenzène.

## TITRE DE LA LECON : PETROLE ET GAZ NATURELS

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

Le professeur de physique-chimie de la classe de 1<sup>ère</sup> D<sub>2</sub> du lycée moderne Akpa Gnagne de Dabou demande à ses élèves de faire un exposé ayant pour thème : "pétrole et gaz naturels".

Afin de réussir son exposé, chaque groupe d'élèves entreprend de faire des recherches sur le fractionnement, le craquage et le reformage du pétrole brut, puis de montrer l'importance de quelques produits dérivés et leur impact sur l'environnement

### 2-RESUME DU COURS

#### 1. Origine et composition du pétrole et des gaz naturels

Le pétrole et les gaz naturels sont formés par la décomposition des matières organiques animales ou végétales. Ces débris se déposent au fond des océans, mers et lacs. Ils constituent les sédiments organiques et s'enfouissent progressivement lors des plissements de l'écorce terrestre. A l'abri de l'oxygène de l'air et sous l'action des bactéries, ces sédiments se décomposent très lentement et se transforment en hydrocarbures ; soit à l'état gazeux (gaz naturels) ou liquide (pétrole)

Le pétrole formé est un mélange essentiellement composé d'hydrocarbures saturés (alcane), souvent d'hydrocarbures aromatiques mais rarement d'hydrocarbures insaturés. Les gaz naturels, quant à eux, sont à 90% constitués de méthane.

#### 2. Opérations de base de l'industrie du pétrole et des gaz naturels

Le pétrole est un mélange inutilisable à l'état brut. Il faut donc le fractionner par distillation et traiter chimiquement les fractions obtenues par les opérations de craquage et reformage pour obtenir les produits recherchés. L'ensemble de ces opérations est appelé raffinage.

##### 2.1 Fractionnement du pétrole ou distillation fractionnée

Cette opération consiste à séparer les différents constituants du pétrole selon leurs températures d'ébullition, dans une tour appelée "colonne à plateaux".

## 2.2 Craquage

Cette opération permet de transformer des hydrocarbures lourds en hydrocarbures légers.

## 2.3 Reformage

Cette opération consiste à modifier la structure d'un hydrocarbure sans modifier son nombre d'atomes de carbone. Cette opération se pratique sur les alcanes des essences légères afin d'améliorer leur indice d'octane (cet indice mesure la résistance à l'autoallumage d'un carburant, c'est-à-dire l'allumage sans l'intervention de la bougie).

## 3. Utilité de quelques produits dérivés du pétrole

Des produits tels que les carburants, les solvants, les bitumes, les huiles de graissage,... sont utilisés pour le fonctionnement des moteurs, la fabrication de médicaments, de produits agrochimiques, de matières plastiques, de détergents, de fibres synthétiques, ...

## 4. Impact environnemental

Le mauvais transport des produits pétroliers entraîne souvent des pollutions écologiques telles que des marées noires.

### Situation d'évaluation

Ton petit frère en classe de troisième suit un documentaire sur une chaîne d'informations scientifiques. Il apprend à travers ce documentaire les informations suivantes : "les pétroles sont des huiles naturelles composés d'hydrocarbures et souvent de composés soufrés, oxygénés et azotés. Ils sont donc généralement inutilisables tels qu'ils se présentent à la sortie des puits. Pour se faire, les pétroles bruts sont raffinés avant d'être mis à la disposition des utilisateurs".

Il te sollicite pour avoir plus d'informations sur le traitement du pétrole brut et savoir l'importance des produits dérivés du pétrole.

- 1) Indique trois opérations effectuées au cours du raffinage du pétrole brut.
- 2) Cite trois produits dérivés du pétrole.
- 3) Montre l'importance de ces produits pour les consommateurs.

## EXERCICES

### Exercice 1

1-Explique le fractionnement du pétrole brut.

2-Dis pourquoi cette opération doit avoir lieu.

## Exercice 2

1-Cite quelques produits dérivés du pétrole.

2-Indique l'impact de quelques produits dérivés du pétrole sur l'environnement.

## Exercice 3

Classe les produits de la liste suivante selon les deux catégories : produits dérivés du pétrole et autres produits ; Ethylène ; nitroglycérine ; bitume ; gasoil ; hexachlorocyclohexane ; essence ; acide sulfurique ; carburant turbo-réacteur ; alcool éthylique ; butane ; propane ; acide nitrique.

Produits dérivés du pétrole	Autres produits

## Exercice 4

Lors de la visite d'une usine de traitement de pétrole sous la conduite de votre Professeur de physique-chimie, vous apprenez que le craquage du butane donne lieu à deux réactions ;

-la première conduisant à la formation du méthylpropène et du dihydrogène pour 68%.

-La seconde à la formation du propène et de méthane pour 40%.

De retour en classe, le Professeur vous demande de déterminer les pourcentages en masse des produits de craquage obtenus.

*Données :  $MC=12g/mol$  ;  $MH=1g/mol$*

1-Définis le craquage.

2-Indique d'autres opérations de traitement du pétrole.

3-

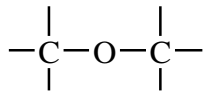
3-1. Ecris les formules semi-développées du butane, du méthylpropène et du propène.

3-2. Ecris les équations-bilans des réactions précédentes.

4-Détermine le pourcentage en masse des produits du craquage.



Les éther-oxydes sont des composés organiques dans lesquels un atome d'oxygène est directement lié à deux atomes de carbones tétraédriques. D'où le groupe fonctionnel



On peut les représenter par la formule générale  $\text{R}_1-\text{O}-\text{R}_2$  où  $\text{R}_1$  et  $\text{R}_2$  sont des groupes alkyles.

Les éther-Oxydes ont pour formule brute générale  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ .

### Remarque

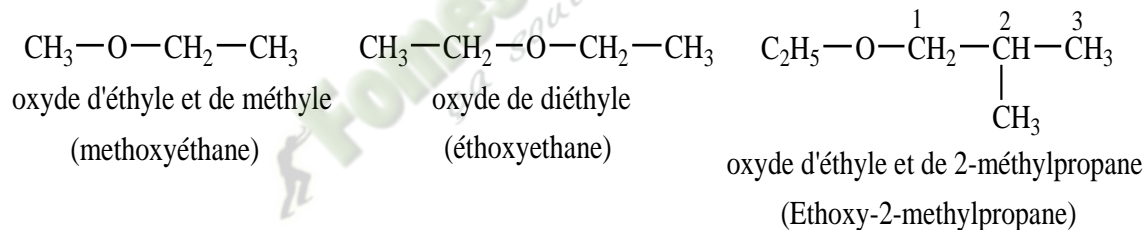
Les alcools et les Ether-Oxydes ont même formule brute mais des groupes fonctionnel différents : On dit que ce sont des isomères de fonction.

## 2.2-REGLE DE NOMENCLATURE

Le nom d'un éther-oxyde peut-être formé de deux façons :

- soit en faisant suivre le mot oxyde par les noms des deux groupes alkyles liés à l'atome d'oxygène.
- soit en remplaçant la terminaison yle du nom du plus petit groupe alkyle par oxy suivi du nom de l'alcane correspondant à l'autre groupe alkyle.

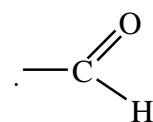
Exemples :



## 3-LES ALDEHYDES

### 3.1-DEFINITION ET FORMULE BRUTE GENERALE

Ce sont des composés organiques qui possèdent le groupe fonctionnel

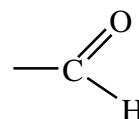


Leur formule brute générale est :  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ .

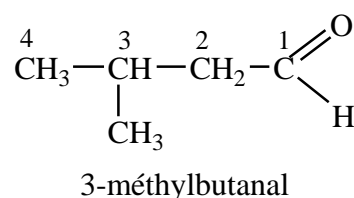
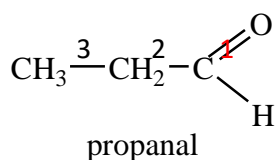
### 3.2-REGLE DE NOMENCLATURE

Le nom d'un aldéhyde dérive de celui de l'alcane correspondant en remplaçant le "e" final de l'alcane par la terminaison "al". La chaîne carbonée se numérote toujours à partir du carbone du

groupe appelé carbone fonctionnel.



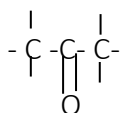
Exemples :



## 4-CETONES

### 4.1-DEFINITION et FORMULE BRUTE

Ce sont les composés organiques dont la molécule renferme le groupe fonctionnel



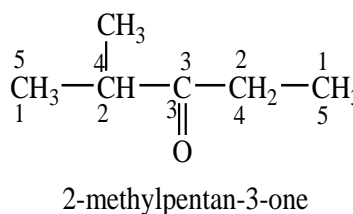
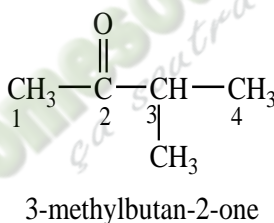
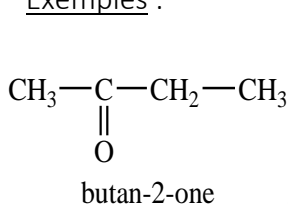
La formule brute générale des cétones est :  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ .

### 4.2-REGLE DE NOMENCLATURE

Le nom d'une cétone dérive de celui de l'alcane analogue en remplaçant le "e" final par la terminaison "one" précédé de l'indice de position du carbone fonctionnel dans la chaîne principale.

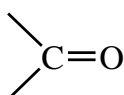
On numérote la chaîne principale de manière à attribuer le plus petit indice possible au carbone fonctionnel.

Exemples :



Remarque : Les aldéhydes et les cétones sont en commun le groupe caractéristique

Appelé groupe carbonyle

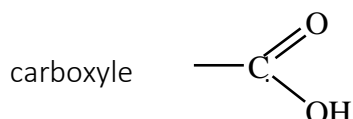


. On les appelle composés carbonylés.

## 5-LES ACIDES CARBOXYLIQUES

### 5-1-DEFINITION ET FORMULE BRUTE

On appelle acides carboxyliques, les composés organiques comportant le groupe



Leur formule générale s'écrit  $\text{R-COOH}$  où R est un radical alkyle.

Leur formule brute est :  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ .



L'un des élèves admet que la formule brute du composé est de la forme  $C_xH_{2x}O_2$  et qu'il contient en masse 36,36% d'oxygène. Le composé a un atome de carbone fonctionnel fixé à un seul atome d'hydrogène.

Intéressé par ces données sur le composé, tu décides de les aider à déterminer la nature du composé.

On donne : masses molaires atomiques (en g/mol): C=12 H=1 ; O=16

1-Rappelle la formule générale des acides carboxyliques ou des esters.

2-Écris la masse molaire M du composé en fonction de x.

3-Détermine la valeur de x et écris la formule brute du composé.

4-Identifie le composé organique (formule semi-développée et nom).

## EXERCICES

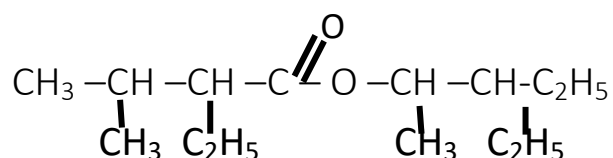
### EXERCICE 1

Ecrire les F.S.D des composés oxygénés suivants :

- A- Acide 3-méthylbutanoïque
- B- 2,3-diméthylpentanal
- C- 3-éthyl-2,4-diméthylpentanoate de 1,1-diméthylpropyle.
- D- 3,4-diméthyl heptan-4-ol

### EXERCICE 2

Donne la famille chimique du composé organique ci-dessous puis nomme-la.



### EXERCICE 3

A- La formule brute de trois alcools à chaîne carbonée non ramifiée est :  $C_5H_{12}O$ .

Propose toutes les F.S.D possibles. Nomme chacune

B- On te demande de nommer tous les esters à chaîne carbonée non ramifiée ayant pour masse molaire  $M=102\text{g/mol}$ .

## TITRE DE LA LECON : L'ETHANOL

### 1-Situation d'apprentissage

Dans le cadre des activités du club scientifique, les élèves de la 1<sup>ère</sup> C du lycée Scientifique de Yakro se rendent sur un chantier de fabrication de boisson traditionnelle appelée communément « KOUTOUKOU ». Ils observent les installations depuis le fût de vin de palme jusqu'au vase de recueillement de la boisson. Ils apprennent par la même occasion que le « KOUTOUKOU » contient une dose importante d'éthanol. Emmerveillés par cette visite, ils décident en classe d'expliquer les procédés d'obtention de l'éthanol, d'identifier les produits de son oxydation et d'exploiter les équation-bilans de son oxydation et de sa combustion.

### 2-RESUME DU COURS

#### 1-GENERALITES SUR L'ETHANOL

##### 1.1-Obtention de l'éthanol

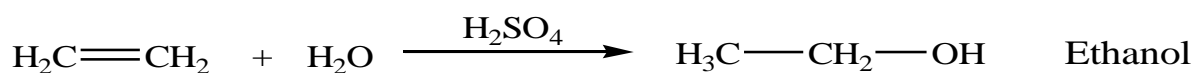
##### 1.1.1- Fermentation des jus sucrés

L'éthanol est obtenu par fermentation des jus sucrés tels que le vin, la bière ... etc.

En effet le glucose contenu dans certains composés peut se transformer en ETHANOL sous l'action des enzymes selon l'équation-bilan  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

##### 1.1.2-Par hydratation de l'éthylène

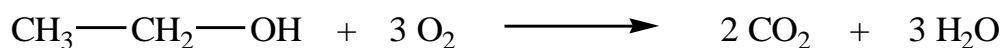
L'hydratation de l'éthylène en présence d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) comme catalyseur conduit à la formation de l'éthanol.



#### 2-Propriétés chimiques de l'éthanol

##### 2.1-Combustion dans l'air

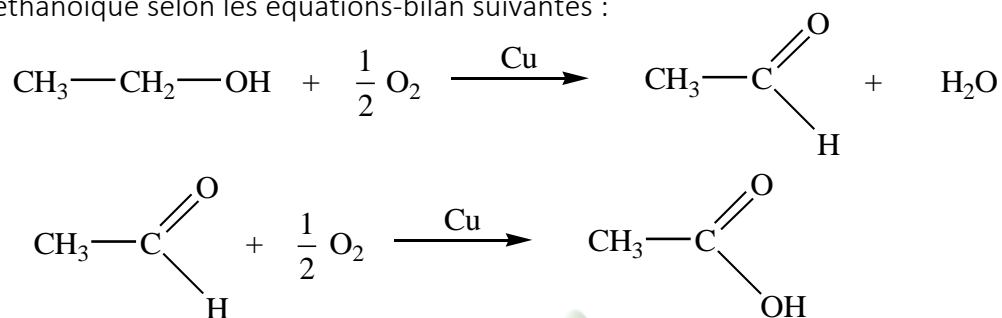
La combustion de l'éthanol dans le dioxygène de l'air donne de l'eau et du dioxyde de carbone.



## 2.2-Oxydations ménagées

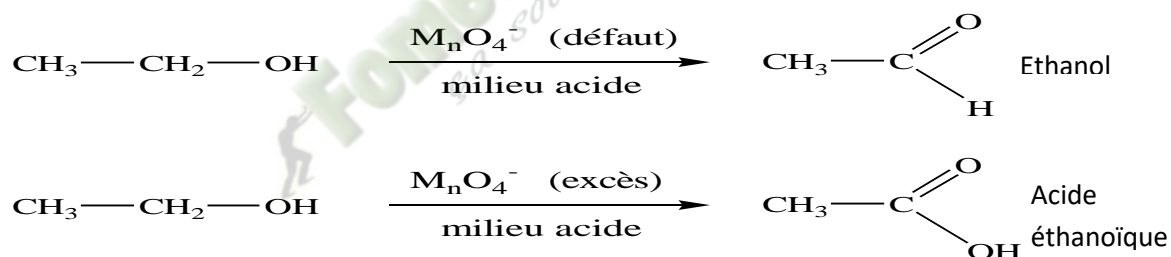
### 2.2.1-Oxydation catalytique

En présence de cuivre, l'éthanol gazeux réagit avec le dioxygène de l'air pour donner l'éthanal puis l'acide éthanoïque selon les équations-bilan suivantes :



### 2.2.2-Oxydation par un oxydant doux:

L'éthanol peut être oxydé en aldéhyde ou en acide éthanoïque par l'ion permanganate (ou l'ion dichromate) selon les équations-bilan ci-après :



## 3-DANGERS LIES A LA CONSOMMATION DE L'ALCOOL

L'éthanol contenu dans la plus part des boissons alcoolisées est dangereux à forte dose.

La consommation excessive peut entrainer des troubles de mémoire et certaines maladies telles que le diabète, la cirrhose de foie.

Aujourd'hui , les agents de surveillance de circulation routière réalise des tests appelés alcootest pour déceler l'excès d'éthanol dans l'organisme de certains conducteurs de véhicule.

### **SITUATION D'EVALUATION**

Dans un laboratoire, un chimiste réalise les expériences ci-dessous à partir d'un monoalcool saturé A ayant pour masse molaire M=60 g/mol.

- 1<sup>ère</sup> étape : Il procède à l'oxydation ménagée de A par du permanganate de potassium en milieu acide.

- 2<sup>e</sup> étape : Du papier imbibé de Réactif de Schiff, en contact avec l'un des composés B obtenus devient rose.

Par ailleurs, le chimiste met en évidence un autre corps C qui colore le papier pH.

On donne en  $\text{g.mol}^{-1}$ : C=12 ; H=1 ; O=16

Ton ami de classe qui a assisté à toutes les étapes de ces expériences, te sollicite en vue de trouver la nature du produit d'oxydation.

On donne en  $\text{g.mol}^{-1}$ : C=12 ; H=1 ; O=16

1-Définis une oxydation ménagée.

2-Donne :

2.1-la formule générale des alcools ;

2.2- le groupe fonctionnel des aldéhydes.

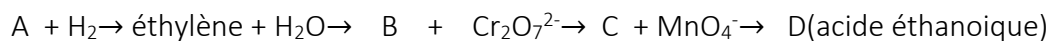
3-Déterminer la formule brute de l'alcool A puis montre que les produits de cette oxydation sont obligatoirement l'éthanal et l'acide éthanoïque.

4-Ecris les équations –bilan des oxydations ménagées qui ont lieu.

## EXERCICES

### Exercice 1

Complète la suite de réaction et nomme chaque corps A , B et C.



### Exercice 2

Un composé organique A de formule brute  $C_nH_{2n}O$  a été oxydé en présence d'un excès de dichromate de potassium pour donner un acide carboxylique C à chaîne ramifiée de masse molaire  $M=88\text{g/mol}$ .

1-Détermine la formule semi-développée de l'acide C.

2-Déduis la fonction chimique , la formule brute et le nom de corps A.

### Exercice 3

L'éthanol peut subir plusieurs transformations chimiques.

1-L'oxydation ménagée de l'éthanol permet de :

- a) Conserver sa chaîne carbonée
- b) Détruire sa chaîne carbonée
- c) Transformer sa chaîne carbonée en cycle

2-La combustion complète de l'éthanol dans le dioxygène permet de :

- a) conserver sa chaîne carbonée
- b) détruire sa chaîne carbonée
- c) produire de l'eau et du monoxyde de carbone.

Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse.

### Exercice 4

Tu réalises l'oxydation ménagée de l'éthanol dans le dioxygène de l'air. Cette réaction se fait en deux étapes successives.

1-Ecris les équations-bilans des réactions de ces deux étapes.

2-Nomme les produits obtenus.

### Exercice 5

Le corps A de formule brute  $C_3H_6O_2$  est obtenu par oxydation d'un composé organique.

1-Précise le type d'oxydation utilisé.

2-Ecris les formules semi-développées possibles du corps A.

3-Ecris les formules semi-développées et les noms des corps susceptibles de donner par oxydation ménagée le composé A

### Exercice 6

Tu réalises la combustion complète de 45g d'éthanol dans du dihydrogène.

Le volume molaire gazeux vaut  $VM=22,4L/mol$

1-Nomme les produits obtenus.

2-Ecris l'équation-bilan de la réaction.

3-Détermine le volume de dioxygène nécessaire pour cette combustion.

4-Détermine les masses respectives des produits obtenus.



## TITRE DE LA LECON : ESTERIFICATION ET HYDROLYSE D'UN ESTER

### 1-Situation d'apprentissage

Des élèves de la classe de 1<sup>ère</sup> C2 du Lycée Municipal de Guibéroua organisent une sortie d'étude dans une usine de fabrication de produits cosmétiques. Lors de la visite, le guide leur apprend que certains parfums sont fabriqués à partir de composés d'origine animale ou végétale appelés esters. Emmerveillés et voulant en savoir le procédé, ils décident sous la supervision de leur professeur et du guide, de définir les réactions d'estérification et d'hydrolyse des esters, de connaître leurs caractéristiques, d'expliquer la notion d'équilibre chimique et d'exploiter les équations-bilans de ces réactions.

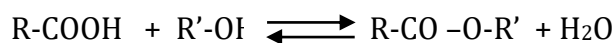
### 2-RESUME DU COURS

#### 1-LA REACTION D'ESTERIFICATION

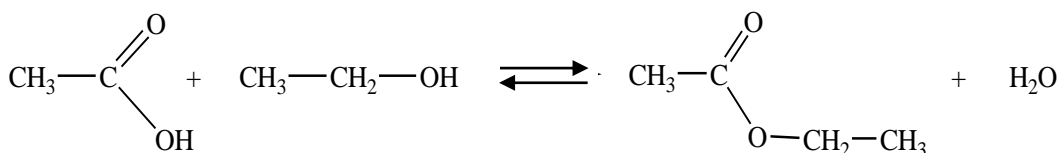
##### 1.1.-DEFINITION

L'estérification est la réaction entre un acide carboxylique et un alcool. Elle conduit à la formation d'un ester et de l'eau.

##### 1.2-EQUATION -BILAN GENERALE



##### EXEMPLE :

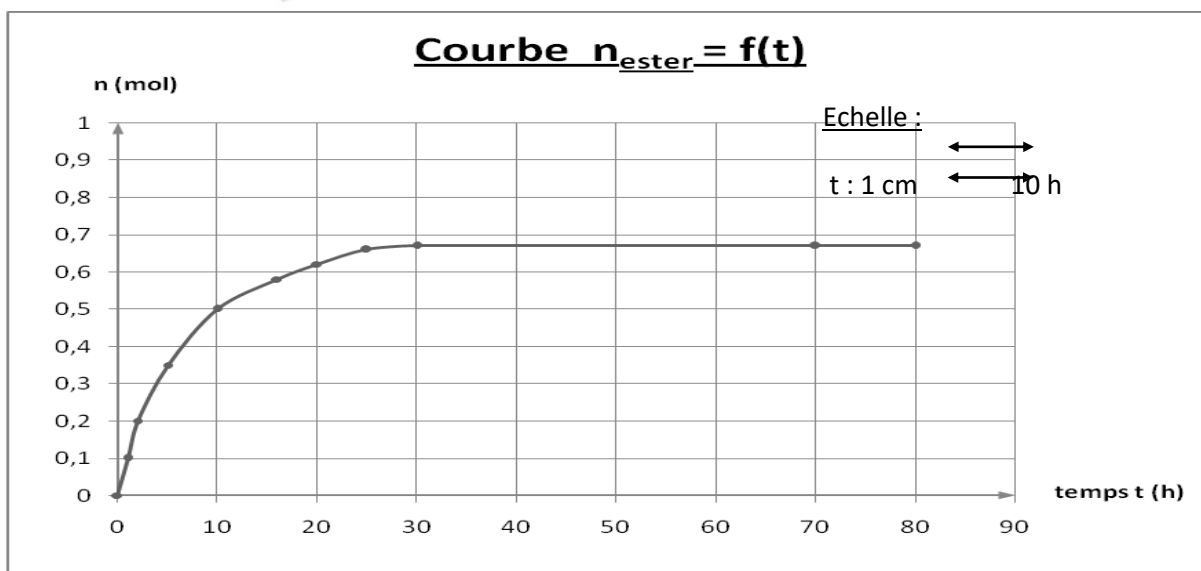


### 1.3 COURBE $n_{\text{ESTER}} = f(t)$

On mélange de façon équimolaire de l'acide éthanoïque (1mol) et l'éthanol(1mol) en présence d'acide sulfurique concentré. On chauffe le mélange à 100 °C. On détermine, à différentes dates, les quantités de matière  $n_E$  d'ester formé .On consigne les résultats dans un tableau.

t (en heure)	acide restant (mol)	alcool restant (mol)	ester formée (mol)	$n_{\text{ester}}$	eau formée (mol)
0	1	1	0		0
1	0,9	0,9	0,1		0,1
2	0,8	0,8	0,2		0,2
5	0,65	0,65	0,35		0,35
10	0,5	0,5	0,5		0,5
16	0,42	0,42	0,58		0,58
20	0,38	0,38	0,62		0,62
25	0,34	0,34	0,66		0,66
30	0,33	0,33	0,67		0,67
70	0,33	0,33	0,67		0,67
80	0,33	0,33	0,67		0,67

### TRACE DE LA COURBE $n_{\text{ESTER}} = f(t)$



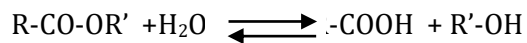
La réaction d'estérification est une réaction lente, réversible limitée et athermique (pas de perte, ni de gain d'énergie).

## 2-REACTION D'HYDROLYSE D'UN ESTER

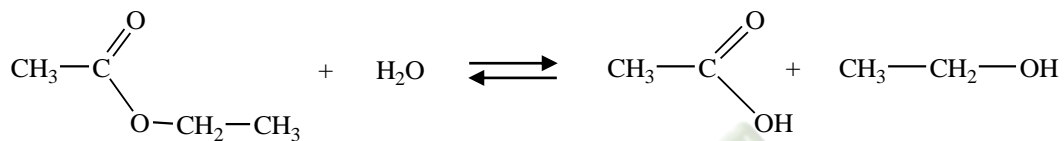
### 2.1.-DEFENITION

L'hydrolyse d'un ester est l'action de l'eau sur cet ester. On obtient un alcool et un acide carboxylique.

### 2..2-EQUATION-BILAN GENERALE



-Exemple :



### 2.3-COURBE $n_{\text{ESTER}} = f(t)$

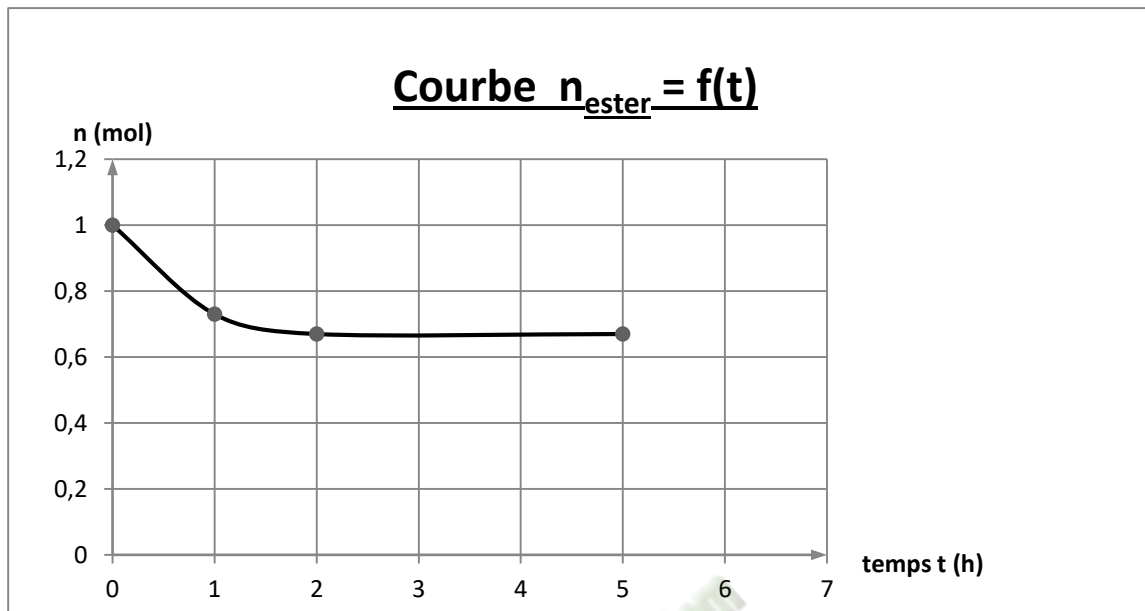
On chauffe, après addition d'acide sulfurique, un mélange équimolaire d'éthanoate d'éthyle et d'eau.

A différentes dates, on détermine les quantités de matière de l'ester restante. Les résultats sont consignés dans un tableau.

Duré et (heures)	Quantité d'ester restante $n_{\text{ester}}$ (en mol)	Quantité d'eau restante (mol)	Quantité d'acide formée (en mol)	Quantité d'alcool formée (en mol)
0	1	1	0	0
10	0,73	0,73	0,27	0,27
20	0,67	0,67	0,33	0,33
50	0,67	0,67	0,33	0,33

Echelle :

t : 1 cm  $\longleftrightarrow$  10 h



COURBE  $n_{\text{ESTER}} = f(t)$

### CONCLUSION

La réaction d'hydrolyse d'un ester est aussi une réaction lente, réversible, limitée et athermique.

### 3-NOTION D'EQUILIBRE CHIMIQUE

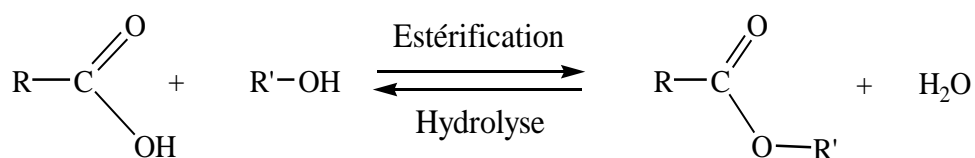
#### 3.1-REACTIONS REVERSIBLES

La réaction d'estérification et l'hydrolyse d'un ester sont deux réactions qui se déroulent simultanément. En effet, au cours d'une estérification, pendant que l'acide et l'alcool sont transformés en ester et eau, dans le même temps, l'ester et l'eau formés se transforment en acide et alcool : on dit qu'elles sont réversibles.

#### 3.2-EQUILIBRE CHIMIQUE

Au cours des deux réactions, on atteint état d'équilibre dans lequel les quantités de matière des réactifs et des produits restent constantes dans le milieu réactionnel. On parle d'équilibre chimique.

C'est pourquoi les équations-bilans de ces réactions s'écrivent avec la double flèche en sens inverse.



#### 4-Rendement de l'estérification et de l'hydrolyse

##### -Cas de l'estérification

Si le mélange réalisé avec les réactifs (l'acide et l'alcool) est équimolaire :

$$\rho = \frac{\text{nombre de moles d'ester formé}}{\text{nombre de moles d'acide initial}} = \frac{n_E}{n_o(A)} \quad \text{soit } 67\%$$

##### --Cas de l'hydrolyse d'un ester

Si le mélange réalisé avec les réactifs (l'ester et l'eau) est équimolaire :

$$\rho = \frac{\text{nombre de moles d'acide formé}}{\text{nombre de moles d'ester initial}} = \frac{n_A}{n_o(E)} \quad \text{soit } 33\%$$

### 3-SITUATION D'ÉVALUATION

Au cours d'une séance de T.P ; ton groupe de travail est désigné pour préparer un ester dont la saveur et l'odeur sont celles de la banane mûre. Cet ester, utilisé pour aromatiser certains sirops est l'éthanoate de 3-méthylbutyle. La réaction a lieu dans une ampoule scellée contenant 0,15 mol d'acide carboxylique et 0,45 mol d'alcool et un peu d'acide sulfurique. L'expérience est réalisée à 100°C. Dans ces conditions, le taux d'estérification est 90%. Tu es rapporteur du groupe.

On donne : masses atomiques(en g/mol) : C=12 ; H=1 ; O=16

1- Donne le rôle de l'acide sulfurique.

2- Ecris:

2.1- les formules brutes des deux produits formés ;

2.2- la formule semi-développée de l'ester à préparer.

2.3- les formules semi-développées et les noms des deux réactifs

2.4- l'équation -bilan de la réaction qui a lieu.

3- Détermine la masse de l'ester et de l'eau formées à la limite de l'estérification.

### 4-EXERCICES

#### EXERCICE 1

Donne les noms et les formules chimiques des corps que l'on obtient à partir des réactifs ci-dessous :

A- Acide 2-méthylbutanoïque et propan-2-ol

B- Acide 2-éthyl-3,3-diméthylhexanoïque et éthanol

C- 3-méthylpentanoate de méthyléthyle et l'eau

## EXERCICE 2

On donne le tableau ci-dessous

Acide initial	Alcool initial	Rendement	Masse d'ester
0,45mol	0,45mol	67%	
0,15mol	0,60mol	92%	
0,8mol	0,25mol	60%	

1-L'ester formé possède trois atomes de carbone.

1.1-Ecris sa formule brute

1.2-Propose toutes les formules semi-développées possibles. Nomme-les

2-Détermine, pour chaque cas, la masse d'ester formé .

Données : C=12 ; H=1 ; O=16

Fomesultra.com  
sa soutra

## TITRE DE LA LECON : REACTIONS D'OXYDOREDUCTION

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

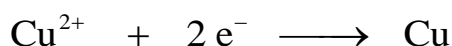
Un groupe d'élèves de la 1<sup>ère</sup> C du Lycée Moderne Grand-Lahou réalise une expérience : il immerge de la paille de fer dans une solution de sulfate de cuivre (II). Au bout de quelques minutes, les élèves observent sur la paille de fer un dépôt rouge brun et la décoloration de la solution de sulfate de cuivre (II).

Désireux de savoir ce qui s'est réellement passé, les élèves sous la supervision de leur professeur, cherchent à interpréter cette réaction, à écrire son équation-bilan et à définir les termes oxydation, réduction, oxydant et réducteur.

### RESUME DU COURS

#### 1. RÉACTION ENTRE LE FER METAL ET UNE SOLUTION AQUEUSE DE SULFATE DE CUIVRE

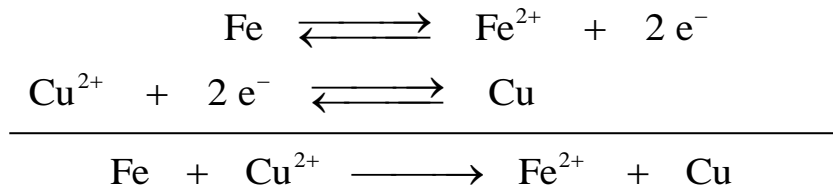
Lorsqu'on verse la paille de fer dans une solution de sulfate de cuivre, il ya un dépôt de cuivre qui indique que les ions cuivre II se sont transformés en métal cuivre en captant deux électrons selon la demi-équation électronique suivante :



La coloration verte claire de la solution montre la présence d'ions ferreux (ions fer II), mis en évidence par le test à la soude (précipité verdâtre d'hydroxyde de fer II). Ces ions sont issus de la perte de 2 électrons par les atomes de fer selon la demi-équation électronique ci-après :



Au cours de la réaction entre le métal fer et les ions cuivre II, les ions cuivre II sont transformés en cuivre métallique tandis que le métal fer est transformé en ions fer II. L'équation-bilan de cette réaction est la superposition des deux demi équation électroniques :



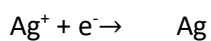
Les électrons cédés par les atomes de fer sont captés par les ions cuivre II. On a donc un transfert d'électrons des atomes de fer aux ions cuivre II.

## **2. RÉACTION ENTRE LE CUIVRE MÉTAL ET UNE SOLUTION AQUEUSE DE NITRATE D'ARGENT**

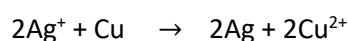
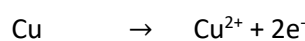
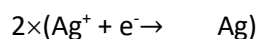
Une tige de cuivre bien décapée est plongée dans une solution de nitrate d'argent.

La partie immergée de la tige de cuivre se recouvre d'un dépôt gris brillant : c'est du métal argent.

La solution initialement incolore devient bleue.(présence des ions cuivre II)



Les ions  $\text{Ag}^{+}$  réagissent sur le métal cuivre pour donner un dépôt de métal Ag et des ions cuivre II . L'équation bilan de cette réaction d'oxydoréduction est :



### 3. QUELQUES NOTIONS SUR LA RÉACTION D'OXYDORÉDUCTION

#### 3.1 Quelques définitions

**Réducteur** : C'est une espèce chimique capable de céder un ou plusieurs électrons.

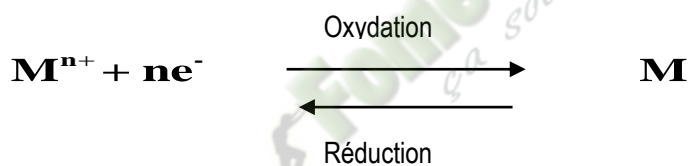
**Oxydant** : C'est une espèce chimique capable de capter un ou plusieurs électrons.

**Réduction** : C'est une transformation chimique au cours de laquelle une espèce chimique gagne un ou plusieurs électrons.

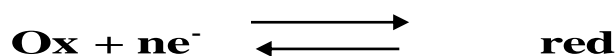
**Oxydation** : C'est une transformation chimique au cours de laquelle une espèce chimique perd un ou plusieurs électrons.

#### 3.2 Couple oxydant-réducteur ou redox

Un métal M et un ion métallique  $M^{n+}$  constitue un couple oxydant- réducteur ou couple redox noté  $M^{n+}/M$  auquel on associe la demi-équation électronique :



L'oxydant et le réducteur formés à partir du même élément sont dits conjugués. Le couple redox s'écrit : ox/red.

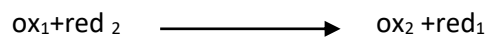


Exemple :  $\mathbf{Cu^{2+} / Cu}$  ;  $\mathbf{Zn^{2+} / Zn}$  ;  $\mathbf{Fe^{3+} / Fe^{2+}}$

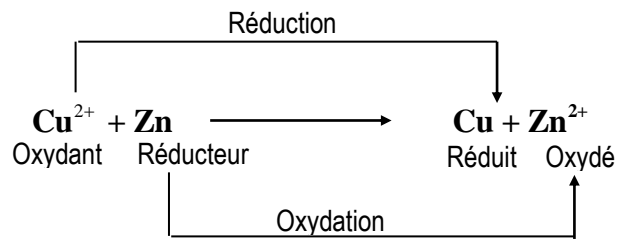
#### 3.3 Réaction d'oxydoréduction

Une réaction d'oxydoréduction est un transfert d'électrons du réducteur d'un couple sur l'oxydant d'un autre couple. Au cours d'une réaction d'oxydoréduction, il y a simultanément oxydation du réducteur par l'oxydant et réduction de l'oxydant par le réducteur.

Soit la réaction entre les couples redox :  $ox_1/red_1$  et  $ox_2/red_2$  on a alors :



Exemple



 **Fomesoutra.com**  
ça soutra !

## Situation d'évaluation

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un groupe d'élèves de première C du Lycée Moderne de Grand-Lahou plonge dans 500ml d'une solution de chlorure de cuivre II une plaque d'étain (Sn). Ils observent :

- un dépôt de cuivre sur l'étain ;
- la décoloration progressive de la solution ;
- une perte en masse de la plaque de 55 mg

Ils veulent déterminer les couples redox mis en jeu. Ils sollicitent ton aide.

1.-Définis une réaction d'oxydoréduction

2-Interprète ces observations.

3- Ecris l'équation-bilan de la réaction qui a lieu

4- Dans cette réaction :

- 4.1- Indique l'oxydant et le réducteur.
- 4.2- Indique le corps qui s'oxyde et le corps qui se réduit.
- 4.3- Donne les couples oxydant-réducteurs mis en jeu

5- Détermine :

- 5.1- La masse de cuivre déposé
- 5.2- La concentration initiale en chlorure de cuivre II dans la solution.

## EXERCICES

### EXERCICE 1

Complète le texte ci-dessous avec les mots ou groupes de mots suivants :

Une perte, réagit, oxydants, deux couples, réducteurs, un gain.

La réaction d'oxydoréduction spontanée se décompose en une réaction d'oxydation et une réaction de réduction. L'oxydation est ..... d'électrons alors que la réduction est

..... d'électrons. La réaction d'oxydoréduction met toujours en jeu ..... oxydant/réducteur. Les ions métalliques sont des ..... et les métaux sont des ..... Pour deux couples oxydant-réducteur donnés, lorsque l'oxydant du couple 1 réagit avec le réducteur du couple 2, l'oxydant du couple 2 ne ..... pas avec le réducteur du couple 1.

## EXERCICE 2

Dans un tube à essai contenant une solution de chlorure d'étain II ( $\text{Sn}^{2+};\text{Cl}^-$ ), on introduit la limaille de fer. Quelques temps après, on ajoute quelques gouttes d'une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+;\text{OH}^-$ ) à un prélèvement du contenu du tube à essai. Il apparaît alors un précipité vert.

- 1) Nomme l'ion mis en évidence par la solution d'hydroxyde de sodium.
- 2) Donne les couples oxydants/réducteurs qui interviennent dans la réaction qui se produit dans le tube à essai.
- 3) Ecris les demi-équations électroniques correspondant à ces couples.
- 4) Ecris l'équation-bilan de la réaction qui s'est produite entre le fer et la solution de chlorure d'étain II.

## EXERCICE 3

- 1) Calcule la masse du zinc qui peut être oxydée par un volume  $V = 50 \text{ mL}$  d'une solution de sulfate de cuivre II de concentration molaire volumique  $C = 0,1 \text{ mol. L}^{-1}$ .
- 2) Calcule la masse du dépôt de cuivre sachant que la réaction est totale.

Données : masses molaires atomiques en  $\text{g/mol}$  :  $M(\text{Cu}) : 63,5$  ;  $M(\text{Zn}) : 65,4$

## TITRE DE LA LECON : CLASSIFICATION QUALITATIVE DES COUPLES

### Situation d'apprentissage

Lors d'une fête de l'excellence au Lycée Moderne de Grand-Lahou, les élèves de 1<sup>ère</sup>C ont constaté que leurs camarades élèves ayant consommé de la citronnade conservée toute une nuit dans un seau en zinc ont été intoxiqués, alors que ceux ayant consommé le même jus dans un seau en cuivre n'ont pas eu de problème. Le médecin de la cité leur apprend qu'une des hypothèses de l'intoxication serait la réaction des ions zinc II. Intrigués par ce qu'ils viennent d'entendre, ils informent leur professeur et ensemble, ils cherchent à interpréter quelques réactions d'oxydo-réduction, à classer quelques couples oxydants/réducteurs et à déduire les réactions possibles.

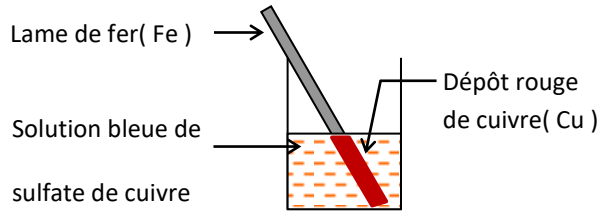
### RESUME DU COURS

#### 1- CLASSIFICATION QUALITATIVE

##### 1.1 – Principe de la classification

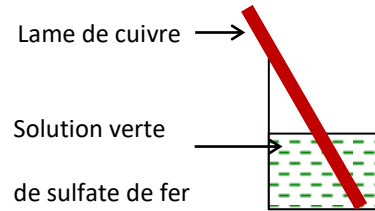
### 1.1.1 action des ions $\text{Fe}^{2+}$ sur le métal Cu

#### Expériences :



Expérience1 :

*Il y a réaction.*



Expérience2 :

*Pas de réaction.*

#### Exploitations :

##### \* Expérience1 :

L'oxydant  $\text{Cu}^{2+}$  du couple  $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$  réagit avec le réducteur Fe du couple  $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$ .

##### Expérience2 :

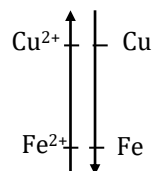
L'oxydant  $\text{Fe}^{2+}$  du couple  $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$  ne réagit pas avec le réducteur Cu du couple  $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$ .

\* Il existe donc une relation d'ordre entre les pouvoirs oxydants et les pouvoirs réducteurs

De deux couples. On dira que : -  $\text{Cu}^{2+}$  est plus oxydant que  $\text{Fe}^{2+}$ .

- Fe est plus réducteur que Cu.

Cette relation d'ordre sera schématisée par une échelle.



### **1.1.2- Action de l'ion argent et le métal cuivre et entre l'ion cuivre et le métal argent**

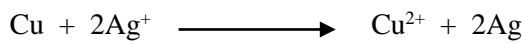
Le métal cuivre réduit les ions  $\text{Ag}^+$  or le métal argent ne réduit pas les ions  $\text{Cu}^{2+}$  :

Le métal cuivre est plus réducteur que le métal argent.

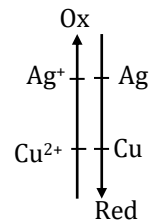
Les ions  $\text{Ag}^+$  oxydent le métal cuivre tandis que les ions cuivre II ( $\text{Cu}^{2+}$ ) n'oxydent pas le métal Ag :  $\text{Ag}^+$  est plus oxydant que  $\text{Cu}^{2+}$ .

La réaction possible est celle qui se déroule entre  $\text{Ag}^+$  (oxydant le plus fort) et Cu (le réducteur le plus fort).

L'équation bilan la réaction est :



D'où l'échelle de classification :



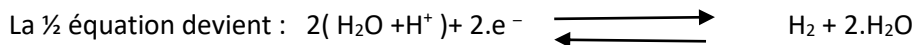
## 2 – Place du couple $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2$ :

### 2.1- Le couple $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2$ ou $\text{H}^+/\text{H}_2$ :

\* ½ équation électronique :



\*  $\text{H}_3\text{O}^+$  correspond à un proton  $\text{H}^+$  fixés sur une molécule d'eau  $\text{H}_2\text{O}$  :  $\text{H}_3\text{O}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$

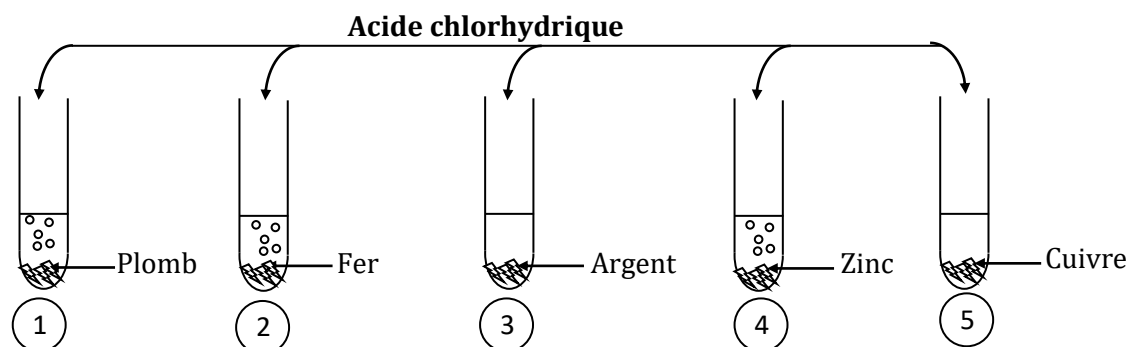


Ce qui correspond au couple



### 2.2- Etude expérimentale

#### 2.2.1- Action de l'acide chlorhydrique sur les métaux



Il y a un dégagement de gaz (dihydrogène) dans les tubes 1, 2 et 4 mais rien se produit dans les tubes 3 et 5.

### 3.2 Conclusion

Pb, Fe et Zn sont plus réducteurs que le dihydrogène mais Cu et Ag sont moins réducteurs que  $H_2$ .

D'où la position du couple  $H_3O^+/H_2$  dans la classification qualitative précédente.

Cette position permet de prévoir l'action d'un acide sur un métal.

*Fomesoutra.com*  
*ça soutra !*

## 3. CLASSIFICATIONS DE QUELQUES COUPLES

### 3.1 Expériences et observations

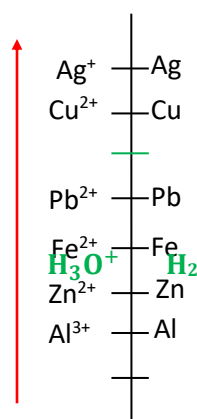
$M^{2+}$ \ M	Ag	Cu	Pb	Fe	Zn	Mg
--------------	----	----	----	----	----	----

Ag <sup>+</sup>		+	+	+	+	+
Cu <sup>2+</sup>			+	+	+	+
Pb <sup>2+</sup>				+	+	+
Fe <sup>2+</sup>					+	+
Zn <sup>2+</sup>						+
Mg <sup>2+</sup>						

### 3.2 Conclusion

*Fomesoutra.com*  
*ça soutra !*

Pouvoiroxydant  
croissant



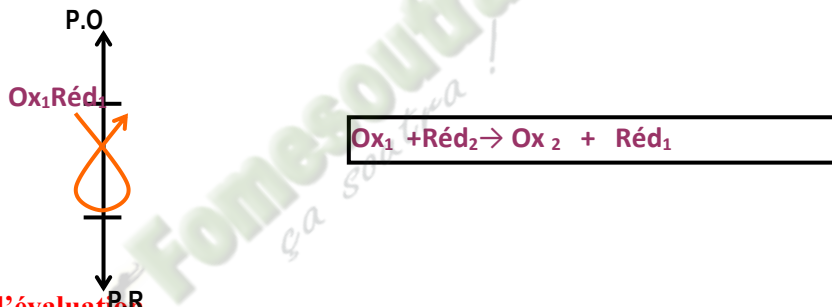
Pouvoir réducteur  
croissant

Remarque : La classification électrochimique permet de prévoir le sens de la réaction d'oxydoréduction

#### 4- Utilisation de l'échelle de classification :

\* L'échelle de classification permet de prévoir les réactions chimiques naturelles possibles et impossibles entre deux couples rédox.

\* La seule réaction naturelle possible entre deux couples rédox, est celle de l'oxydant le plus fort avec le réducteur le plus fort. Cette règle est schématisée par « la règle de Gamma »



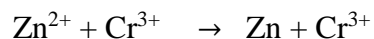
### 3-Situation d'évaluation

Au cours d'une lecture deux élèves de première C du Lycée Moderne de Grand-Lahou veulent approfondir leur connaissance en oxydoréduction à travers l'exercice ci-dessous.

1. Ecrire l'équation de la réaction possible entre les couples  $Pb^{2+}/Pb$  et  $Au^{3+}/Au$  sachant que  $Au$  est moins réducteur que  $Ag$ .

2. Dans cette réaction, précisez l'oxydant, le réducteur, l'oxydé et le réduit.

3. On donne les équations des réactions possibles suivantes :



3.1 Equilibre si possibles les équations – bilan

3.2 Fais une classification de tous les couples intervenus dans cet exercice.

3.3 En déduis la réaction possible entre les couples  $Cr^{3+}/Cr$  et  $Ag^+/Ag$ .

## 4-EXERCICES

### EXERCICE 1

Une lame de plomb trempée dans une solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+$ ;  $\text{NO}_3^-$ ) se recouvre d'argent métallique.

- 1) Ecris les couples oxydants-réducteurs qui interviennent.
- 2) Ecris l'équation-bilan de la réaction chimique qui se produit.
- 3) Dis ce qui se passe lorsqu'on trempe une baguette d'argent dans une solution de sulfate de plomb ( $\text{Pb}^{2+}$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$ )

## EXERCICE 2

On plonge un bijou d'argent dans une solution de chlorure d'or ( $\text{Au}^{3+}$ ;  $3\text{Cl}^-$ ); ce bijou jaunit.

Sachant que les couples qui interviennent sont :  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  et  $\text{Au}^{3+}/\text{Au}$ .

- 1) Range les oxydants par ordre de pouvoir croissant et les réducteurs par ordre de pouvoir croissant.
- 2) Ecris l'équation-bilan de la réaction spontanée.

## EXERCICE 3

On réalise deux expériences suivantes :

**-expérience 1 :** On plonge une lame de fer dans une solution de nickel II. On observe la formation d'un dépôt métallique.

**-expérience 2 :** Lorsqu'on plonge une lame de plomb dans la solution de nickel II aucun dépôt n'apparaît.

- 1) Ecris les couples oxydants-réducteurs qui interviennent dans ces deux expériences.
- 2) Ecris l'équation-bilan de la réaction chimique qui se produit dans l'expérience 1.
- 3) Classe les couples oxydants-réducteurs par pouvoir oxydant croissant.

**TITRE DE LA LECON : CLASSIFICATION QUANTITATIVE DES COUPLES  
OXYDANTS/REDUCTEURS**

### **1-Situation d'apprentissage**

Un réparateur d'appareils électroménagers du quartier commerce de Grand-Lahou a fasciné un groupe d'élèves de la 1C du Lycée Moderne de ladite ville avec l'expérience ci-contre. Il insère une lame de cuivre et une lame de zinc dans une tomate. A l'aide d'un voltmètre, il mesure la différence de potentiel entre les deux lames. Il dit aux élèves qu'il vient de réaliser une pile.

Fascinés par cette découverte et afin d'en savoir davantage, en classe, le groupe informe leurs camarades et sous la supervision de leur professeur ils entreprennent de schématiser cette pile, d'expliquer son fonctionnement, de déterminer sa f.e.m. puis de schématiser d'autres piles.

### **2-RESUME DE COURS**

#### **1 ETUDE D'UNE PILE ELECTROCHIMIQUE : LA PILE DE DANIELL**

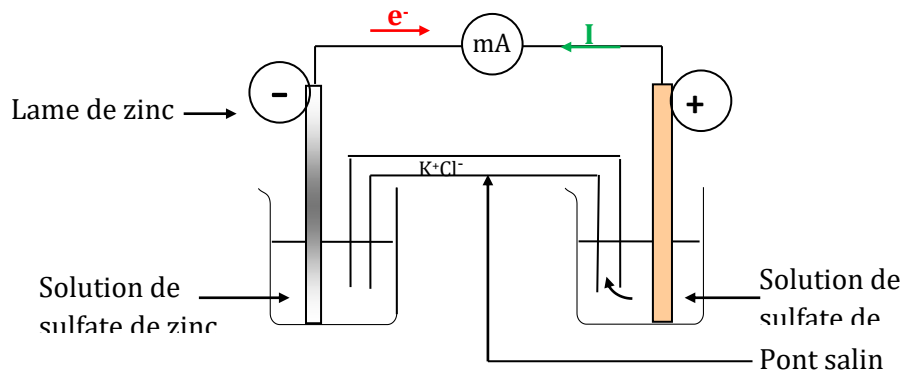
##### **1.1 Notion de piles électrochimique**

Les réactions d'oxydoréduction sont des réactions au cours desquelles il s'effectue des échanges d'électrons. Le déplacement des électrons engendre un courant électrique : on dit donc qu'on a constitué une pile électrochimique.

La pile transforme l'énergie chimique en énergie électrique.

##### **1.2 Fonctionnement de la pile de Daniell**

### 1.2.1 Expérience et observation



**Schéma de la pile Daniell**

#### **Remarque :**

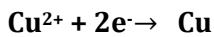
Les deux lames sont appelées électrodes  
Chaque compartiment constitue une demi-pile.

### 1.2.2 Interprétation

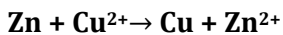
A l'électrode de zinc (-) : les atomes de zinc cèdent des électrons et se transforment progressivement en ions  $Zn^{2+}$ . La demi-équation d'oxydation est :



- ✓ A l'électrode de cuivre (+) : Les ions cuivre II ( $Cu^{2+}$ ) captent les électrons cédés par les atomes de zinc et se transforment en métal cuivre. La demi-équation de réduction est :



L'équation bilan de la transformation électrochimique est :



#### **Remarque :**

\*\*Le pôle négatif d'une pile est toujours le siège d'une réaction d'oxydation tandis que

Le pôle positif est le siège d'une réaction de réduction.

\*\*La concentration en ions  $Cu^{2+}$  diminue tandis que la masse de cuivre augmente.

\*\*La concentration en ions  $Zn^{2+}$  augmente tandis que la masse de la lame de zinc

diminue.

### 1.2.3 Notation conventionnelle de la pile Daniell



### 1.2.4 Rôle du pontsalin

Les ions cations(  $\text{K}^+$ ) se déplacent vers l'électrode de cuivre et les anions ( $\text{Cl}^-$ ) vers l'électrode de zinc à travers le pontsalin.

Le pontsalin permet donc d'assurer la neutralité électrique de chaque compartiment en convoyant les ions de charge positive vers la borne positive et les ions de charge négative vers la borne négative ainsi que la fermeture du circuit.

## 2. AUTRES EXEMPLES DE PILES

PILES	Pôle « + »	Pôle « - »	demi-équations	équations-bilans	notation (Schéma)
Cu/Pb	Cu	Pb	pôle + : $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ pôle - : $\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\text{Pb} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu} + \text{Pb}^{2+}$	$\ominus \text{Pb} / \text{Pb}^{2+} // \text{Cu}^{2+} / \text{Cu} \oplus$
Pb/Fe	Pb	Fe	pôle + : $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$ pôle - : $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\text{Fe} + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{Pb} + \text{Fe}^{2+}$	$\ominus \text{Fe} / \text{Fe}^{2+} // \text{Pb}^{2+} / \text{Pb} \oplus$
Pb/Zn	Pb	Zn	pôle + : $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$ pôle - : $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\text{Zn} + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{Pb} + \text{Zn}^{2+}$	$\ominus \text{Zn} / \text{Zn}^{2+} // \text{Pb}^{2+} / \text{Pb} \oplus$

### Généralisation

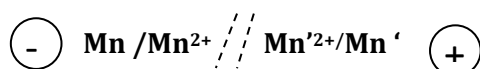
Soit deux couples redox ;  $\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}$  et  $\text{Mn}'^{2+}/\text{Mn}'$  pour constituer une pile à partir

De ces couples, la borne négative est constituée par le métal le plus réducteur et la

borne positive d'une pile est constituée par le métal le moins réducteur (l'oxydant le plus

fort). Soit  $\text{Mn}'$  le métal le plus réducteur.

Le schéma de la pile est le suivant :



### 3. NOTION DE POTENTIEL D'OXYDOREDUCTION

#### 3.1 Demi-pile à hydrogène : électrode de référence

Une demi-pile à hydrogène est constituée par une électrode de platine (Pt) plongeant dans une solution d'acide tandis qu'un courant de dihydrogène barbote au-dessus d'elle.

Lorsque le pH = 0, et P = 1 atm alors l'électrode à hydrogène est dite standard et appelée **électrode standard à hydrogène** (ESH). Le couple  $H_3O^+/H_2$  est le couple de référence et son potentiel est choisi nul à toute température :  $E(H_3O^+/H_2) = 0$ .

La demi-équation correspondante est :  $2H_3O^+ + 2e^- \rightarrow H_2 + 2H_2O$

#### 3.2 Définition du potentiel d'oxydoréduction

Le potentiel d'oxydoréduction d'un couple  $M^{n+}/M$  est le potentiel de l'électrode mesuré par à l'électrode standard à l'hydrogène dans la demi pile obtenue en associant la demi-pile

$M^{n+}/M$  à E.S.H. On la note  $E(M^{n+}/M)$ .

$$E_{M^{n+}/M} = V_M - V_{ESH}$$

**Remarque :**

Si M est moins réducteur que  $H_2$  alors  $E_{M^{n+}/M} > 0$

Si M est plus réducteur que  $H_2$  alors  $E_{M^{n+}/M} < 0$

#### 3.3 Electrode de référence secondaire : la demi – pile $Cu^{2+}/Cu$

La réalisation d'une ESH est très délicate. Dans la pratique elle est remplacée par une demi-pile d'un emploi plus commode et dont le potentiel est bien connu, appelée demi-

pile de référence secondaire. La demi-pile :  $Cu^{2+}/Cu$ . Si  $[Cu^{2+}] = 1 \text{ mol/L}$  et  $T = 298 \text{ K}$ ,

alors le potentiel est appelé normal et celui du cuivre vaut :  $E_{Cu^{2+}/Cu}^0 = 0,34 \text{ V}$

#### 3.4 Potentiels normaux des couples $M^{n+}/M$

La différence de potentiel entre la lame du métal M et la lame de cuivre est :

$$V_M - V_{Cu} = (V_M - V_{ESH}) - (V_{Cu} - V_{ESH})$$

$$= E_{M^{n+}/M}^0 - E_{Cu^{2+}/Cu}^0$$

$$E_{M^{n+}/M}^0 = E_{Cu^{2+}/Cu}^0 - E_{Cu/M}$$

Couples	Cu <sup>2+</sup> /Cu	Zn <sup>2+</sup> /Zn	Fe <sup>2+</sup> /Fe	Pb <sup>2+</sup> /Pb	Ag <sup>+</sup> /Ag
E° (V)	0,34	- 0,77	- 0,44	-0,13	0,80

### 3.5 Force électromotrice (f.e.m.) d'une pile

#### 3.5.1 Définition

la force électromotrice d'une pile est égale à la différence du potentiel du couple dont l'électrode constitue le pôle positif et le potentiel du couple dont l'électrode constitue le pôle négatif.

#### 3.5.2 f.e.m standard de quelques piles

$$E^{\circ} = E^{\circ}(+) - E^{\circ}(-)$$

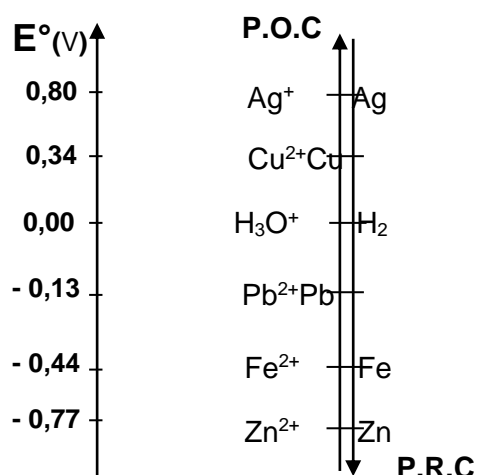
pile	Cu/Zn	Cu/Pb	Pb/Fe	Pb/Zn
E° (V)	1,11	0,47	0,78	0,64

## 4.CLASSIFICATION QUANTITATIVE DES COUPLES

### OXYDANTS/REDUCTEURS

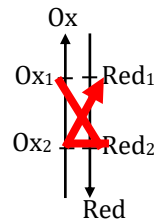
#### 4.1 Principe

La connaissance des potentiels d'oxydoréduction permet d'établir une classification électrochimique quantitative des couples redox



## 4.2 Prédiction des réactions

Une réaction d'oxydoréduction est possible si elle se produit entre l'oxydant du couple dont le potentiel standard est plus grand et le réducteur du couple dont le potentiel standard est le plus petit.



### Remarques :

- Plus l'oxydant d'un couple est fort, plus son potentiel est élevé.
- Plus le réducteur d'un couple est fort, moins son potentiel est faible.
- Lorsque deux couples constituent une pile, la borne positive est celle qui correspond au couple de potentiel standard le plus élevé et la borne négative est celle qui correspond au couple de potentiel standard le plus bas.
- Une réaction entre deux couples redox peut être totale lorsque la différence de potentiel entre les couples mis en jeu est supérieure ou égale à 0,3V.

## 5. QUELQUES PILES E LECTROCHIMIQUES

### 5.1 Pile de volta

L'équation bilan du fonctionnement de cette pile est :

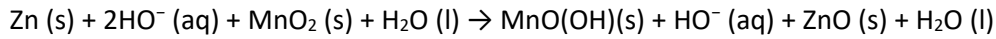


### 5.2 Pile Leclanché

Le bilan de la réaction est:  $\text{Zn (s)} + 2 \text{MnO}_2 \text{ (s)} + 2 \text{H}^+ \text{ (aq)} \rightarrow \text{Zn}^{2+} \text{ (aq)} + 2 \text{MnO(OH) (s)}$

### 5.3 Pile alcaline

La réaction totale est donc :



#### 5. 4 Les accumulateurs

##### Définition

Les accumulateurs ou batteries sont des composants qui peuvent être rechargés, en inversant le sens des réactions par apport d'énergie électrique (électrolyse). Branché à un circuit, il fournit spontanément de l'électricité, il se décharge. En le branchant aux bornes d'un générateur qui impose un sens de courant inverse du précédent, le système évolue alors dans le sens contraire de son sens d'évolution spontanée, il se charge.

##### Situation d'évaluation

Un groupe d'élèves 1<sup>ère</sup> C de du lycée moderne de Grand-Lahou veut fabriquer des piles à Partir des couples redox suivant .

$$\text{A} \left\{ \begin{array}{l} E^\circ \text{Zn}^{2+} / \text{Zn} = - 0,76\text{V} \\ E^\circ \text{Ag}^+ / \text{Ag} = + 0,80\text{V} \end{array} \right.$$

$$\text{B} \left\{ \begin{array}{l} E^\circ \text{Cu}^{2+} / \text{Cu} = + 0,34\text{V} \\ E^\circ \text{Hg}^{2+} / \text{Hg} = + 0,86\text{V} \end{array} \right.$$

$$\text{C} \left\{ \begin{array}{l} E^\circ \text{Al}^{3+} / \text{Al} = - 1,66\text{V} \\ E^\circ \text{Pb}^{2+} / \text{Pb} = - 0,13\text{V} \end{array} \right.$$

1. définis le f.e.m d'une pile
2. Donne les schémas conventionnels de chacune des piles obtenues
3. Ecris les demi équations électroniques aux électrodes puis

L'équation de fonctionnement de ces piles

4. Calcule la f.e.m de chaque pile.

## EXERCICES

### EXERCICE 1

On réalise une pile avec les couples suivants :  $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$  ( $E^\circ = -0,44 \text{ V}$ ) et  $\text{Ag}^+ / \text{Ag}$  ( $E^\circ = +0,80 \text{ V}$ ).

- 1) La borne (+) est : a) Fe ; b) Ag
- 2) La borne (-) est : a) Fe ; b) Ag
- 3) La f.é.m. de la pile ainsi réalisée est : a)  $E = 0,36 \text{ V}$  ; b)  $E = 1,24 \text{ V}$

Entoure la lettre qui correspond à la bonne réponse dans chacun des cas ci-dessus.

### EXERCICE 2

Au cours d'une expérience, on réalise la pile  $\text{Cu} / \text{Cu}^{2+} \quad \text{Ag}^{2+} / \text{Ag}$ .

Après quelques minutes de fonctionnement, on observe une variation de la masse de l'électrode de cuivre de 50 mg.

Écris vrai ou faux en face de chacune des affirmations ci-dessous.

- 1) La masse de l'électrode de cuivre augmente.
- 2) La masse de l'électrode de cuivre diminue.
- 3) La masse de l'électrode d'argent augmente.
- 4) La masse de l'électrode d'argent diminue.

### EXERCICE 3

1) On attaque par une solution d'acide chlorhydrique un mélange constitué de cuivre et de poudre de zinc.

- 1.1) Dis si l'attaque peut faire passer la totalité de la poudre en solution. Justifie ta réponse.
- 1.2) Note la couleur de la solution obtenue. Justifie ta réponse.

2) Calcule dans les conditions normales, le volume de gaz obtenu par action de 5,0 g d'aluminium sur :

- 2.1) de l'acide chlorhydrique en excès ;
- 2.2) 100 mL d'une solution d'acide sulfurique de  $1,5 \text{ mol.L}^{-1}$ .

# TITRE DE LA LECON : Couples oxydoréducteurs en solution aqueuse.

## Dosage

### Situation d'apprentissage

Les élèves de la 1<sup>ère</sup> C du Lycée Moderne de Grand-Lahou ont découvert dans une revue scientifique que, l'alcooltest qui permet aux forces de l'ordre de vérifier l'état d'ivresse d'un automobiliste, consiste en une réaction d'oxydoréduction entre l'éthanol et l'ion dichromate ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ).

Afin de vérifier cette information, ils décident sous la conduite du professeur, de prévoir les réactions possibles à partir des potentiels normaux, de réaliser des dosages puis d'exploiter l'équation-bilan d'une réaction de dosage.

### RESUME DU COURS

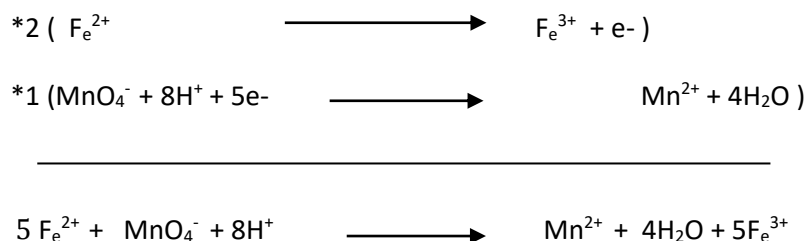
#### 1. ETUDE DE QUELQUES COUPLES

##### 1.1 Réaction entre les couples $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ et $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$

La décoloration de la solution de sulfate de fer II en orange nous signale la disparition des ions  $\text{MnO}_4^-$ . Lors de l'ajout de la soude l'apparition de précipité vert pâle montre la présence des ions fer II ( $\text{Fe}^{2+}$ ), tandis que l'apparition du précipité rouille montre la présence des ions fer III ( $\text{Fe}^{3+}$ ).

Les ions  $\text{MnO}_4^-$  se transforment en ion  $\text{Mn}^{2+}$  et les ions  $\text{Fe}^{2+}$  se transforment en ion  $\text{Fe}^{3+}$ .

Les deux demi-équations sont :

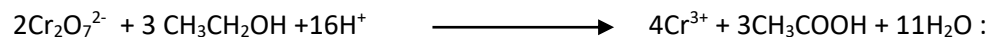
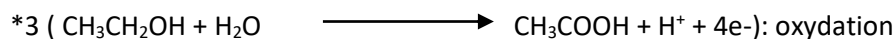
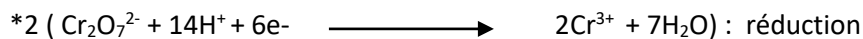


est l'équation-bilan de la réaction.

## 1.2 Réaction entre les couples $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ et $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$

Les ions dichromates ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) peuvent oxyder l'éthanol en acide éthanóique.

Les demi-équations électroniques sont :



équation bilan de la réaction.

## 2. PREVISION DES REACTIONS A PARTIR DES POTENTIELS NORMAUX

Une réaction d'oxydoréduction est possible si elle se déroule entre l'oxydant du couple dont le potentiel standard est le plus grand et le réducteur dont le potentiel standard est le plus petit.

## 3. DOSAGE PAR OXYDOREDUCTION

### 3.1 Définition

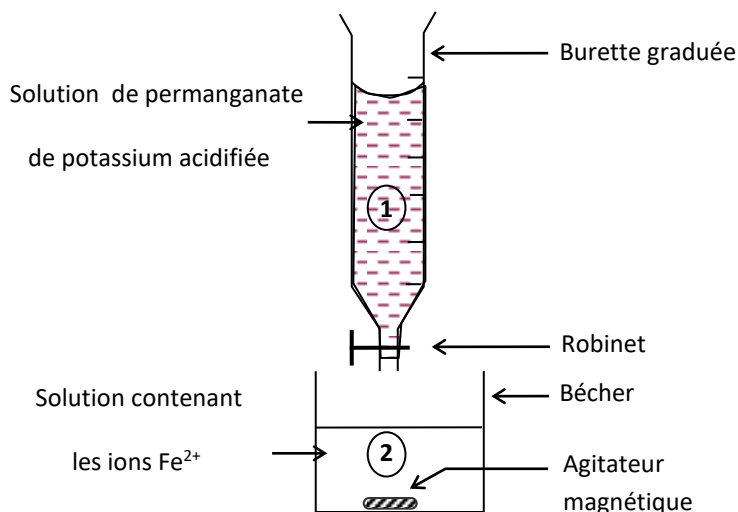
Doser ou titrer une espèce chimique en solution consiste à déterminer la concentration molaire de cette espèce dans la solution. Cela revient aussi à déterminer la quantité de matière de cette espèce présente dans un volume donné de cette solution.

### 3.2 Principe

On observe le changement de couleur de la solution à doser. Lorsque ce changement est net et achevé on atteint l'équivalence.

A l'instant de l'équivalence, on a : le nombre d'électrons cédés par le réducteur est égale au nombre d'électrons captés par l'oxydant.

### 3.3 Dosage de l'ion $\text{Fe}^{2+}$ par l'ion $\text{MnO}_4^-$



L'équation bilan de la réaction est :  $5 \text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} + 5\text{Fe}^{3+}$

A l'équivalence on a l'apparition de la teinte violette persistant de la solution titrante et le bilan molaire permet d'écrire :

$$n(\text{Fe}^{2+}) = 5n(\text{MnO}_4^-) \implies C_r V_r = 5C_o V_{\text{oeq}} \implies C_r = 5C_o V_{\text{oeq}} / V_r$$

$V_{\text{oeq}}$  est le volume de la solution acidifiée d'ion permanganate (solution titrante) versé à l'équivalence.

### Situation d'évaluation

Pour vérifier leur acquis sur la notion des couples en solution aqueuse, un groupe d'élèves réalise des expériences suivantes.

#### Expérience 1 :

Dans un bécher, on introduit un volume  $V=20$  mL d'une solution de dichromate de potassium de concentration  $C$ . On ajoute à cette solution un volume  $V_1 = 20$  mL d'une solution d'iodure de potassium de concentration  $C_1 = 0,4 \text{ mol.L}^{-1}$ . Les ions iodures sont en excès, le contenu du bécher prend une couleur brun jaune.

#### Expérience 2 :

On ajoute à ce mélange, une solution de thiosulfate de sodium de concentration  $C_2 = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ . L'ensemble prend une teinte verte quand, on a versé un volume  $V_2=10$  mL de cette solution de thiosulfate de sodium dans le bécher.

1. Nomme les différents couples redox intervenant dans ces deux expériences en précisant la coloration et le nom de chaque espèce chimique.
2. Pourquoi le contenu du bécher a une couleur brune dans l'expérience ? Ecris les demi-équations électroniques et l'équation bilan de la réaction qui s'est produite.
3. Nomme l'expérience 2. Ecris les demi-équations et l'équation bilan de cette réaction
4. Déduis de ces expériences, la valeur de la concentration  $C$  de la solution de dichromate de potassium. Vérifie que les ions iodures étaient effectivement en excès.

## EXERCICES

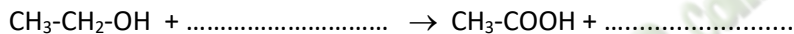
### EXERCICE 1 :

Le diiode  $I_2$  peut être oxydé, en milieu acide, en acide iodique  $HIO_3$ .

1. Equilibre la demi-équation électronique correspondant à cette oxydation.
2. La réaction précédente peut être réalisée en ajoutant un excès d'eau de chlore à une solution aqueuse de diiode :  $Cl_2$  est alors réduit en ions  $Cl^-$ . Ecris l'équation- bilan de la réaction.

### EXERCICE 2 :

1. Complète la demi-équation électronique d'oxydation de l'éthanol en acide éthanoïque en ne faisant intervenir, si nécessaire, que les espèces  $H_2O$  et  $H^+$  pour équilibrer « en atomes » :



2. Cette oxydation est facile à réaliser en chauffant modérément des ions dichromate  $Cr_2O_7^{2-}$  avec de l'éthanol en milieu acide ; en fin de réaction, l'élément chrome est à l'état d'ions  $Cr^{3+}$ .

- 2.1. Ecris la demi-équation électronique du couple  $Cr_2O_7^{2-} / Cr^{3+}$  en milieu acide.
- 2.2. Ecris l'équation- bilan de la réaction entre l'éthanol et les ions  $Cr_2O_7^{2-}$ .
- 2.3 Justifie Pourquoi opère-t-on en milieu acide ?

### EXERCICE 3 :

Tu dissous 10 g de sulfate de fer III  $Fe_2(SO_4)_3$  dans 100 mL d'eau.

1. Calcule la concentration en ions  $Fe^{2+}$  et  $SO_4^{2-}$  de la solution.
2. Tu introduis de la limaille de fer en excès. Montre que le fer est oxydé. Ecris l'équation- bilan de la réaction.
3. Détermine la variation de la masse de fer métallique lorsque tous les ions  $Fe^{3+}$  ont été réduits.
4. Calcule la concentration en ions  $Fe^{2+}$ .

Données : Masses molaires en g/mol : O : 16 ; S : 32 ; Fe : 56.

### EXERCICE 4 :

1. Ecris les demi-équations des réactions d'oxydation des ions  $Fe^{2+}$  et de réduction  $MnO_4^-$  en milieu acide. Déduis-en l'équation- bilan de la réaction entre les ions  $MnO_4^-$  et  $Fe^{2+}$ .
2. Calcule le volume d'une solution de  $KMnO_4$  à  $10^{-2}$  mol.  $L^{-1}$  que tu peux ajouter à 200 mL d'une solution acide de sulfate de fer II ( $FeSO_4$ ) à  $10^{-3}$  mol.  $L^{-1}$  pour que la teinte violette persiste.

**EXERCICE 5 :**

Le dichromate de potassium oxyde les ions iodure en diiode. Tu verses 10 mL d'une solution de dichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$  à  $10^{-2}$  mol.  $L^{-1}$  dans 20 mL de solution d'iodure de potassium KI à 0,1 mol.  $L^{-1}$  en milieu acide.

1. Ecris les demi-équations électroniques et l'équation- bilan.
2. Calcule la concentration en diiode  $I_2$  et en ions  $Cr^{3+}$  en fin de réaction.

Fomesoutra.com  
ça soutra !

## TITRE DE LA LECON : OXYDOREDUCTION PAR VOIE SECHE

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

A l'occasion de la fête du nouvel an, des élèves de la 1<sup>ème</sup> C du Lycée Moderne Arsène Assouan Usher observent un feu d'artifices. Ce feu d'artifices est le résultat de réactions chimiques faisant intervenir divers composés solides (magnésium, oxyde ferrique (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)....).

Les élèves sont émerveillés par l'éclat, la beauté des couleurs et des figures. Ils en parlent à leur professeur de physique-chimie qui leur dit que ces réactions, sont des réactions d'oxydoréduction par voie sèche. Ensemble, ils entreprennent d'écrire les équation-bilans de ces réactions, de les interpréter et de définir le nombre d'oxydation.

### RESUME DU COURS

#### 1.OXYDATION DU MAGNESIUM PAR LE DIOXYGENE

La combustion du magnésium dans le dioxygène est très vive , elle se traduit par une lumière blanche intense et un dégagement de fumée blanche.

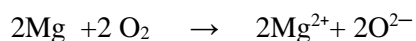
**Au cours de la réaction, chaque atome de magnésium se transforme en cation (Mg<sup>2+</sup>) en cédant 2 électrons : il y a oxydation du magnésium selon la demi – équation :  $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e^-$ .**

Chaque molécule de dioxygène O<sub>2</sub>se transforme en ion O<sup>2-</sup> en captant 2 électrons par atome :

Il y a réduction selon la demi – équation :  $\text{O}_2 + 4e^- \rightarrow 2\text{O}^{2-}$

**L'oxydation du magnésium par le dioxygène est une réaction d'oxydoréduction par voie sèche (en dehors des milieux aqueux).**

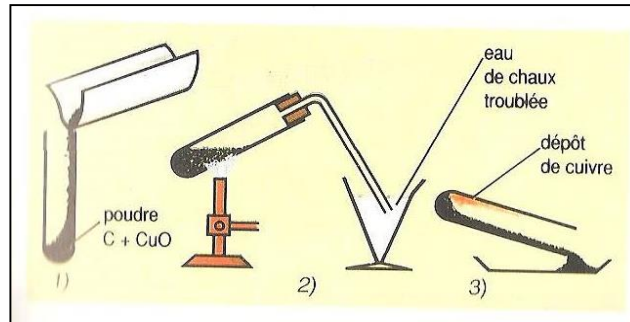
#### 1.4 Equation-bilan



Cette réaction par voie sèche est une réaction d'oxydoréduction entre les couples  $Mg^{2+} / Mg$  et  $O_2 / O^{2-}$ .

## 2. REDUCTION DE L'OXYDE DE CUIVRE II PAR LE CARBONE

### 2.1 Expérience et observations



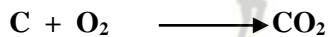
- Après refroidissement, il se forme un dépôt rouge dans le tube à essai
- L'eau de chaux se trouble.

### 2.2 Interprétation

- Le dépôt rouge visible dans le tube à essai est du cuivre. L'oxyde de cuivre est réduit à l'état de cuivre métallique selon la demi-équation :

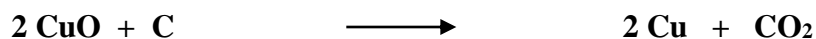


- Le carbone a été oxydé en dioxyde de carbone qui trouble l'eau de chaux selon la demi-équation :



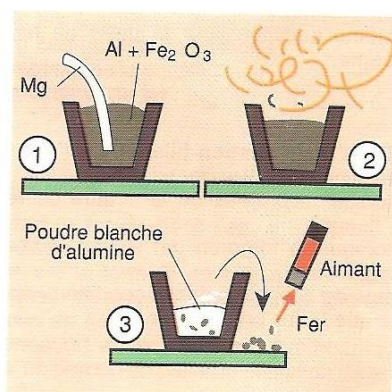
La réduction de l'oxyde de cuivre par le carbone est une réaction d'oxydoréduction où le transfert d'électron n'est pas mis en évidence. Elle s'effectue hors des milieux aqueux.

### 2.3 Equation-bilan



## 3. REDUCTION DE L'OXYDE FERRIQUE PAR L'ALUMINIUM

### 3.1 Expériences et observations



- On observe la formation d'une poudre blanche.
- La formation d'un solide gris attiré par un aimant.

### 3.2 Interprétation

La poudre blanche est de l'alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

Les oxydes  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sont des oxydes ioniques formés respectivement par les ions ( $\text{Fe}^{3+}$  et  $\text{O}^{2-}$ ) et ( $\text{Al}^{3+}$  et  $\text{O}^{2-}$ )

L'ion  $\text{Fe}^{3+}$  a été réduit selon la demi-équation :  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}$

Al est oxydé selon la demi-équation :  $\text{Al} \longrightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$

### 3.3 Conclusion

La réduction de l'oxyde ferrique par l'aluminium communément appelée aluminothermie est une réaction d'oxydoréduction au cours de laquelle il y a transfert d'électron entre Al et un oxyde métallique d'un réducteur autre que l'aluminium.

### 3.4 Equation-bilan



## 4. NOMBRE D'OXYDATION

### 4.1 Définition

Le nombre d'oxydation ou degré d'oxydation (n.o) d'un élément dans un composé (atome, ion ou molécule) est un nombre algébrique qui indique l'état d'oxydation de cet élément pour l'espèce chimique considérée.

N.B : le nombre d'oxydation est écrit en chiffre romain

### 4.2 Détermination du nombre d'oxydation d'un élément

#### 4.2.1 Dans un corps pur simple

Le n.o d'un élément à l'état de corps pur simple est nul.

Exemple : n.o(Na)=0 et n.o(Fe)=0

#### 4.2.2 D'un ion

❖ Ion monoatomique : son n.o est égal à sa charge.

Exemple : n.o( $\text{Fe}^{2+}$ )= +II , n.o( $\text{Cr}^{3+}$ )= +III et n.o( $\text{O}^{2-}$ )= -II

❖ Ion polyatomique

La somme algébrique des n.o de tous les éléments de l'ion est égale à sa charge globale

Exemple : pour  $\text{SO}_4^{2-}$  : n.o (S) + 4 n.o(O)= -II

### 4.2.3 D'une molécule

La somme algébrique des n.o de tous les éléments de la molécule est égale à zéro

❖ le n.o d'une molécule est nul.

Exemple : pour  $H_2O$  :  $2 \text{ n.o}(H) + \text{ n.o}(O) = 0$

### 4.3 Utilisation du nombre d'oxydation dans une réaction d'oxydoréduction

- Dans une réaction chimique si le n.o d'un élément chimique augmente alors cet élément a subi une oxydation. Le corps qui contient l'élément dont le n.o augmente est le réducteur.
- Dans une réaction chimique si le n.o de l'élément chimique diminue alors cet élément a subi une réduction. Le corps qui contient l'élément dont le n.o diminue est l'oxydant.

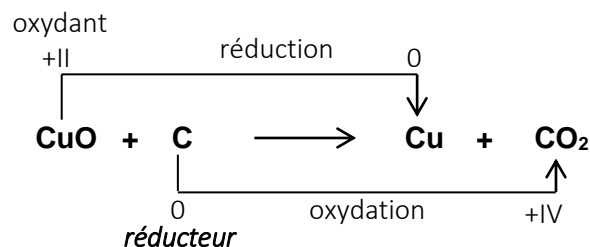


Le n.o de l'élément magnésium passe de 0 à +II. Il augmente.



Le n.o de l'élément oxygène passe de 0 à -II. Il diminue.

Exemple : réduction du cuivre et oxydation du carbone



## SITUATION D'EVALUATION

Un élève en classe de 1<sup>ère</sup> D affirme que la réaction de l'aluminium avec la vapeur d'eau qui donne de l'alumine et un dégagement de dihydrogène est une réaction d'oxydoréduction. Ses camarades de classe décident de vérifier cette information en procédant par les nombres d'oxydation.

1. Montre que cette réaction est une réaction d'oxydoréduction.
2. Précise l'oxydant et le réducteur
3. Écris l'équation-bilan de la réaction

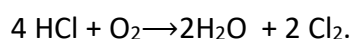
## EXERCICES

### EXERCICE 1 :

Sachant que l'élément soufre possède le même n.o. dans chacun des composés ci-dessous, déduis-en le n.o. des éléments Fe, Zn, N, Pb, C et Ag présents dans les composés : FeS ; H<sub>2</sub>S ; ZnS ; PbS ; CS<sub>2</sub> ; Ag<sub>2</sub>S.

### EXERCICE 2 :

La préparation du dichlore à partir du chlorure d'hydrogène récupéré au cours des réactions de chloration en chimie organique utilise la réaction de Deacon. Son équation est :



Elle a lieu en phase gazeuse.

1. Fais le bilan des nombres d'oxydation des éléments qui participent à cette réaction.
2. Montre qu'il s'agit d'une réaction d'oxydation.
3. Donne le nom de l'élément oxydé ainsi que celui de l'élément réduit.

### EXERCICE 3 :

Dans une expérience d'aluminothermie, on réduit l'oxyde Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> par l'aluminium.

1. Équilibre l'équation-bilan de la réaction :  $\text{Al} + \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}$ .
2. Calcule les masses d'oxyde de chrome et d'aluminium qu'il faut faire réagir pour obtenir 1 kg de chrome.

**Données :** Masses molaires atomiques en g/mol : O : 16 ; Al : 27 ; Cr : 52.

#### **EXERCICE 4 :**

Ton Professeur réduit l'oxyde de cuivre II CuO par du carbone. Il se forme un gaz qui trouble l'eau de chaux et un résidu métallique rouge brique.

1. Ecris l'équation-bilan de la réaction.
2. Calcule la masse de gaz qu'il recueille lors de la réduction de 10 g d'oxyde CuO.
3. Calcule le volume occupé par ce gaz sachant que, dans les conditions de l'expérience, le volume molaire est de  $25 \text{ L. mol}^{-1}$ .

•**Données** : Masses molaires atomiques en g/mol : C : 12 ; O : 16 ; Cu : 63,5.

Fomesoutra.com  
ça soutra !

# TITRE DE LA LECON : ELECTROLYSE

## SITUATION D'APPRENTISSAGE

Au cours d'un documentaire télévisé portant sur la fabrication de couverts de table, des élèves de la 1<sup>ère</sup> C du Lycée Moderne Arsène Assouan Usher de Grand-Lahou apprennent que certains couverts (cuillères, fourchettes et couteaux) sont étamés par électrolyse d'une solution contenant des ions étain  $\text{Sn}^{2+}$ . Pour comprendre ce phénomène, une fois en classe ils en parlent à leur professeur de physique-chimie. Ensemble, ils se proposent d'interpréter l'électrolyse de quelques solutions, d'écrire les équation-bilans des réactions chimiques et de connaître d'autres applications de l'électrolyse

## RESUME DU COURS

### 1. ELECTROLYSE

#### 1.1 Définition

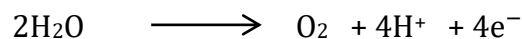
L'électrolyse est l'ensemble des réactions qui se produisent lors du passage du courant électrique dans une solution. La solution utilisée est appelée électrolyte.

#### 1.2 Électrolyse de quelques solutions

##### 1.2.1 Électrolyse de la solution aqueuse d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

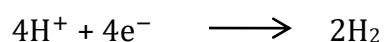
Considérons une solution d'acide sulfurique à  $1 \text{ mol.l}^{-1}$  et effectuons son électrolyse entre deux électrodes en platine.

**A l'anode** : le gaz recueilli rallume une buchette présentant un point d'incandescent : **il s'agit de dioxygène  $\text{O}_2$**  obtenu par l'oxydation de l'eau

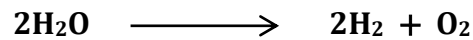


**A la cathode** : le gaz qui se dégage brûle avec une petite détonation :

**C'est le dihydrogène  $\text{H}_2$**  obtenu par la réduction de l'ion hydronium



L'équation bilan de l'électrolyse de la solution d'acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  produit les corps simples  $\text{H}_2$  et  $\text{O}_2$  selon l'équation suivante :



### 1.2.2 Électrolyse de la solution de chlorure d'étain ( $\text{SnCl}_2$ )

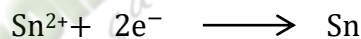
Réalisons dans un tube en U, l'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure d'étain entre deux électrodes en graphite.

- Des bulles gazeux apparaissent à l'anode.
- Une arborescence (dépôt) d'étain apparait à la cathode.

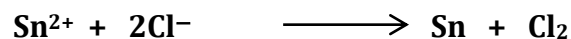
**À l'anode** : la décoloration de l'indigo caractérise la présence du gaz dichlore  $\text{Cl}_2$ . Les ions chlorure  $\text{Cl}^-$  sont oxydés en dichlore  $\text{Cl}_2$  en cédant des électrons.



**À la cathode** : Les écailles métalliques formées sont de l'étain  $\text{Sn}$ . Les ions étain  $\text{Sn}^{2+}$  sont réduits pour former l'étain  $\text{Sn}$  en captant des électrons



L'équation bilan de l'électrolyse de la solution de chlorure d'étain  $\text{SnCl}_2$  produit les corps simples  $\text{Sn}$  et  $\text{Cl}_2$  selon l'équation suivante :

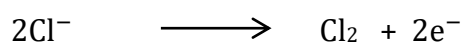


### 1.2.3 Électrolyse de la solution de chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ )

Réalisons dans un tube en U, l'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium entre deux électrodes en graphite.

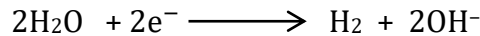
Lorsque la tension est inférieure à 2V, rien se passe mais jusqu'à 5 V un dégagement gazeux se produit à chaque électrode.

**À l'anode** : la décoloration de l'indigo caractérise la présence du gaz dichlore  $\text{Cl}_2$ . Les ions chlorure  $\text{Cl}^-$  sont oxydés en dichlore  $\text{Cl}_2$  en cédant des électrons

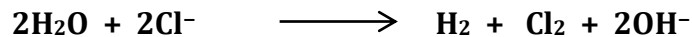


**À la cathode** : la phénolphtaléine vire au rose puis au rouge violacée, indiquant que le pH du compartiment cathodique est devenu basique (la phénolphtaléine vire pour un pH compris entre 8 et 10). L'eau s'est réduite en ion dihydrogène

H<sub>2</sub> en captant des électrons et une formation d'ions hydroxyde.



L'équation bilan de l'électrolyse de la solution de chlorure de sodium NaCl produit les corps simples H<sub>2</sub> et Cl<sub>2</sub> selon l'équation suivante :



## **2 Électrolyse et Réaction d'oxydoréduction**

La réaction d'oxydoréduction est spontanée, alors que celle de l'électrolyse ne

l'est pas ; elle est provoquée ou forcée. L'énergie électrique absorbée permet d'inverser les sens des transformations naturelles du système formé par les couples *ox/red*.

## **3 IMPORTANCE DE L'ELECTROLYSE**

L'électrolyse à un intérêt économique, on le rencontre dans les industries chimiques. On l'utilise pour préparer certains produits non abondant dans la nature. Elle permet la protection des métaux par dépôt de couche métallique (galvanoplastie), de purifier certains métaux précieux comme l'or (électrolyse à anode soluble).

### **SITUATION D'ÉVALUATION**

Un élève de 1<sup>ère</sup> C du Lycée Moderne Arsène Assouan Usher de Grand-Lahou dispose d'une bague en cuivre. Après deux semaines de congés de pâques passés avec ses parents au village, sa bague est devenue très sale. Pour protéger sa bague contre la corrosion, l'élève décide de réaliser l'électrolyse d'une solution de chlorure d'argent.

- 1- Nomme les électrodes qu'il doit utiliser
- 2- Écris
  - 2.1- les demi-équations qui ont lieu aux électrodes.
  - 2.2- l'équation-bilan de la réaction.

## EXERCICES

### EXERCICE 1

Complète le texte ci-dessous avec les mots et groupes de mots suivants :

**Réduction / l'inverse / oxydation / réducteur le plus fort / réduit / l'oxydant /**

L'électrolyse est une réaction d'oxydoréduction provoquée par le courant électrique. Elle est ..... de la réaction d'oxydoréduction spontanée. Au cours d'une électrolyse, il se produit toujours une ..... à la cathode et une ..... à l'anode. Pour les espèces chimiques présentes dans l'électrolyte, c'est le ..... qui est oxydé et ..... le plus fort qui est .....

### EXERCICE 2

Complète les phrases ci-dessous avec les mots qui conviennent.

1) L'électrolyse à l'anode soluble d'une solution de cuivre Il sert à purifier le ..... ou à déposer du ..... sur un autre métal qui constitue la .....

1) Au cours d'une électrolyse, l'anode est le siège d'une réaction ..... tandis que la cathode est le siège d'une réaction .....

### EXERCICE 3

Recopie chacune des phrases ci-dessous en choisissant le terme correct parmi les deux sont proposés en gras.

1) Au cours de l'électrolyse, les cations migrent vers **l'anode / la cathode**.

2) Lors d'une électrolyse, il se produit une **oxydation / réduction** à la cathode.

3) La réaction chimique qui a lieu au cours d'une électrolyse est **naturelle / non naturelle**.