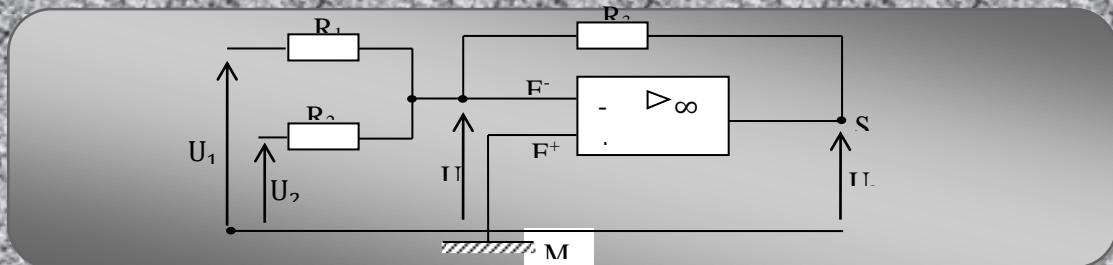


# PHYSIQUE-CHIMIE

## MON COURS DE 1ère C



## PHYSIQUE ET CHIMIE

## THEME 1 : MÉCANIQUE

CHAPITRE 1 : TRAVAIL ET PUISSANCE DANS LE CAS D'UN MOUVEMENT DE TRANSLATION

CHAPITRE 2 : TRAVAIL ET PUISSANCE D'UNE FORCE DANS LE CAS D'UN MOUVEMENT DE ROTATION

AUTOUR D'UN AXE FIXE

- ✓ CHAPITRE 2 : THÉORÈME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE
- ✓ CHAPITRE 3 : ÉNERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR- ÉNERGIE MÉCANIQUE

## THEME 2 : ÉLECTRICITÉ

- ✓ CHAPITRE 1 : ESPACE CHAMP ÉLECTROSTATIQUE
- ✓ CHAPITRE 2 : ÉNERGIE POTENTIELLE ÉLECTROSTATIQUE
- ✓ CHAPITRE 3 : PUISSANCE ET ÉNERGIE ÉLECTRIQUES
- ✓ CHAPITRE 4 : LE CONDENSATEUR
- ✓ CHAPITRE 5 : AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL

## ➤ THEME 3 : CHIMIE ORGANIQUE

- ✓ CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS SUR LES COMPOSÉS ORGANIQUES
- ✓ CHAPITRE 2 : LES ALCANES
- ✓ CHAPITRE 3 : LES ALCYNES ET ALCÈNES
- ✓ CHAPITRE 4 : PÉTROLE ET GAZ NATURELS (À faire en exposé)
- ✓ CHAPITRE 5 : LE BENZÈNE

## CHAPITRE 6 : QUELQUES COMPOSÉS OXYGÉNÉS

- ✓ CHAPITRE 7 : L'ÉTHANOL
- ✓ CHAPITRE 8 : ESTÉRIFICATION ET HYDROLYSE

## ➤ THEME 4 : CHIMIE GÉNÉRALE

- ✓ CHAPITRE 1 : LES RÉACTION D'OXYDORÉDUCTION
- ✓ CHAPITRE 2 : CLASSIFICATION DES COUPLES OXYDANTS-RÉDUCTEURS
- ✓ CHAPITRE 3 : COUPLES OXYDANTS-RÉDUCTEURS EN SOLUTION AQUEUSE. DOSAGE
- ✓ CHAPITRE 4 : OXYDORÉDUCTION PAR VOIE SÈCHE
- ✓ CHAPITRE 5 : ÉLECTROLYSE

MECANIQUE

# COURS 1ère C et D

<b>Niveau :</b> 1 <sup>ère</sup> D et C <b>Thème :</b> Mécanique <b>Leçon :</b> TRAVAIL ET PUISSANCE DANS LE CAS D'UN MOUVEMENT DE TRANSLATION	<b>Durée :</b> 6 heures
--	-------------------------

**Tableau des habiletés**


HABILETES	CONTENUS
Définir	<ul style="list-style-type: none"> <li>une force constante.</li> <li>le travail d'une force constante lors d'un déplacement rectiligne</li> </ul>
Connaître	<ul style="list-style-type: none"> <li>l'expression du travail d'une force constante lors d'un déplacement rectiligne</li> <li>l'unité de travail</li> </ul>
Déterminer	le travail d'une force constante
Connaître	l'expression du travail du poids d'un corps.
Déterminer	le travail du poids d'un corps.
Définir	la puissance d'une force constante.
Connaître	<ul style="list-style-type: none"> <li>l'expression de la puissance moyenne d'une force constante.</li> <li>l'unité de la puissance</li> <li>l'expression de la puissance instantanée d'une force constante.</li> </ul>
Déterminer	la puissance d'une force constante.
Utiliser	les expressions : $W(F) = F \cdot AB \cdot \cos \theta$ ; $P = m(ZA - ZB)$ ; $PAB(F) = WAB(F) / (TB - TA)$ ou $P(F) = F \cdot V$ .

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

Sur le chemin de l'école, deux élèves de la 1ère D2 du Lycée Moderne 2 d'Agboville aperçoivent sur le pont du fleuve « AGBO » un tracteur qui doit soulever un camion qui a fait une chute dans le fleuve. 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. Pour se mettre d'accord, ils décident avec leurs camarades de classe d'effectuer des recherches en vue de s'informer sur le travail et la puissance d'une force puis d'utiliser leurs expressions.

<b>Moyens</b> Ressorts - Dynamomètres - masses marquées	<b>Supports didactiques</b>  <b>bibliographie</b>
--	---

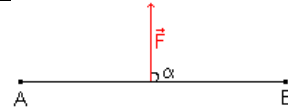
<b>PLAN DE LA LEÇON</b> <b>1-Rappels</b> 1-1-1- Produit scalaire de deux vecteurs 1-1-2- Définition d'une force constante. 2- <u>Travail d'une force constante lors d'un déplacement rectiligne</u> 2-1-Notion de travail 2-2-Expresion du travail cas d'un déplacement rectiligne 2-3- Unité du travail d'une force 3- <u>Travail d'une force constante lors d'un déplacement quelconque</u> 3-1-Notion de travail élémentaire 3-2-Expression du travail cas d'un déplacement quelconque 3-3-Expression du travail du poids d'un corps	4- <u>Travail de la tension d'un ressort</u> 4-1- <u>Tension d'un ressort</u> 4-2- Expression du travail de la tension d'un ressort. 4-3- <u>Travail de la force exercée par un opérateur</u> 5- <u>Puissance d'une force</u> 5-1- <u>Puissance moyenne</u> 5-2- <u>Puissance instantanée</u>
--	---

Activités du prof	Activités de l'élève	Trace écrite de la leçon
		<p style="text-align: center;"><b>LECON 1: TRAVAIL ET PUISSANCE DANS LE CAS D'UN MOUVEMENT DE TRANSLATION</b></p> <p><b>SITUATION D'APPRENTISSAGE</b>            Sur le chemin de l'école, deux élèves de la 1ère D2 du Lycée Moderne 2 d'Agboville aperçoivent sur le pont du fleuve « AGBO » un tracteur qui doit soulever un camion qui a fait une chute dans le fleuve. 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.            Pour se mettre d'accord, ils décident avec leurs camarades de classe d'effectuer des recherches en vue de s'informer sur le travail et la puissance d'une force puis d'utiliser leurs expressions.</p> <p><b>1-Rappels</b>  <b>1-1-Produit scalaire de deux vecteurs</b>  <b>1-1-1-Definition</b>            Soient deux vecteurs <math>(u) \vec{u}</math> et <math>(v) \vec{v}</math>. Le produit scalaire de ces deux vecteurs est noté : <math>p = u \cdot v =  \vec{u}  \cdot  \vec{v}  \cdot \cos(\alpha)</math>  <math>\vec{u} \cdot \vec{v} = u \cdot v \cos \alpha</math>            avec <math>\alpha = (u, v)</math>.  <b>Remarque</b> : p est une grandeur algébrique. Son signe dépend de <math>\cos \alpha</math>.</p> <p><b>1-1-2-Produit scalaire de deux vecteurs dans un repère orthonormé</b>            Considérons le repère <math>R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})</math>            Soit le vecteur <math>\vec{u}</math> et <math>\vec{v}</math> de coordonnées <math>(u_x, u_y, u_z)</math>, on a : <math>\vec{u} = u_x \vec{i} + u_y \vec{j} + u_z \vec{k}</math>            et <math>\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}</math>            Le produit scalaire <math>= \vec{u} \cdot \vec{v} = (u_x \vec{i} + u_y \vec{j} + u_z \vec{k}) \cdot (v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k})</math>  <math>\vec{u} \cdot \vec{v} = u_x v_x + u_y v_y + u_z v_z</math>            N.B : - La norme de <math>\vec{u}</math> est : <math> \vec{u}  = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2}</math></p> <p><b>1-2-Définition d'une force constante.</b>            Une force est une grandeur vectorielle. Elle est dite constante, lorsqu'elle garde sa direction, son sens et sa norme constants au cours du temps.</p> <p><b>2-Travail d'une force constante lors d'un déplacement rectiligne</b>  <b>2-1-Notion de travail</b>            Le travail d'une force <math>\vec{F}</math> qui déplace son point d'application d'un point A à un point B, est le produit scalaire de cette force et du vecteur déplacement <math>\vec{AB}</math>. On note : <math>W_{A-B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}</math>            Le travail s'exprime en <b>Joule (J)</b> et le déplacement en <b>mètre (m)</b>.</p> <p><b>2-2-Expression du travail cas d'un déplacement rectiligne</b>            Soit un ouvrier tirant un chariot selon schéma : Le travail de <math>\vec{F}</math> : <math>W_{A-B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = \ \vec{F}\  \cdot \ \vec{AB}\  \cdot \cos(\vec{F}, \vec{AB})</math>            Posons <math>F = \ \vec{F}\ </math>, <math>\ell = \ \vec{AB}\ </math> et <math>\cos(\vec{F}, \vec{AB}) = \cos \alpha</math>. On a:  <b><math>W_{A-B}(\vec{F}) = F \cdot \ell \cdot \cos \alpha</math>.</b>  <b>Conséquences :</b>            Le travail d'une force est une grandeur algébrique (W peut-être positif, négatif ou nul). Trois cas sont possibles:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="357 1832 903 1973" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><math>0 \leq \alpha &lt; 90^\circ</math>: Dans ce cas, <math>\cos(\alpha) &gt; 0</math> et <math>W_{AB}(\vec{F}) &gt; 0</math>. On dit que la force <math>\vec{F}</math> effectue un <b>travail moteur</b>.</p> </div> <div data-bbox="903 1832 1525 1973" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  </div> </div>

$90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ : Dans ce cas,  $\cos(\alpha) < 0$  et  $W_{AB}(\vec{F}) < 0$ . On dit que la force  $\vec{F}$  effectue un **travail résistant**



$\alpha = 90^\circ$ : Dans ce cas,  $\cos(\alpha) = 0$  et  $W_{AB}(\vec{F}) = 0$ . La force  $\vec{F}$  n'effectue **aucun travail**



### 2-3- Unité du travail d'une force

Le travail d'une force s'exprime en joule (j)

### 3-Travail d'une force constante lors d'un déplacement quelconque

#### 3-1-Notion de travail élémentaire

Considérons le déplacement quelconque du point d'application d'une force constante  $\vec{F}$  de A vers B. Découpons le trajet AB en une infinité de segments. Soit  $\delta\vec{\ell}_i$  le déplacement élémentaire rectiligne. On définit alors le travail élémentaire comme suit :  $\delta W_i(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \delta\vec{\ell}_i$ .



#### 3.2- Expression du travail cas d'un déplacement quelconque

Le travail effectué par  $\vec{F}$  au cours du trajet est égal à la somme des travaux élémentaires.

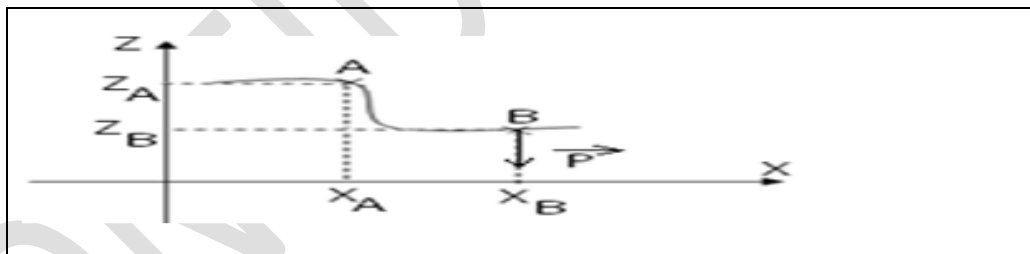
$$W_{A-B}(\vec{F}) = \sum \delta W_i(\vec{F}) = \sum \vec{F} \cdot \delta\vec{\ell}_i = \vec{F} \cdot \sum \delta\vec{\ell}_i = \vec{F} \cdot \vec{AB} \text{ donc } W_{A-B}(\vec{F}) = \sum \delta W_i(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$$

#### Conclusion :

**Le travail d'une force constante ne dépend pas du chemin suivi mais uniquement des positions de départ et d'arrivée de son point d'application**

#### 3-3-Expression du travail du poids d'un corps

Considérons un solide qui se déplace dans un plan muni d'un repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{k})$ .



Le travail du poids sur le trajet AB est :

$$W_{A-B}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} \text{ avec } \vec{AB} \begin{cases} x_B - x_A \\ z_B - z_A \end{cases} \text{ et } \vec{P} \begin{cases} P_x = 0 \\ P_z = -P \end{cases}$$

$$W_{A-B}(\vec{P}) = P_x(x_B - x_A) + P_z(z_B - z_A) = -P_z(z_B - z_A) \text{ or } P = mg \text{ et posons } z_A - z_B = h. \text{ D'où } W_{A-B}(\vec{P}) = mgh$$

> Cas d'une chute libre (descente)

$z_B < z_A$ ,  $W_{A-B}(\vec{P}) = mgh > 0$ . Le travail est moteur.

> Cas où le corps monte

$z_B > z_A$ ,  $W_{A-B}(\vec{P}) = -mgh < 0$ . Le travail est résistant.

#### Application 1

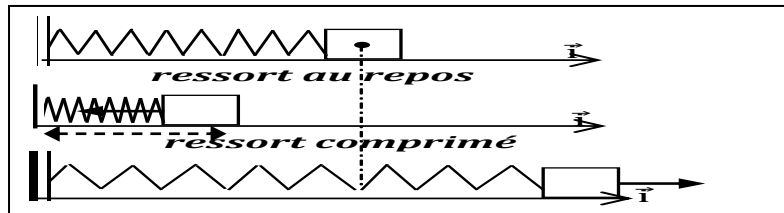
L'expression du travail du poids d'un solide de masse m se déplaçant d'un point A à un point B, l'axe des côtes étant ascendant est:

Propositions	Solution
mgAB	
mg(zA-zB)	
mg(zB-zA)	

-mgAB

Mets une croix dans la case correspondant à la bonne réponse.

**4- Travail de la tension d'un ressort**



**4-1-Tension d'un ressort**

La tension du ressort est la force exercée par le ressort pour le ramener a sa position initiale c'est-à-dire sa position d'équilibre

Sa direction l'axe du ressort

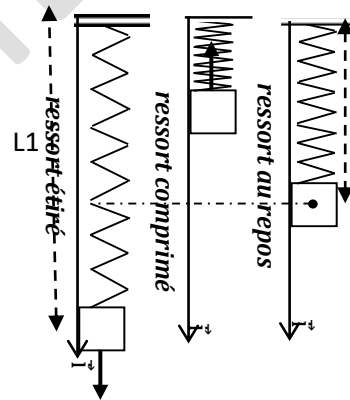
Son sens oppose au mouvement du ressort

Sa valeur  $T=Kx$  avec  $x = \ell - \ell_0$

$\ell$  la longueur du ressort

$\ell_0$  la longueur à vide ou longueur du ressort non déformé

k La constante de raideur du ressort



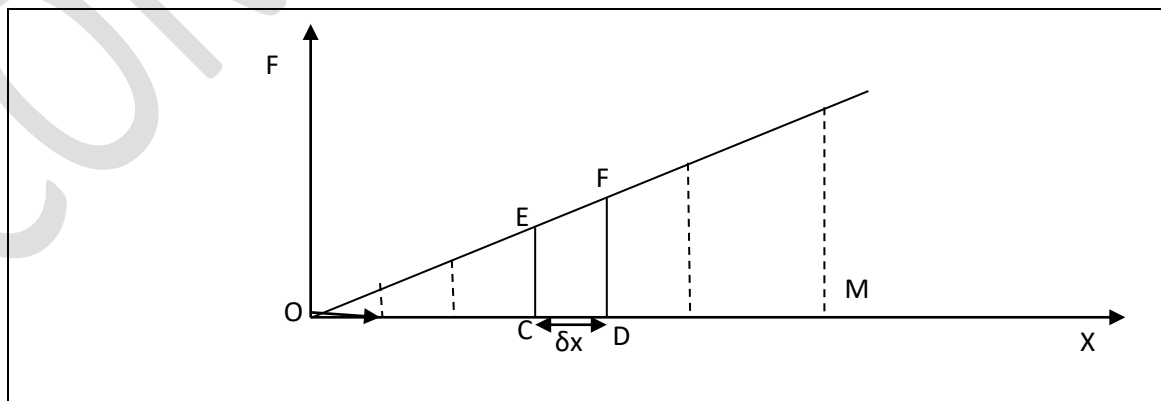
**4-2-Travail de la force exercée par un opérateur**

**4-2-1- Dispositif experimental**

**4-2-2-Tableau de mesures**

<b>m(Kg)</b>	0,025	0,0375	0,05	0,0625	0,075	0,0875
<b>X(Cm)</b>	1	1,5	2	2,5	3	3,5

**4-2-3-Courbe P=f(x)**



donc  $\delta W(F) = F \cdot \delta x$  pour un allongement progressif de 0 a x nous avons le travail élémentaire correspond a l'aire de la partie CDEF

**4-3- Expression du travail de la tension d'un ressort.**

Soit  $M \rightarrow M = x$  l'allongement subit par le ressort .Décomposons le en n déplacement élémentaire  $\delta l$ . Le travail élémentaire pour un déplacement élémentaire  $\delta l$  est  $\delta W(F) = T \times \delta l = -T\delta x$  or  $T = k \cdot OM = -k \cdot x \vec{i}$  et  $\delta l = -\delta x \vec{i}$

donc  $W(T) = \sum \delta W(T) = \sum Kx \cdot \delta x$  Le travail effectué par T est donc la somme des aires des petits trapèzes juxtaposés  
 $W_{O \rightarrow M}(T) = -\frac{1}{2} (Kx_1 + Kx_2)(X_1 - X_2) = -\frac{1}{2} K(X_1^2 - X_2^2) = -\frac{1}{2} Kx^2$  car  $X^2 = X_1^2 - X_2^2$

Le travail exercé par la tension est donc :  $W(\vec{T})_{OM} = -\frac{1}{2} kx^2$ .

**Remarque :**

- De façon générale entre deux positions d'abscisses  $x_1$  et  $x_2$ , le travail de la tension d'un ressort s'écrit :  $W(\vec{T})_{x_1 \rightarrow x_2} = \frac{1}{2} k(x_1^2 - x_2^2)$ . De même :  $W(\vec{F})_{x_1 \rightarrow x_2} = \frac{1}{2} k(x_2^2 - x_1^2)$ .
- Le travail de la tension d'un ressort ne dépend pas du chemin suivi.

**Activité d'application**

Un ressort à spires non jointives d'axe horizontal a une constante de raideur  $k = 25 \text{ N.m}^{-1}$ . L'une de ses extrémités est fixée en A, l'autre libre est au point O à l'équilibre.

Le ressort initialement au repos est allongé de 8 cm par un opérateur.

1. Détermine le travail  $W(\vec{T})$  de la tension  $\vec{T}$  du ressort dans les cas suivants:
  - 1.1 Lorsque le ressort est allongé de la position d'équilibre jusqu'à 8 cm;
  - 1.2 Lorsque le ressort est allongé de 3 cm jusqu'à 8 cm.
2. Déduis-en le travail de l'opérateur de la position d'équilibre jusqu'à l'allongement de 8 cm.

**Solution**

1.1 Travail de la tension du ressort à partir de la position d'équilibre.

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

$$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2} \times 25 \times (0,08^2 - 0) = -8.10^{-2} \text{ J}$$

1.2 Travail de la tension du ressort à partir de 3 cm.

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

$$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2} \times 25 \times (0,08^2 - 0,03^2) = -6,9.10^{-2} \text{ J}$$

2. Le travail effectué par l'opérateur est l'opposé du travail de la tension du ressort lorsque le ressort est allongé de la position d'équilibre jusqu'à 8 cm

$$W(\vec{F}) = -W(\vec{T}) = \frac{1}{2} \times 25 \times (0,08^2 - 0) = 8.10^{-2} \text{ J}$$

**5-PUISSANCE D'UNE FORCE CONSTANTE**

**5-1-Puissance moyenne**

La puissance moyenne d'une force est le rapport de son travail effectué sur la durée d'exécution.

$\mathcal{P}_m = \frac{W(J)}{\Delta t(s)}$ . La puissance s'exprime en **Watt**.

**Activité d'application**

Une grue déploie une force de valeur  $F = 1\,000 \text{ N}$  pour soulever verticalement une charge pendant une durée  $\Delta t = 50 \text{ s}$ . La variation d'altitude au cours de la montée est  $\Delta z = 30 \text{ m}$ .

- 1- Calcule le travail du poids  $W(\vec{P})$  de la charge.
- 2- Calcule la puissance moyenne  $\mathcal{P}_{\text{moy}}$  du poids de la charge.

**5-2-Puissance instantanée**

C'est la puissance d'une force à un instant donné.

$\mathcal{P}_i = \frac{\delta W(J)}{\delta t(s)}$  avec  $\delta W$  : le travail élémentaire d'une force constante pour un déplacement  $\delta \ell_i$ .

**Autre expression de la puissance :  $\mathcal{P} = \vec{F} \cdot \vec{v}$**

**SITUATION D'EVALUATION**

Sur un chantier de construction, une caisse de masse  $m = 60 \text{ kg}$  supposée ponctuelle est posée sur un plan incliné d'un angle  $\alpha = 20^\circ$  par rapport à l'horizontale. En visite sur ce chantier, votre camarade observe un ouvrier la tirer sur une distance  $\ell = AB = 11,5 \text{ m}$  à l'aide d'une corde.

Au cours de son déplacement, la caisse est soumise aux forces constantes suivantes :  $\vec{T}$  tension de la corde, de valeur  $T = 500 \text{ N}$  ;  $\vec{P}$  poids de la caisse ;  $\vec{R}$  la réaction du plan avec  $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T$

On prendra  $g = 10 \text{ N/kg}$  ;  $R_T = f = 50 \text{ N}$ .

Ton camarade te sollicite pour déterminer le travail de la force de frottement subie par la caisse au cours de son déplacement.

1. Représente sur un schéma les forces qui s'exercent sur la caisse.
2. Indique la nature du travail de chaque force. Justifie ta réponse.
3. Détermine le travail:
  - 3.1 du poids  $\vec{P}$  de la caisse ;
  - 3.2 de la tension  $\vec{T}$  de la corde ;
  - 3-3-de la force de frottement

# COURS 1ère C et D

<b>NIVEAU</b> <b>THEME</b> <b>LECON TRAVAIL ET PUISSANCE DES FORCES EN ROTATION</b>	<b>DUREE</b>
---	--------------

HABILETES	CONTENUS
Connaître -	les caractéristiques du mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe : -abscisse curviligne. -abscisse angulaire. vitesse linéaire. -vitesse angulaire.
Définir	un couple de forces.
Connaître	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'expression du moment d'un couple de forces.</li> <li>• L'expression du travail d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe.</li> <li>• L'expression de la puissance d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe.</li> </ul>
Déterminer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• le travail d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe.</li> <li>• la puissance d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe.</li> </ul>
Utiliser	es relations : $(F^r) = M_{\Delta} \cdot \Theta$ $P = M_{\Delta} \cdot \omega$

## SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de 1ère C au Lycée Mixte 1 de Yamoussoukro habite le quartier Kokrénou. Il emprunte le car de l'établissement 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

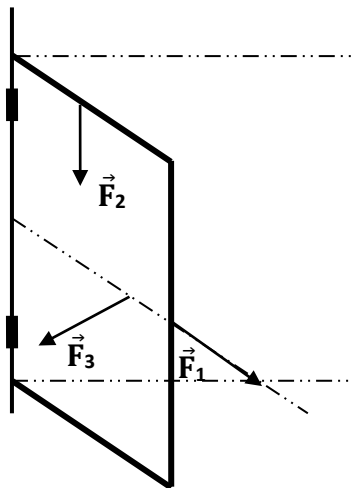
<b>Moyens</b> Dispositif pour l'étude des moments - Masses marquées - Dynamomètres	<b>SUPPORTS DIDACTIQUES</b>  <b>BIBLIOGRAPHIE</b>
---	---

<b>1- Caractéristiques du mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe</b> 1-1- abscisse curviligne ; 1-2- abscisse angulaire ; 1-3 - vitesse linéaire – 1-4- vitesse angulaire <b>2- Moment d'un couple de forces</b> 2-1- Moment d'une par rapport a un axe 2-2- Définition et unite d'un couple de force	<b>3- Travail d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe</b> <b>3-1- Travail élémentaire</b> 3-2- Définition du travail d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe <b>4- Puissance d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe</b> 4-1- Définition de la puissance d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe. 4-2- Expression
--	--

Activites du prof	Activites des eleves	<b>Trace ecrite de la lecon</b>
		<p style="text-align: center;"><b>TRAVAIL ET PUISSANCE DES FORCES EN ROTATION</b></p> <p>Un élève en classe de 1<sup>ère</sup> C au Lycée Leboutou habite le village de TOUPAH. 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 en parle à ses camarades. Ensemble, ils décident sous la direction de leur professeur, de s'informer sur les caractéristiques du mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe, de définir un couple de forces, de déterminer le travail et la puissance d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe.</p> <p><b>1- Caractéristiques du mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe</b></p> <p><b>1-1- Repérage d'un solide en mouvement de rotation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Considérons un solide (S) en mouvement de rotation autour d'un axe fixe (<math>\Delta</math>). Le solide décrit une trajectoire circulaire centrée sur cet.</li> <li>• Entre <math>M_0</math> et <math>M</math>, on note un angle <math>\theta</math> appelé <b>abscisse angulaire</b> du mouvement qui s'exprime en <b>radian (rad)</b>.</li> <li>• L'arc <math>\widehat{M_0M}</math> représente l'abscisse curviligne. Il se note <math>s(M)</math> et a pour expression : <math>s(M) = R\theta</math>. <math>s(M)</math> s'exprime en mètre (m).</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>1-2- Vitesse d'un solide en rotation</b></p> <p><b>1-2.1- Vitesse angulaire moyenne</b></p> <p>Entre <math>t_1</math> et <math>t_2</math>, la variation de l'abscisse angulaire est : <math>\delta\theta = \theta_2 - \theta_1</math> et celle est : <math>\delta t = t_2 - t_1</math>. On appelle vitesse angulaire notée <math>\omega</math>, la variation de l'abscisse angulaire par rapport au temps : <math>\omega = \frac{\delta\theta}{\delta t}</math> et s'exprime en <b>radian par seconde</b>.</p> <p><b>Remarque :</b> - Si <math>\omega &gt; 0</math>, la rotation a lieu dans le sens positif. - Si <math>\omega &lt; 0</math>, la rotation a lieu dans le sens contraire.</p> </div> <div style="width: 45%; text-align: center;"> </div> </div> <p><b>1-2.2- Vitesse linéaire</b></p> <p>Le déplacement et l'abscisse curviligne étant infiniment petits, on a : <math>\widehat{M_1M_2} \approx M_1M_2 = \delta\ell = R\delta\theta</math>.</p> <p>La vitesse linéaire est donc : <math>v = \frac{\delta\ell}{\delta t} = R \cdot \frac{\delta\theta}{\delta t}</math> or <math>\frac{\delta\theta}{\delta t} = \omega \Rightarrow v = R \cdot \omega</math>.</p> <p><b>Application 1</b> (exercice n°3 page 26 : Collection AREX)</p> <p>En supposant que les aiguilles d'une montre ont des mouvements uniformes :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1-Déterminer les vitesses angulaires <math>\omega_1, \omega_2</math> et <math>\omega_3</math> de la trotteuse (aiguille des secondes), de la grande aiguille (des minutes) et de la petite aiguille (des heures).</li> <li>2-Calculer la vitesse linéaire de l'extrémité de la petite aiguille de longueur <math>l = 0,8</math> cm (<math>l</math> représente la distance entre l'axe et l'extrémité).</li> </ol> <p><b>Résolution :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Déterminons la vitesse angulaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <math>\omega_1</math> de la trotteuse : <math>\omega_1 = \frac{\theta_1}{t_1}</math>. Pour 1 tour, on a : <math>\theta_1 = 2\pi</math> rad et <math>t_1 = 60</math>s. A.N : <math>\omega_1 = \frac{2\pi}{60} = 10,47 \cdot 10^{-2} \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}</math></li> <li>❖ <math>\omega_2</math> de la grande aiguille : <math>\omega_2 = \frac{\theta_2}{t_2}</math>. Pour 1 tour, on a : <math>\theta_2 = 2\pi</math> rad et <math>t_2 = 1\text{h} = 3600</math>s A.N : <math>\omega_2 = \frac{2\pi}{3600} = 1,75 \cdot 10^{-3} \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}</math></li> <li>❖ <math>\omega_3</math> de la petite aiguille : <math>\omega_3 = \frac{\theta_3}{t_3}</math>. Pour 1 tour, on a : <math>\theta_3 = 2\pi</math> rad et <math>t_3 = 1\text{j} = 86400</math>s A.N : <math>\omega_3 = \frac{2\pi}{86400} = 7,27 \cdot 10^{-5} \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}</math></li> </ul> </li> <li>2- Calculons la vitesse linéaire de la petite aiguille <math>v = l \cdot \omega_3 = 0,8 \cdot 10^{-2} \times 7,27 \cdot 10^{-5} \Rightarrow v = 5,82 \cdot 10^{-7} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}</math></li> </ol> <p><b>2- Moment d'un couple de forces</b></p> <p><b>2-1-Rappel moment d'une par rapport a un axe fixe</b></p> <p>Le moment <math>\mathcal{M}_\Delta(\vec{F})</math> par rapport à un axe fixe (<math>\Delta</math>) de la force <math>\vec{F}</math> est le produit de son intensité par la distance <math>d</math> entre la droite d'action de la force et l'axe de rotation. On a <math>\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \cdot d</math> où <math>F</math> est en N, <math>d</math> en m et <math>\mathcal{M}_\Delta(\vec{F})</math> en N.m. La distance <math>d</math> appelée <b>bras de levier</b>.</p>

**Remarque :**

Le moment d'une force dont la droite d'action est parallèle ou sécante à l'axe de rotation est nul.  
Le moment est une grandeur algébrique.



- Les moments de  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  sont nuls car  $\vec{F}_1$  coupe l'axe et  $\vec{F}_2$  parallèle à l'axe de rotation.
- 

**1- Théorème des moments**

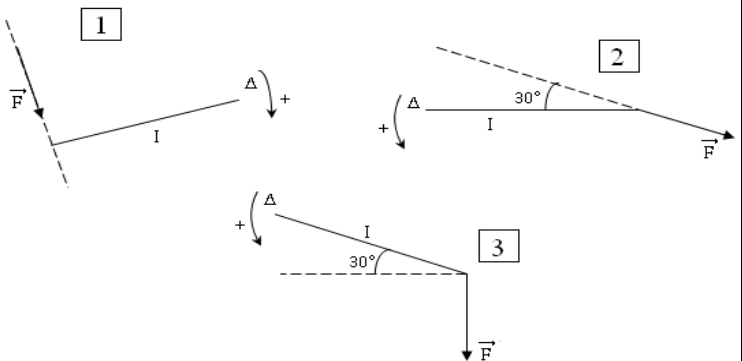
Lorsqu'un solide, mobile autour d'un axe fixe est en équilibre, la somme algébrique des moments par rapport à cet axe des forces extérieures qui lui sont appliquées est nulle :  $\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_{ext}) = 0$ .

**NB :** À cette condition, il faut ajouter la condition d'équilibre  $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ .

**Application 2** (Exercice n°5 page 26 : Collection AREX)

Déterminer, pour chacun des cas de figure ci-dessous :

- 1- La distance de l'axe  $\Delta$  à la droite d'action de la force  $\vec{F}$ .
- 2- Le moment de la force  $\vec{F}$  par rapport à l'axe fixe  $\Delta$ . On donne  $F = 20\text{N}$  et  $l = 4\text{ cm}$ .



**Résolution**

- 1- Déterminons la distance de l'axe à la droite d'action dans chacun des cas :

1)  $d_1 = l = 4 \cdot 10^{-2}\text{m}$     2)  $d_2 = l \cos 30^\circ = 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{3}\text{ m}$     3)  $d_3 = l \sin 30^\circ = 2 \cdot 10^{-2}\text{m}$ .

- 2- Calculons le moment de la force  $\vec{F}$  dans chacun des cas :

1)  $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \cdot d_1 = 0,4\text{ N.m}$     2)  $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \cdot d_2 = 0,69\text{ N.m}$     3)  $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \cdot d_3 = 0,8\text{ N.m}$

**2-2- Couple de forces**

Considérons deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  non colinéaires en mouvement de rotation autour d'un axe fixe ( $\Delta$ ).

$\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  forment un couple de forces, si les deux forces ont :

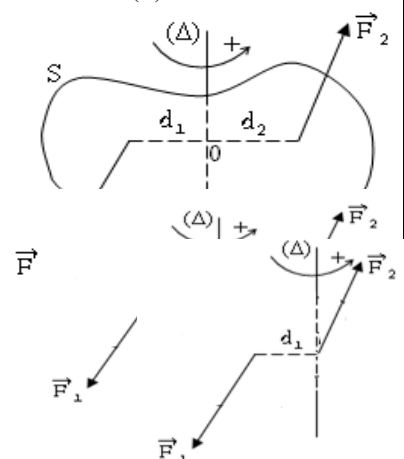
- Les mêmes directions ;
- Des droites d'action différentes ;
- Des sens contraires :  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$  ;
- La même intensité :  $F_1 = F_2$

**1- Moment d'un couple de forces**

Le moment du couple ( $\vec{F}_1$ ;  $\vec{F}_2$ ) est :  $\mathcal{M}_C = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2)$ .

**Remarque :**

- Si les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  agissent de part et d'autre de l'axe ( $\Delta$ ), on a :  
 $\mathcal{M}_C = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2)$   
 $= F_1 \cdot d_1 + F_2 \cdot d_2$   
 $\mathcal{M}_C = F \cdot d$  avec  $F = F_1 = F_2$  et  $d = d_1 + d_2$
- Si la droite d'action de l'une des forces rencontre l'axe de rotation, on a :  
 $\mathcal{M}_C = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) + 0 = F_1 \cdot d_1$ .
- Si les deux forces s'appliquent du même côté de l'axe de rotation, on a :



$$\begin{aligned} \mathcal{M}_C &= \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2) \\ &= F_1 \cdot d_1 - F_2 \cdot d_2 \\ \mathcal{M}_C &= F \cdot d \text{ avec } F = F_1 = F_2 \text{ et } d = d_1 - d_2 \end{aligned}$$

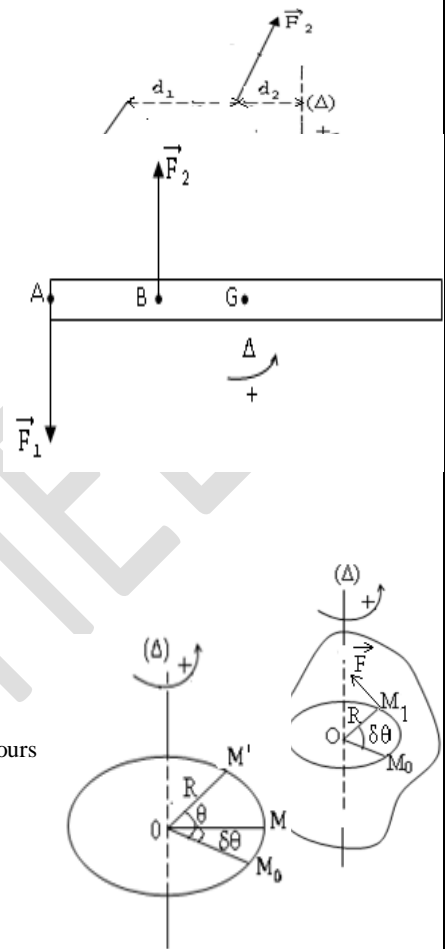
**Application 3** (Exercice n°11 page 27 : Collection AREX)

On applique un couple de forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  à une barre mobile autour d'un axe  $\Delta$  qui lui est perpendiculaire.  $\Delta$  passe par le centre d'inertie G de la barre comme l'indique la figure ci-dessous.

- 1- Dans quel sens tourne la barre ?
- 2- Calculer le moment du couple pour  $F_1 = 10\text{N}$  et  $AB = 20\text{cm}$ .

**Résolution :**

- 1- La tourne dans le sens positif de rotation ou dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.
- 2- Moment du couple :  $\mathcal{M}_C = F \cdot AB = 2\text{ N.m}$ .



**3-TRAVAIL D'UNE FORCE PERPENDICULAIRE À L'AXE DE ROTATION**

**1- Travail élémentaire**

Considérons un solide (S) mobile autour d'un axe de rotation fixe ( $\Delta$ ).

Le déplacement étant très petit, on a :  $\delta \hat{\ell} = \widehat{M_0M}$

$$\delta W = \vec{F} \cdot \delta \vec{\ell} = F \cdot \delta \ell \cos(\vec{F}, \delta \vec{\ell})$$

$\Delta\theta$  varie très peu alors  $\cos(\vec{F}, \delta \vec{\ell}) = \cos\theta = \cos 0 = 1 \Rightarrow \delta W = F \cdot \delta \ell$

or  $\delta \ell = R \cdot \delta\theta \Rightarrow \delta W = F \cdot R \cdot \delta\theta$ . Aussi  $F \cdot R = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F})$  d'où  $\delta W = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \delta\theta$

**2- Travail d'une force dont le moment est constant**

La somme des travaux élémentaires constitue le travail de la force  $\vec{F}$  sur le parcours  $M_0M_2$ .

$$W(\vec{F}) = \sum \delta W = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \sum \delta\theta$$

$$\Rightarrow W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \theta$$

**I- TRAVAIL D'UN COUPLE DE FORCES**

**1- Travail élémentaire**

Considérons les deux précédentes, on a :

$$\begin{aligned} \delta W_C &= \delta W_1 + \delta W_2 \\ &= \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) \cdot \delta\theta + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2) \cdot \delta\theta \Rightarrow \delta W_C = \mathcal{M}_C \cdot \delta\theta \end{aligned}$$

**2- Travail du couple**

- Pour une rotation quelconque, on a :  $W_C = \sum \mathcal{M}_C \cdot \delta\theta$ .
- Si le moment du couple est constant, on a :  $W_C = \mathcal{M}_C \cdot \theta$

**4-PUISSANCE**

**1- Puissance instantanée**

**1.1- Cas d'une force en rotation**

$$\mathcal{P} = \frac{\delta W}{\delta t} = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \times \frac{\delta\theta}{\delta t} \text{ or } \frac{\delta\theta}{\delta t} = \omega \Rightarrow \mathcal{P} = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) \cdot \omega$$

**1.2- Cas d'un couple de forces**

$$\mathcal{P} = \frac{\delta W_C}{\delta t} = \mathcal{M}_C \times \frac{\delta\theta}{\delta t} \Rightarrow \mathcal{P}_C = \mathcal{M}_C \cdot \omega$$

**2- Puissance moyenne**

$$\mathcal{P}_m = \frac{W}{\Delta t}$$

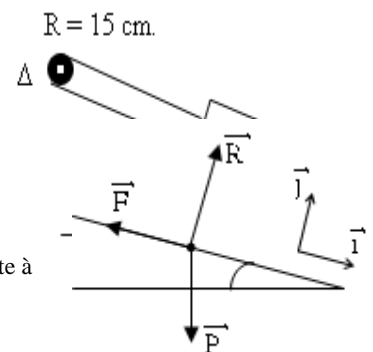
**Application 4** (Exercice 14 page 27 « Collection AREX »)

Une poulie de rayon  $r = 15\text{cm}$  tourne à une vitesse constante grâce à un moteur. Elle sert à monter, à l'aide d'une corde enroulée dans sa gorge, une charge de masse  $m = 200\text{kg}$  sur un plan incliné faisant un angle  $\alpha = 30^\circ$  par rapport à l'horizontale (voir figure).

L'axe de la poulie est parallèle au support et orthogonal à la corde. On considère que les frottements et la masse de la poulie sont négligeables et on donne  $g = 10\text{N/kg}$ .

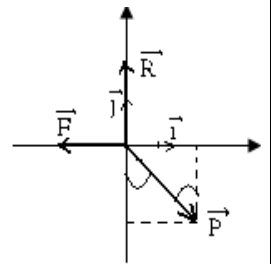
- 1- Déterminer et représenter la force exercée par la corde sur la poulie.
- 2- Calculer le moment du couple exercé par le moteur.
- 3- Calculer la puissance développée par le moteur sachant que la charge monte à la vitesse  $v = 0,5\text{m/s}$ .

**Résolution**



- 1- Représentation et détermination de la force exercée par la corde :  
 Système : charge de masse  $m$   
 Bilan des forces :  $\vec{P}$  : poids de la charge ;  $\vec{F}$  : force de la corde sur la poulie ;  $\vec{R}$  : réaction du plan incliné sur la charge.  
 Repère :  $(O, \vec{i}, \vec{j})$   
 Appliquons le principe de l'inertie :  
 $\Sigma \vec{f}_{\text{ext}} = \vec{0} \Rightarrow \vec{P} + \vec{F} + \vec{R} = \vec{0}$   
 Projection des forces :  

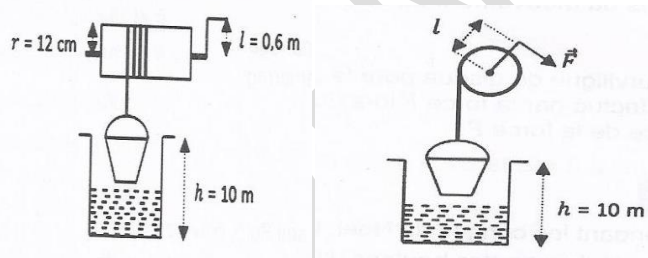
$$\vec{P} \begin{cases} P_x = mg \sin \alpha \\ P_y = -mg \cos \alpha \end{cases} \quad \vec{R} \begin{cases} R_x = 0 \\ R_y = R \end{cases} \quad \vec{F} \begin{cases} F_x = -F \\ F_y = 0 \end{cases}$$
  
 Déterminons  $F$  sur l'axe  $(ox)$  :  $mg \sin \alpha - F = 0 \Rightarrow F = mg \sin \alpha$   
 A.N :  $F = 1000 \text{ N}$ .
- 2- Calculons le moment du couple :  
 $\mathcal{P}_C = \frac{W_C}{t} = \mathcal{M}_C \times \frac{\theta}{t}$  or  $\frac{\theta}{t} = \omega$  et  $v = R \cdot \omega \Rightarrow \mathcal{P}_C = \mathcal{M}_C \times \frac{v}{R}$  ou  $\mathcal{P}_C = \mathbf{F} \times \mathbf{v} = 500 \text{ W}$ .



**Exercices à faire à la maison** : exercices n°7, 8 et 13 pages 26–27 « Collection AREX ».

### SITUATION D'ÉVALUATION

Chaque matin, ta camarade de classe utilise un treuil installé sur le puits de la cour familiale pour puiser de l'eau. Ce treuil est constitué d'un tambour et d'une manivelle. Elle fait tourner le tambour de rayon  $r$  pour remonter le seau d'eau de masse  $m$  d'une hauteur  $h$ . Elle exerce alors une force  $\vec{F}$  perpendiculaire à la manivelle de longueur  $l$  pendant une durée  $\Delta t$ , à vitesse constante (voir schéma ci-dessous).



Tu décides de déterminer l'intensité de la force qu'elle exerce sur le bras de la manivelle.

#### Données :

- ✓  $m = 8 \text{ kg}$  ;  $h = 10 \text{ m}$  ;  $\Delta t = 15 \text{ s}$  ;  $g = 10 \text{ N/kg}$ .
- ✓ Le fil qui est enroulé sur le tambour est inextensible et de masse négligeable.

- 1-Fais l'inventaire et représente les forces appliquées au :
  - 1-1- seau d'eau
  - 1-2- treuil
- 2-Donne la condition pour laquelle le treuil a un mouvement circulaire uniforme
- 3-Détermine :
  - 3.1- l'intensité  $F$  de la force exercée sur la manivelle.
  - 3.2- le travail du poids  $W(\vec{P})$  du seau d'eau.
  - 3.3- le nombre  $n$  de tours effectués par le tambour pour remonter le seau d'eau.

# COURS 1ère C et D

<b>NIVEAU :</b> 1 <sup>ères</sup> C et D <b>THEME :</b> MECANIQUE <b>LECON :</b> <b>THÉOREME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE</b>	DUREE :(8 h)
---	--------------

## TABLEAU DES HABILITES

ABILETES	CONTENUS
Définir	l'énergie cinétique d'un solide en mouvement dans un repère galiléen.
Connaitre	L'unité de l'énergie cinétique
Connaître	l'expression de l'énergie cinétique d'un solide en mouvement de : - translation dans un repère galiléen. - rotation autour d'un axe fixe.
Déterminer	l'énergie cinétique dans le cas d'un mouvement de - translation. - rotation
Enoncer	le théorème de l'énergie cinétique.
Appliquer	le théorème de l'énergie cinétique.
Utiliser	les expressions $EC = \frac{1}{2}mv^2$ $EC = \frac{1}{2}J\Delta\omega^2$

<b>MOYENS</b> Dispositif d'étude de la chute libre - Enregistrement du mouvement de chute libre d'une bille - Dispositif de la chute sur un plan incliné avec frottement (chute ralentie)	<u>SUPPORTS DIDACTIQUES</u> Série d'exercices <b><u>BIBLIOGRAPHIE</u></b>
--	---

--	--

Activités Questions du prof	Activités Réponses Des élèves	Trace écrite de la leçon																																																							
<b>THÉORÈME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE</b>																																																									
<p><b>SITUATION D'APPRENTISSAGE</b>                  Deux élèves de la classe de 1ère D5 du Lycée Mixte 1 de Yamoussoukro empruntent un taxi pour se rendre au cours. En route, ils constatent que leur véhicule roule trop vite. Cependant d'autres véhiculent arrivent à les dépasser. L'un des élèves dit alors que les véhiculent qui les dépassent ont une énergie cinétique plus grande ; l'autre veut comprendre. Une fois au lycée, il décide avec ses camarades de classe , de s'informer sur l'énergie cinétique, de déterminer l'énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation puis d'appliquer le théorème de l'énergie cinétique.</p> <p style="text-align: center;"><b>1-Energie cinétique d'un solide en mouvement de translation dans un référentiel galiléen</b>  <b>1-1-Étude expérimentale de la chute libre d'une bille sans vitesse initiale</b>  <b>1.1- Expérience</b></p> <p>Une petite bille en acier est lâchée sans vitesse initiale. A intervalles de temps consécutifs <math>\tau = 40</math> ms, on relève les hauteurs successives de la bille</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="459 929 877 1209"> <p>A-Accumulateur                      B-Bille d'acier                      C-Chronometre                      E-Electro-Aimant                      F-Faisceau lumineux                      P-Cellule photoelectrique</p> </div> <div data-bbox="1085 806 1356 1176"> </div> </div> <p style="text-align: center;"><b>1.2- Tableau de mesures</b></p> <table border="1" data-bbox="319 1265 1508 1411"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>h(m)</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> <td>0,8</td> <td>0,9</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>t(s).10<sup>-4</sup></td> <td>364</td> <td>256</td> <td>209</td> <td>181</td> <td>162</td> <td>149</td> <td>137</td> <td>128</td> <td>120</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td>v(m/s)</td> <td>1,37</td> <td>1,95</td> <td>2,39</td> <td>2,76</td> <td>3,09</td> <td>3,36</td> <td>3,65</td> <td>3,91</td> <td>4,17</td> <td>4,35</td> </tr> <tr> <td>v<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>)</td> <td>1,88</td> <td>3,80</td> <td>5,71</td> <td>7,62</td> <td>9,55</td> <td>11,30</td> <td>13,32</td> <td>15,30</td> <td>17,39</td> <td>18,92</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>1.3- Exploitation des résultats</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tracé de la courbe : <math>v^2 = f(h)</math>. Echelle : 1 cm pour 0,1m et 1 cm pour 1 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>.</li> <li>✓ On obtient une droite passant par l'origine d'équation <math>v^2 = kz</math> avec <math>k</math> la pente de la courbe.</li> <li>✓ <math>k = \frac{\Delta v^2}{\Delta h} = \frac{7,62-5,71}{0,4-0,3} = 19,1</math></li> <li>✓ <math>\frac{k}{2} \approx 9,6</math>. Or <math>g = 9,8</math> N/kg d'où <math>k \approx 2g</math></li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>1.4- Conclusion</b>  <math>v^2 = kz</math> d'où <math>v^2 = 2gz</math>.</p> <p>Soit <math>v^2 = 2gz</math>. En multipliant les deux termes par <math>m</math> on a  <math>: mv^2 = 2mgz \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv^2 = mgz</math>.</p> <p>Le terme <math>\frac{1}{2}mv^2</math> représente l'énergie cinétique de la bille dans son mouvement de translation notée <math>E_c</math></p> <p style="text-align: center;"><b>2-Énergie cinétique de la bille en mouvement de translation</b>  <b>2-1 - Définition :</b></p> <p>L'énergie cinétique d'un solide est l'énergie qu'il possède du fait de son mouvement.      On distingue deux types d'énergie pour un solide animé d'un mouvement quelconque :      - L'énergie cinétique de translation (objet d'étude cette année)      - L'énergie cinétique de rotation</p> <div data-bbox="989 1422 1476 1736" style="text-align: right;"> </div>			N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	h(m)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	t(s).10 <sup>-4</sup>	364	256	209	181	162	149	137	128	120	115	v(m/s)	1,37	1,95	2,39	2,76	3,09	3,36	3,65	3,91	4,17	4,35	v <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	1,88	3,80	5,71	7,62	9,55	11,30	13,32	15,30	17,39	18,92
N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																															
h(m)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0																																															
t(s).10 <sup>-4</sup>	364	256	209	181	162	149	137	128	120	115																																															
v(m/s)	1,37	1,95	2,39	2,76	3,09	3,36	3,65	3,91	4,17	4,35																																															
v <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )	1,88	3,80	5,71	7,62	9,55	11,30	13,32	15,30	17,39	18,92																																															

**2-2-Expression de l'énergie cinétique**

**2-2-1- Energie cinétique de translation**

Pour un solide en translation :  $E_C = \frac{1}{2}mv^2$ . L'énergie cinétique s'exprime en **Joule (J)**.

**2-2-2-Énergie cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe**

L'énergie cinétique d'un solide mobile animé d'une vitesse angulaire  $\omega$  autour d'un axe fixe ( $\Delta$ ) est :  $E_C = \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2$  avec  $J_\Delta$  = moment d'inertie du solide autour de l'axe ( $\Delta$ ) et  $J_\Delta = MR^2$ .

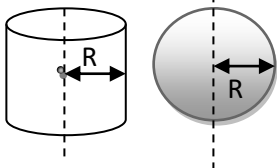
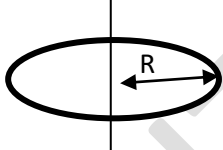

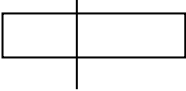
**2-2-3- Expression de l'énergie cinétique**

L'énergie cinétique est la somme de deux termes pour un solide qui roule sans glisser sur un plan,

on a :  $E_C = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2$ .

**REMARQUE**

L'expression du moment d'inertie varie selon la nature du solide

le solide est un disque ou cylindre homogène, 	Circonférence de masse m de rayon R 	Si le solide est une sphère homogène 	Si le solide est une barre homogène 
$J_\Delta = \frac{1}{2}MR^2$	Par rapport à son axe : $J_\Delta = mR^2$ - Par rapport à un diamètre : $J_\Delta = \frac{1}{2}mR^2$	,on a : $J_\Delta = \frac{2}{5}MR^2$	on a : $J_\Delta = \frac{1}{12}M\ell^2$ avec $\ell$ = longueur de la barre

**Application 1**

- Une bille homogène de masse  $m = 20$  g, de rayon  $R$ , roule sans glisser sur un plan horizontal. La vitesse de son centre d'inertie est  $V = 50$  cm/s. Calculer l'énergie cinétique de cette bille (exercice n° 9 page 33: Collection AREX)
- Calculer l'énergie cinétique d'une tige homogène de longueur  $l = 2$  m, de masse  $M = 200$ g, tournant autour d'un axe raison de  $N = 3$  tours/s. l'axe  $\Delta$  est perpendiculaire à la tige et passe par son centre d'inertie G. On donne  $J_\Delta = \frac{1}{12}M\ell^2$

**Résolution**

- Calcul de l'énergie cinétique :  $E_C = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2$   
 $J_\Delta = \frac{1}{2}mR^2 \Rightarrow E_C = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}(\frac{1}{2}mR^2)\omega^2 \Rightarrow E_C = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{4}mR^2\omega^2$  or  $v = R\omega$

D'où  $E_C = \frac{3}{4}mv^2$

A.N:  $m = 2.10^{-2}$  kg;  $v = 0,2$ m/s  $\Rightarrow E_C = 8.10^{-4}$ J.

- Calcul de l'énergie cinétique de la tige :

La tige ne subit pas de translation :  $E_C = \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2$  avec  $J_\Delta = \frac{1}{12}M\ell^2$  et  $\omega = 2\pi N$  où  $N =$  nombre de tour. Pour  $n$

tours, on a :  $E_C = \frac{4\pi^2 M \ell^2 N^2}{24}$ .

A.N :  $E_C = \frac{4\pi^2 \times 0,2 \times 2^2 \times 3^2}{24} \Rightarrow E_C = 11,84$ J.

**3-THÉORÈME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE**

**3-1-Chute libre d'un corps sans vitesse initiale**

- Système : la bille.  $m=20$ g
- Bilan des forces : le poids  $\vec{P}$  de la bille.
- Repère :  $(O, \vec{k})$ .

L'expérience de la chute libre nous a permis d'établir la relation :  $v^2 = 2gz$ .

Au point A :

$v_A^2 = 2gz_A$

$E_{C_A} = \frac{1}{2} m v_A^2 = mgz_A$  (1)

Au point B :

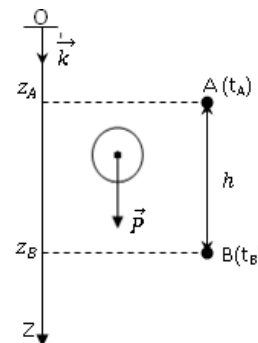
$v_B^2 = 2gz_B$

$E_{C_B} = \frac{1}{2} m v_B^2 = mgz_B$  (2)

(2) - (1) :  $E_{C_B} - E_{C_A} = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = mgz_B - mgz_A$

$E_{C_B} - E_{C_A} = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = mg(z_B - z_A)$

Soient  $E_{C_B} - E_{C_A} = \Delta E_{C_{A-B}}$  et  $z_B - z_A = h$ , on a  $\Delta E_{C_{A-B}} = mgh$  or  $mgh = W_{A-B}(\vec{P})$ , d'où



$$\Delta E_{C_{A-B}} = W_{A-B}(\vec{P}).$$

Quand un corps est en chute libre, la variation de l'énergie cinétique entre deux instants est égale au travail de son poids entre ces deux instants.

### Vérification

Un chariot de masse  $m = 10\text{kg}$  est tiré par KODJO. Dans sa course il passe au point A avec une vitesse  $V_A = 2\text{m/s}$  ensuite au point B avec une vitesse  $V_B = 4\text{m/s}$ . KODJO exerce une force de traction  $F = 8\text{N}$  sur le parcours  $AB = 10\text{m}$  ou il existe des frottements  $f = 2\text{N}$ .

1. Calcule la variation de l'énergie cinétique  $\Delta E$
2. Calcule les travaux des forces extérieures appliquées au chariot

Compare  $\Delta E_c$  et la  $\sum W(F_{ext})$

### 3-2-Énoncé du théorème de l'énergie cinétique

Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un système en mouvement de translation entre deux instants est égale à la somme algébrique des travaux de toutes les forces extérieures appliquées au système.

$$\Delta E_{C_{A-B}} = \sum W_{A-B}(\vec{F}).$$

### REMARQUE :

- ✓ Si  $\sum W_{A-B}(\vec{F}) > 0$ , le mouvement du système est dit **accélééré**.
- ✓ Si  $\sum W_{A-B}(\vec{F}) < 0$ , le mouvement du système est dit **retardé**.
- ✓ La variation de l'énergie cinétique ne dépend pas du repère choisi.

### 4-Méthode de résolution d'un exercice de mécanique

- ✓ Préciser le système étudié
- ✓ Faire l'inventaire des forces appliquées au système
- ✓ Représenter ces forces exercées
- ✓ Calculer les travaux de ses forces
- ✓ Calculer la variation de l'énergie cinétique
- ✓ Exploiter le TEC

### Application 2 (Exercices n°11 page 33 : Collection AREX)

Une automobile dont le moteur est coupé, de masse  $m = 800\text{kg}$ , animé d'un mouvement de translation rectiligne, descend une piste dont la pente est de 2% (dénivellation de 2m pour une distance parcourue de 100m). Les forces de frottement sont équivalentes à une force constante  $\vec{f}$  d'intensité 150 N et opposé au vecteur vitesse. Après un parcours de 200m, calculer :

- 1- La somme des travaux des forces appliquées à l'automobile considéré comme point matériel.
- 2- La vitesse de l'automobile après le parcours de 200m sachant que, à l'instant initial, sa vitesse est de 400 km/h. On donne  $g = 10\text{N/kg}$ .

### Résolution

- 1- Calculons la somme des travaux des forces

Système : automobile

Bilan des forces :  $\vec{P}$  : poids de l'automobile,  $\vec{R}$  : réaction normale de la piste sur l'automobile,  $\vec{f}$  : Force de frottement.

Repère :  $(O, \vec{i}, \vec{j})$

Calculons la somme des travaux des forces :

$$\sum W_{A-B}(\vec{F}) = W(\vec{P}) + W(\vec{R}) + W(\vec{f}) = mgh + 0 - f \cdot AB \text{ avec } h = AB \cdot \sin \alpha$$

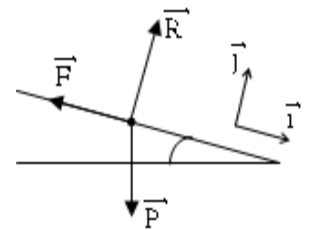
$$\sum W_{A-B}(\vec{F}) = AB(mg \sin \alpha - f). \text{ A.N : } \sum W_{A-B}(\vec{F}) = 200(800 \times 10 \times 0,02 - 150) = 2\text{kJ}.$$

- 2- Calcul de la vitesse de l'automobile après 200m :

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_{C_{A-B}} = \sum W_{A-B}(\vec{F}) \Rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = \sum W_{A-B}(\vec{F}) \Rightarrow v_B = \sqrt{\frac{2 \sum W_{A-B}(\vec{F})}{m} + v_A^2}.$$

$$\text{A.N : } v_B = \sqrt{\frac{2 \times 2000}{800} + (11,11)^2} \Rightarrow v_B = 11,33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$



Exercices à faire à la maison : exercices n°7, 8 et 12 page 33 : Collection AREX

### SITUATION D'ÉVALUATION

Un samedi matin des congés de Noël, tu effectues un voyage avec tes camarades de classe pour une randonnée.

La charge constituée par la voiture et vous, a un poids total  $P = 1\,300\text{N}$ .

Le conducteur démarre la voiture, aborde une côte avec la vitesse de  $v_1 = 3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  puis atteint son sommet avec la vitesse  $v_2 = 12\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ . La distance parcourue sur cette côte, qui présente une ligne de plus grande pente faisant un angle  $\beta = 15^\circ$  avec le

plan horizontal, est  $L = 50$  m.

Du sommet de la côte, la voiture aborde une partie horizontale de la route en maintenant sa vitesse constante sur une distance  $d$ , avant de freiner sur autre distance  $d' = 40$  m pour éviter de « cogner » un chien errant.

Durant tout le mouvement, les forces de frottement sont assimilées à une force unique  $\vec{f}$  de valeur  $f = 780\text{N}$  ( $f = 0,6P$ ).

Pour les besoins, tu utiliseras comme intensité de la pesanteur,  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ .

Tu es désigné par tes camarades pour montrer que les élèves de votre classe sont capables d'évaluer les forces appliquées à la voiture.



1- Énonce le théorème de l'énergie cinétique.

2- Détermine la valeur  $F$  de la force de propulsion  $\vec{F}$  exercée par le sol sur les roues de la voiture (force motrice):

2.1- durant son trajet sur la côte;

2.2- sur le plan horizontal pendant que sa vitesse est constante.

3- Détermine la valeur  $F'$  de la force de freinage de la voiture.

# COURS 1ère C et D

<b>NIVEAU :</b> 1 <sup>ères</sup> C et D <b>THEME :</b> MECANIQUE <b>LECON :</b> <b>ÉNERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR –</b>	<b>DUREE</b>
--	--------------

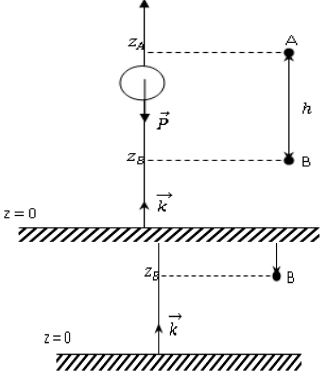
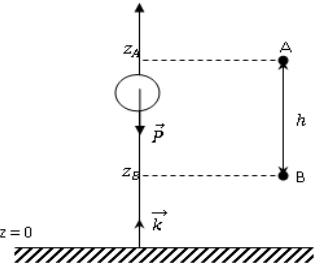
HABILETES	CONTENUS
Définir	<ul style="list-style-type: none"><li>• l'énergie potentielle de pesanteur.</li><li>• l'énergie potentielle élastique.</li></ul>
Connaître	<ul style="list-style-type: none"><li>• l'expression de :<ul style="list-style-type: none"><li>- l'énergie potentielle de pesanteur d'un système (solide + Terre)</li><li>- l'énergie potentielle élastique d'un système (ressort + solide)</li></ul></li><li>• l'unité de l'énergie potentielle</li></ul>
Déterminer	<ul style="list-style-type: none"><li>• l'énergie potentielle de pesanteur d'un solide.</li><li>• l'énergie potentielle élastique.</li><li>• la variation de l'énergie potentielle d'un solide.</li></ul>
Citer	quelques applications de l'énergie potentielle.

## SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un groupe d'élèves de 1ère C du Lycée Moderne 1 d'Agboville assiste à un accident devant le portail principal. Un véhicule roulant à vive allure vient percuter violemment un pilier du préau. 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.

<b>MOYENS</b> Billes - Ressort - Pendule simple - Un plan incliné	<b>SUPPORTS DIDACTIQUES</b>  <b>BIBLIOGRAPHIE</b>
---	---

<b>PLAN DE LA LECON</b> <b>1-Énergie potentielle de pesanteur</b> 1-1-Mise en évidence par des situations 1-2-Definition 1-3-Expression 1-4-Variation de l'énergie potentielle <b>2- Énergie potentielle élastique</b> 2-1-Definition 2-2-Expression	<b>3-Quelques application</b>
--	-------------------------------

Activités Du prof	Activités Des élèves	Trace écrite de la leçon
		<p><b>ÉNERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR</b></p>
		<p><b>SITUATION D'APPRENTISSAGE</b>            En partance pour l'école à 14h, un groupe d'élèves de 1ère D2 du Lycée Moderne Toumodi assiste à une scène sur la côte menant à la SODECI. 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 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.</p> <p><b>1-ÉNERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR</b>  <b>1-1-Mise en évidence par des situations</b></p> <p><b>Situation1</b>            Lorsqu'un corps tombe en chute libre, il possède de l'énergie en réserve que l'on appelle énergie potentielle. Elle est due à la position du corps par rapport au sol.</p> <p><b>Situation 2</b>            Lorsqu'on laisse au sommet d'une cote une boule, elle se met à rouler. Cela est dû à la différence de niveau. Elle possède donc de l'énergie potentielle.</p> <p><b>Remarque :</b>            Cette énergie est liée à l'interaction entre le corps et la terre.</p> <p><b>1-2-Definition</b>            L'énergie potentielle de pesanteur est l'énergie que possède un système ( solide-terre) du fait de sa position dans le champ de pesanteur..</p> <p><b>1-3-Expression</b>            Cas de la chute libre d'une bille son altitude <math>z</math> est mesurée sur l'axe (Oz) dont l'origine O coïncide avec le sol</p> <p><b>La</b> bille est soumise a la seule action des son poids <math>\vec{P}</math>            Le travail du poids de la bille de la position A a la position B est  <math>W_{A-B}(\vec{p}) = W_{A-B}(\vec{P}) = mgh</math> or <math>h = z_A - z_B</math> donc <math>W_{A-B}(\vec{p}) = mg(z_A - z_B)</math>  <math>W_{A-B}(\vec{p}) = mgz_A - mgz_B</math>            Posons <math>mgz = E_p</math> <math>E_p</math> est appelée l'énergie potentielle de pesanteur de la bille.</p> <p><b>De façon générale l'énergie potentielle d'un système dans le champ de pesanteur uniforme est :</b>  <math>E_{pp} = mgz + C</math> , C étant une constante arbitraire</p> <p><b>1-4-Etat de référence des énergies potentielles</b>            La position de référence <math>Z_0</math> est la position du solide pour laquelle l'énergie potentielle de pesanteur est considérée comme nulle  <math>E_{pp}(z_0) = mgz_0 + C = 0</math> d'où <math>C = -mgz_0</math> donc <math>E_{pp} = mg(z - z_0)</math>.            L'énergie potentielle dépend du choix de la cote de référence <math>Z_0</math>            -Si <math>z &gt; z_0</math> alors <math>E_{pp} &gt; 0</math>            -Si <math>z &lt; z_0</math> alors <math>E_{pp} &lt; 0</math></p> <p><b>1-5-Variation de l'énergie potentielle de pesanteur</b>            Considérons deux états donnés de notre système (bille).            Au point A, on a : Au point B, on a :  <math>E_{pA} = mgz_A</math> (1) <math>E_{pB} = mgz_B</math> (2) (2) - (1), on a :  <math>E_{pB} - E_{pA} = mgz_B - mgz_A = mg(z_B - z_A)</math>            or <math>z_B - z_A = -(z_A - z_B) = -h</math>  <math>E_{pB} - E_{pA} = -mgh = -W_{A-B}(\vec{P})</math> d'où <math>\Delta E_{pp} = -W_{A-B}(\vec{P})</math></p> <p><b>Conclusion :</b>            La variation de l'énergie potentielle de pesanteur d'un système entre deux positions est égale à l'opposé du travail du poids du système lors de son déplacement.</p> <p><b>Application 1</b> (Exercice n°2 page 42 : Collection AREX)            Une pierre de masse <math>m = 70</math> g est lancée vers le haut. Elle atteint un point M à l'altitude de 10 m.            1- Calculer l'énergie potentielle de pesanteur de la pierre par rapport au sol et par rapport au fond d'un puits d'une profondeur de 15 m (<math>g = 10</math> N/kg).            2- Calculer la variation de l'énergie potentielle de pesanteur entre le niveau du sol et M en prenant pour origine le fond du puits.</p>  

## Résolution

- 1- Calcul de l'énergie potentielle de pesanteur de la pierre par rapport au sol :

$$E_{pp} = mg(z - z_0) ; z_0 = \text{altitude au sol} = 0$$

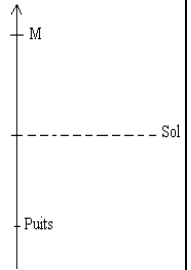
$$E_{pp} = mgz = 70 \cdot 10^{-3} \times 10 \times 10 \Rightarrow E_{pp} = 7 \text{ J.}$$

Calcul de l'énergie potentielle de pesanteur de la pierre par rapport au fond d'un puits :

$$E_{pp} = mg(z_M - z_{\text{puits}}) = 70 \cdot 10^{-3} \times 10(10 - 15) \Rightarrow E_{pp} = -3,5 \text{ J}$$

- 2- Calcul de la variation de l'énergie potentielle de pesanteur entre le niveau du sol et M :

$$\Delta E_{pp} = -W_{A-B}(\vec{P}) = -mgh = -70 \cdot 10^{-3} \times 10(10 - (-15)) = -17,5 \text{ J.}$$



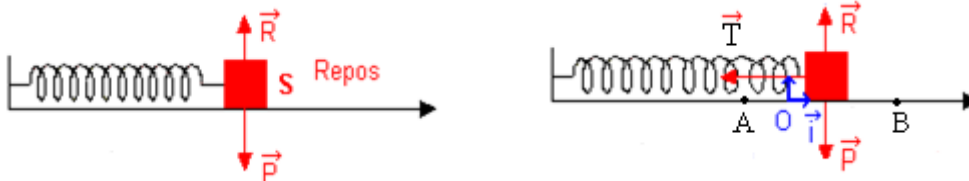
## 2- Énergie potentielle élastique

### 2-1- Définition

L'énergie potentielle élastique est l'énergie que possède un ressort de raideur K subissant un allongement X

### 2-2- Expression

Soit un solide (S) de masse m attaché à une extrémité libre d'un ressort de raideur k et de masse négligeable.



Appliquons le théorème de l'énergie cinétique au solide (S).

$$\Delta E_{C_{A-B}} = \Sigma W_{A-B}(\vec{F}_{\text{ext}}) = W_{A-B}(\vec{P}) + W_{A-B}(\vec{R}) + W_{A-B}(\vec{T})$$

$$E_{C_B} - E_{C_A} = 0 + 0 - \frac{1}{2}kx_B^2 + \frac{1}{2}kx_A^2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 + \frac{1}{2}kx_B^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}kx_A^2$$

L'expression  $\frac{1}{2}kx^2$  représente l'énergie potentielle élastique du ressort. D'où  $E_{pe} = \frac{1}{2}kx^2$ .

### Remarque :

Pour des positions 1 et 2 données, on a :  $\Delta E_{pe} = -W(\vec{T})$ .

### Application 2

La longueur au repos du ressort d'un fusil à fléchette est 10cm. Par introduction de la flèche, le ressort se comprime et sa longueur devient 6cm. Quelle est alors l'énergie potentielle du système ? La raideur du ressort est  $k= 200\text{N/m}$ .

## Résolution

L'énergie potentielle de pesanteur du système est :

$$E_{pe} = \frac{1}{2}kx^2 \text{ or } x = \ell - \ell_0 \Rightarrow$$

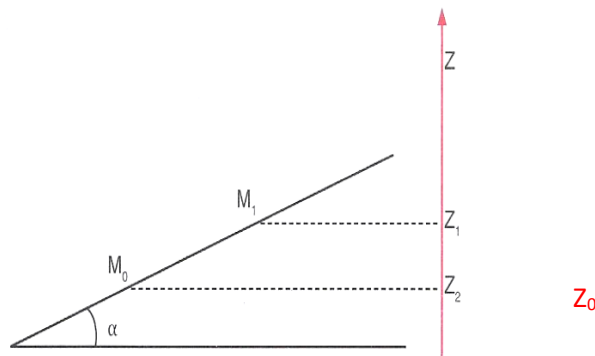
$$E_{pe} = \frac{1}{2}k(\ell - \ell_0)^2 = \frac{1}{2} \times 200 \times (0,1 - 0,06) \Rightarrow E_{pe} = 4 \text{ J.}$$

### 3- Quelques applications de l'énergie potentielle de pesanteur

Dans les barrages hydroélectriques l'énergie potentielle de pesanteur est transformée en énergie électrique

## SITUATION D'EVALUATION

Votre Professeur de physique-chimie 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 extérieures 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

MoM<sub>1</sub> = L = 1,5 m ; m = 500 g ; Le niveau de la position initiale (Mo) du palet est pris comme niveau de référence des énergies potentielles de pesanteur ; g = 9,8 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 Mo puis au point M<sub>1</sub>.

1-2. Détermine la variation de l'énergie potentielle de pesanteur ( $\Delta E_p$ ) du palet entre les points Mo et M<sub>1</sub>.

2. Détermine la somme algébrique des travaux ( $\Sigma W$ ) des forces extérieures appliquées au palet en supposant que le déplacement se fait sans frottements.

3. Compare ( $\Delta E_p$ ) et ( $\Sigma W$ )

CONFIDENTIEL

# COURS 1ère C et D

<b>NIVEAU :</b> 1 <sup>eres</sup> C et D <b>THEME :</b> MECACNIQUE <b>LECON :</b> <b>ÉNERGIE MECANIQUE</b>	<b>DUREE</b>
--	--------------

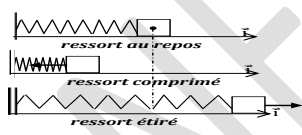
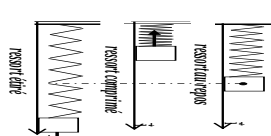
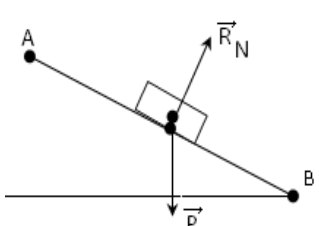
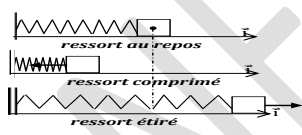
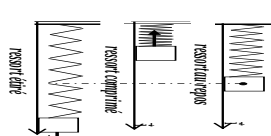
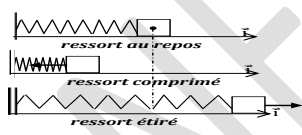
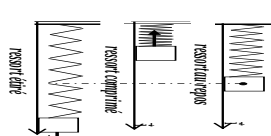
## TABLEAU DES HABILETES

HABILETES	CONTENUS
Définir	l'énergie mécanique d'un solide.
Connaître	l'expression de : <ul style="list-style-type: none"><li>- l'énergie mécanique d'un système sans ressort.</li><li>- l'énergie mécanique d'un système avec ressort.</li></ul>
Déterminer	l'énergie mécanique totale d'un système.
Appliquer	la conservation de l'énergie mécanique dans les cas ci-dessous: <ul style="list-style-type: none"><li>- chute libre d'un solide;</li><li>- solide glissant sans frottement sur un plan incliné</li><li>- solide glissant sans frottement sur une piste de profil quelconque.</li><li>- solide en rotation autour d'un axe fixe.</li><li>- système avec ressort.</li></ul>
Montrer	la non conservation de l'énergie mécanique pour un système soumis à des forces de frottement.

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

Sur le chemin de l'école, un groupe d'élèves de 1ère C du Lycée Moderne 2 d'Agboville assiste à une scène sur la côte menant à la SODECLI. Un grumier 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. Suite à cet incident, ils décident avec leurs camarades de classe, à partir des différentes énergies en présence, de définir l'énergie mécanique d'un solide, de la déterminer et d'appliquer sa conservation.

<b>1-Énergie mécanique d'un solide</b> 1-1- Exploitation des résultats de la chute libre 1-2- Définition de l'énergie mécanique 1-3- Expressions de l'énergie mécanique 1-3-1-D'un système sans ressort. 1-3-2 - D'un système avec ressort. <b>2-Conservation de l'énergie mécanique d'un solide</b>	<b>3-Application de la non conservation de l'énergie mécanique d'un solide</b>
--	--

Activités du prof	Activités de l'élève	Trace écrite de la leçon						
		<b>ÉNERGIE MÉCANIQUE</b>						
		<p><b>SITUATION D'APPRENTISSAGE</b>            Sur le chemin de l'école, un groupe d'élèves de 1ère C du Lycée Moderne 2 d'Agboville assiste à une scène sur la côte menant à la SODECLI. Un grumier 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. Suite à cet incident, ils décident avec leurs camarades de classe, à partir des différentes énergies en présence, de définir l'énergie mécanique d'un solide, de la déterminer et d'appliquer sa conservation.</p> <p style="text-align: center;"><b>1-Énergie mécanique d'un solide</b></p> <p style="text-align: center;"><b>1-1- Exploitation des résultats de la chute libre</b></p> <p>Considérons notre même solide en chute libre.            Appliquons le théorème de l'énergie cinétique :  <math>\Delta E_{C_{A-B}} = \Sigma W_{A-B}(\vec{F}_{ext})</math>  <math>E_{C_B} - E_{C_A} = mg(z_A - z_B) = mgz_A - mgz_B</math>  <math>E_{C_B} - E_{C_A} = E_{P_A} - E_{P_B}</math>  <math>E_{C_A} + E_{P_A} = E_{C_B} + E_{P_B}</math>  <b>Posons <math>E_M = E_C + E_P</math> cette énergie représente l'énergie mécanique du système</b></p> <p style="text-align: center;"><b>1-2- Définition de l'énergie mécanique</b></p> <p>L'énergie mécanique d'un système est égale à la somme de son énergie potentielle et de son énergie cinétique. Elle se note <math>E_m</math> et s'exprime en <b>Joule (J)</b> avec : <math>E_m = E_C + E_P</math>.</p> <p style="text-align: center;"><b>1-3- Expressions de l'énergie mécanique</b></p> <p style="text-align: center;"><b>1-3-1-D'un système sans ressort.</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Solide en translation</b></td> <td style="width: 50%;"><b>-Solide en rotation</b></td> </tr> <tr> <td><math>-E_m = \frac{1}{2} mv^2 + mg(Z_A - Z_B)</math></td> <td><math>E_m = \frac{1}{2} J\omega^2 + mg(Z_A - Z_B)</math></td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>1-3-2 - D'un système avec ressort</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>- Ressort horizontal</p>  <p><math>E_m = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} k \cdot x^2 + E_{P0}</math></p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>-Ressort vertical :</p>  <p style="text-align: right;"><math>E_m = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} k \cdot x^2 + E_{pp}</math></p> </td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><b>2- Conservation de l'énergie mécanique</b></p> <p style="text-align: center;"><b>2-1- Conditions de conservation</b></p> <p>Pour que l'énergie mécanique d'un système soit conservée, il faut que le système soit soumis à des forces conservatives.</p> <p style="text-align: center;"><b>2-2-Loi de conservation</b></p> <p>Entre deux instants <math>t_1</math> et <math>t_2</math> On : <math>E_1 = E_2 = Cste</math> <b><math>\Delta E_m = 0</math>. <math>\Delta E_m = \Delta E_p</math></b></p> <p style="text-align: center;"><b>2-3-Cas d'un solide glissant sans frottement</b></p> <p>Considérons un solide glissant sans frottement sur un plan incliné de A vers B            Déterminons son énergie mécanique.            Système : solide (S)            Bilan des forces :            Le poids <math>\vec{P}</math> du solide (S) et la réaction <math>\vec{R}_N</math> du plan incliné sur le solide (S).            Appliquons le théorème de l'énergie cinétique :  <math>\Delta E_{C_{A-B}} = \Sigma W_{A-B}(\vec{F}_{ext}) = W_{A-B}(\vec{P}) + W_{A-B}(\vec{R}_N)</math>  <math>W_{A-B}(\vec{R}_N) = 0</math> Car <math>\vec{R}_N \perp \vec{AB}</math>  <math>E_{C_B} - E_{C_A} = mg(z_A - z_B) = mgz_A - mgz_B</math></p> 	<b>Solide en translation</b>	<b>-Solide en rotation</b>	$-E_m = \frac{1}{2} mv^2 + mg(Z_A - Z_B)$	$E_m = \frac{1}{2} J\omega^2 + mg(Z_A - Z_B)$	<p>- Ressort horizontal</p>  <p><math>E_m = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} k \cdot x^2 + E_{P0}</math></p>	<p>-Ressort vertical :</p>  <p style="text-align: right;"><math>E_m = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} k \cdot x^2 + E_{pp}</math></p>
<b>Solide en translation</b>	<b>-Solide en rotation</b>							
$-E_m = \frac{1}{2} mv^2 + mg(Z_A - Z_B)$	$E_m = \frac{1}{2} J\omega^2 + mg(Z_A - Z_B)$							
<p>- Ressort horizontal</p>  <p><math>E_m = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} k \cdot x^2 + E_{P0}</math></p>	<p>-Ressort vertical :</p>  <p style="text-align: right;"><math>E_m = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} k \cdot x^2 + E_{pp}</math></p>							

$E_{C_B} - E_{C_A} = E_{P_A} - E_{P_B}$   
 $E_{C_A} + E_{P_A} = E_{C_B} + E_{P_B}$   
 $E_{m_A} = E_{m_B} \Leftrightarrow E_{m_B} - E_{m_A} = 0$  d'où  $\Delta E_m = 0$ .  
 sur un plan incliné, l'énergie mécanique du solide (S) **reste constante** : on dit qu'elle **se conserve**

**2-4-Cas d'une chute libre**

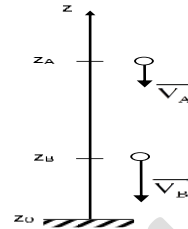
Soit un solide (S) de masse m en chute libre.  
 Le niveau du sol est pris comme niveau de référence.  
 Entre les positions A et B on a :

$$\Delta E_C = E_{C_B} - E_{C_A} = W_{AB}(\vec{P})$$

$$\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = mg(z_A - z_B)$$

$$\frac{1}{2}mV_B^2 + mgz_B = \frac{1}{2}mV_A^2 + mgz_A$$

soit  $E_{C_B} + E_{P_B} = E_{C_A} + E_{P_A}$



ou encore  $E_{M_B} - E_{M_A} = \Delta E_M = 0$

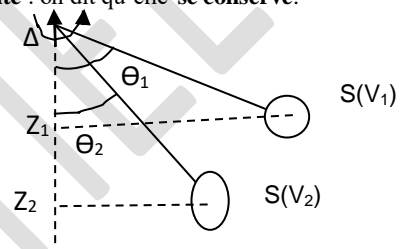
Au cours de la chute libre, l'énergie mécanique du solide (S) **reste constante** : on dit qu'elle **se conserve**.

**2-5-cas d'un solide en rotation**

Sans vitesse initiale, le solide est soumis à son poids.  
 A l'instant  $t_1$ ,  $E_1 = mgl(1 - \cos\theta_1) + \frac{1}{2}J\omega_1^2 + C$   
 A l'instant  $t_2$ ,  $E_2 = mgl(1 - \cos\theta_2) + \frac{1}{2}m\omega_2^2 + C$

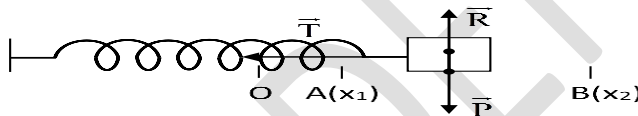
**$E_{m_1} = E_{m_2}$  on**

$$mgl(1 - \cos\theta_1) + \frac{1}{2}J\omega_1^2 = mgl(1 - \cos\theta_2) + \frac{1}{2}m\omega_2^2$$



Au cours de la rotation, l'énergie mécanique du solide (S) **reste constante**  
 on dit qu'elle **se conserve**

**2-6-Cas d'un système ressort+ solide**



A l'instant  $t_1$   $E_1 = \frac{1}{2}mV_1^2 + \frac{1}{2}Kx_1^2 + C$   
 L'instant  $t_2$  :  $E_2 = \frac{1}{2}Mv_2^2 + \frac{1}{2}Kx_2^2 + C$   
 $E_1 = E_2$   $\frac{1}{2}Mv_2^2 + \frac{1}{2}Kx_2^2 = \frac{1}{2}mV_1^2 + \frac{1}{2}Kx_1^2$

**Conclusion**

L'énergie mécanique d'un système isolé ou pseudo-isolés, l'énergie mécanique se conserve. Le système est dit **conservatif**.

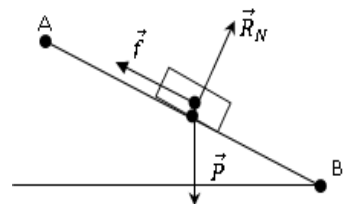
**4- Non conservation de l'énergie mécanique**

Considérons un solide (S) glissant sur un plan incliné rugueux et déterminons son énergie mécanique.

Système : solide (S)

Bilan des forces :

Le poids  $\vec{P}$  du solide (S), la réaction  $\vec{R}_N$  du plan incliné sur le solide (S) et la force  $\vec{f}$  de frottement.



Appliquons le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_{C_{A-B}} = \Sigma W_{A-B}(\vec{F}_{ext}) = W_{A-B}(\vec{P}) + W_{A-B}(\vec{R}_N) + W_{A-B}(\vec{f}); W_{A-B}(\vec{R}_N) = 0 \text{ car } \vec{R}_N \perp \vec{AB}$$

$$E_{C_B} - E_{C_A} = mg(z_A - z_B) - fl = mgz_A - mgz_B - fl; E_{C_B} - E_{C_A} = E_{P_A} - E_{P_B} - fl$$

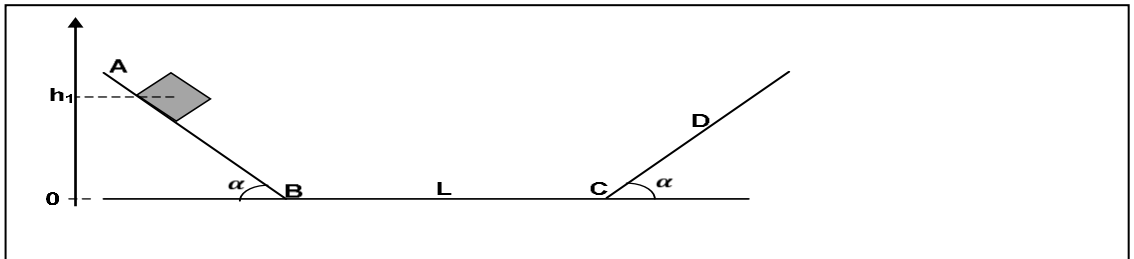
$$E_{m_B} - E_{m_A} = -fl \Rightarrow \Delta E_m = -fl < 0.$$

**Conclusion :**

A cause des forces de frottement, l'énergie mécanique ne se conserve pas. Le système est **non conservatif** : il est dissipatif

**SITUATION D'ÉVALUATION**

Ton ami étudie le mouvement d'un 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 frottements  $\vec{f}$ , 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 son centre d'inertie est situé à la hauteur  $h_1 = 1 \text{ m}$  au-dessus du niveau  $BC = L = 2 \text{ m}$ ,  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$ .

Tu prendras l'énergie potentielle du solide égale à zéro lorsqu'il est en contact avec la partie BC.

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

- 1 - Donne l'expression de l'énergie potentielle  $E_{P1}$  du cube au départ.
- 2- Calcule au départ du mouvement,
  - 2-1 l'énergie potentielle  $E_P$  du cube ;
  - 2-2 l'énergie mécanique  $E_{M1}$  du cube.
- 3 - Détermine :
  - 3-1 l'énergie mécanique  $E_{M2}$  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- Expression de l'énergie potentielle du cube au départ

$$E_{P1} = mgz = mgh_1$$

- 2-

- 2-1 Énergie potentielle au départ du mouvement:

$$E_{P1} = mgh_1 = 9,8 \text{ J.}$$

- 2-2 Énergie mécanique au départ:

$$E_{M1} = E_{C1} + E_{P1} \Rightarrow E_{M1} = 0 + E_{P1} = 9,8 \text{ J.}$$

- 3-

- 3-1 Énergie mécanique  $E_{M2}$  en C:

# ELECTRICITE

CONFIDENTIEL

# COURS 1ère C et D

<b>Niveau : 1ères CDE</b> <b>THEME : ELECTRICITE</b> <b>LECON : CHAMP ÉLECTROSTATIQUE</b>	
---	--

## TABLEAU DES HABILITES

HABILITES	CONTENUS
Définir	<ul style="list-style-type: none"><li>• la force électrostatique.</li><li>• l'espace champ électrostatique.</li><li>• le vecteur champ électrostatique.</li></ul>
Connaître	<ul style="list-style-type: none"><li>• la relation entre le champ électrostatique et la force électrostatique.</li><li>• les caractéristiques du vecteur champ électrostatique.</li></ul>
Définir	une ligne de champ électrostatique.
Représenter	<ul style="list-style-type: none"><li>• les lignes de champ électrostatique :<ul style="list-style-type: none"><li>- pour une charge ponctuelle <math>q</math> positive ;</li><li>- pour une charge ponctuelle <math>q</math> négative.</li></ul></li><li>• les lignes de champ électrostatique entre deux plaques parallèles.</li></ul>
Définir	le spectre de champ électrostatique.
Représenter	le vecteur champ électrostatique créé en un point de l'espace par une charge ponctuelle.
Déterminer	les caractéristiques du vecteur champ électrostatique uniforme.
Représenter	le vecteur champ électrostatique uniforme.

### EXEMPLE DE SITUATION D'APPRENTISSAGE

Pendant la période d'harmattan, un élève de 1ère C, au Lycée Municipal de Sikensi, fait une observation surprenante. Un soir, en enlevant sa chemise en tissu synthétique, il se produit des crépitements. Le lendemain, il informe ses camarades de classe. Voulant comprendre le phénomène qui a lieu, les élèves décident alors de s'informer sur l'espace champ et le vecteur champ électrostatique, de représenter les lignes de champ et le vecteur champ électrostatique

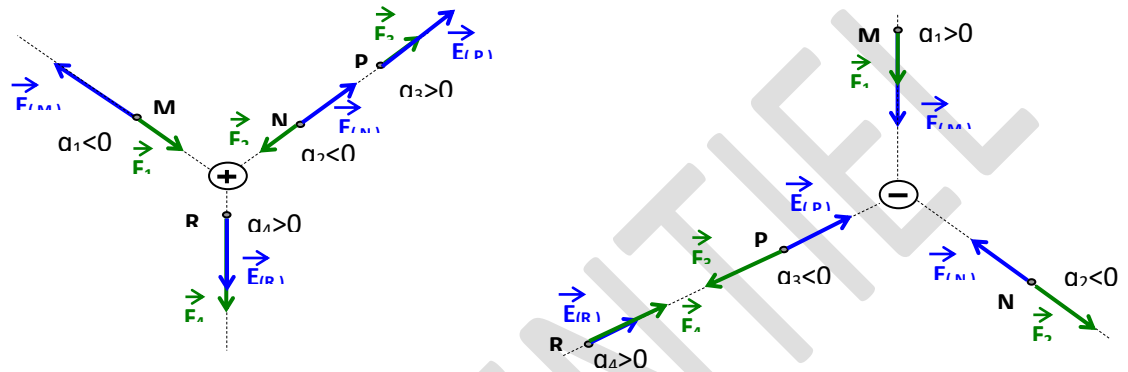
Activites du prof	Activites des eleves	Trace écrite de la leçon
		<p><b>ESPACE CHAMP ÉLECTROSTATIQUE</b></p> <p>SITUATION D'APPRENTISSAGE</p> <p>Pendant la période d'harmattan, un élève de 1ère D1, au Lycée Municipal de Sikensi, fait une observation surprenante. Un soir, en enlevant sa chemise en tissu synthétique, il se produit des crépitements. Le lendemain, il informe ses camarades de classe. Voulant comprendre le phénomène qui a lieu, les élèves décident alors de s'informer sur l'espace champ et le vecteur champ électrostatique, de représenter les lignes de champ et le vecteur champ électrostatique.</p> <p><b>1-Force électrostatique</b></p> <p><b>1-1- Mise en évidence</b></p> <p><b>1-1-1-Expérience et observation</b></p> <div data-bbox="312 797 1532 1012" style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> </div> <p>Dans le premier cas les deux charges sont de signes contraires il y a attraction            Dans le second cas les deux charges sont de mêmes signes il y a répulsion</p> <p><b>1-1-2-interpretation</b></p> <p>Il répulsion d'une part et attraction d'autre part car les deux corps charges d'électricité exercent l'un sur l'autre des forces a distance. Ces forces dépendent des signes des charges et des distances entre les corps</p> <p><b>1-1-3- Conclusion</b></p> <p>Deux corps électrisés exercent l'un sur l'autre des forces à distance appelées <b>forces électrostatiques</b>.            La force électrostatique se note <math>\vec{F}_e</math> son sens, sa direction et sa norme dépendent de la position, du signe et des valeurs des charges de ces corps.</p> <div data-bbox="427 1323 1310 1435" style="text-align: center; margin: 10px 0;"> </div> <p><b>2-Espace champ électrostatique</b></p> <p><b>5-1-Definition</b></p> <p>Un espace champ électrostatique est une région délimitée de l'espace ou un corps électrisé placé dans cette région est soumis à l'action de la force électrostatique.</p> <p><b>5-2-Vecteur champ électrostatique</b></p> <p><b>5-2-1 - Définition</b></p> <p>Le vecteur champ électrostatique en un point M est la grandeur vectorielle qui caractérise l'espace champ électrostatique en ce point. On le note: <math>\vec{E}</math></p> <p><b>5-2-2-Expression du vecteur champ <math>\vec{E}</math></b></p> <p>Plaçons successivement en un même point p de ce champ, des charges <math>q_1, q_2, q_3, q_4, \dots</math>. Nous obtenons :</p> <p><math display="block">\vec{E}_M = \frac{\vec{F}_1}{q_1} = \frac{\vec{F}_2}{q_2} = \frac{\vec{F}_3}{q_3} = \dots = \frac{\vec{F}_M}{q_M} = \vec{E}(M) = \text{Cste}</math>           Le champ électrostatique est constant quelque soit la charge placée en ce point :</p> <p>sur une charge q placée en un point M ou règne le champ <math>\vec{E}</math> s'exerce une force électrostatique telle que <math>\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}</math></p> <p><b>5-2-3- Caractéristiques de <math>\vec{E}</math></b></p> <p><u>Origine</u> : le point considéré  <u>Direction</u> : même direction que <math>\vec{F}</math>  <u>Sens</u> : - si <math>q &gt; 0</math>, <math>\vec{E}</math> a le même sens que <math>\vec{F}</math>.            - si <math>q &lt; 0</math>, <math>\vec{E}</math> et <math>\vec{F}</math> sont de sens opposé.</p>

Intensité :  $\|\vec{E}_{(M)}\| = \frac{\|\vec{F}\|}{|q|} \Leftrightarrow$  s'exprime en **N/C**. Il peut aussi s'exprimer en **V/m**.

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

$\begin{matrix} \text{N} & \text{C} & \text{V/m} \\ \swarrow & \downarrow & \swarrow \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} \end{matrix}$

Représentons qualitativement les vecteurs force et champs électrostatiques autour des corps électrisés suivants.



**Activité d'application**

Une charge électrique  $q$  est placée dans un champ électrostatique de valeur  $E = 2.10^3 \text{ V.m}^{-1}$ .

1 – La charge est soumise à une force de même sens que le champ  $\vec{E}$  et de valeur  $F = 6.10^{-3} \text{ N}$ . La valeur de la charge est :

- a)  $q = 3.10^{-6} \text{ C}$
- b)  $q = -3.10^{-5} \text{ C}$
- c)  $q = 30.10^{-6} \text{ C}$

2 – La charge est soumise à une force de sens contraire au champ et de valeur  $F' = 2.10^{-3} \text{ N}$ . La valeur de la charge est :

- a)  $q = 10.10^{-7} \text{ C}$
- b)  $q = -10.10^{-6} \text{ C}$
- c)  $q = -10.10^{-7} \text{ C}$

Choisis pour chacune de ces propositions la lettre correspondant à la bonne réponse.

**Solution**

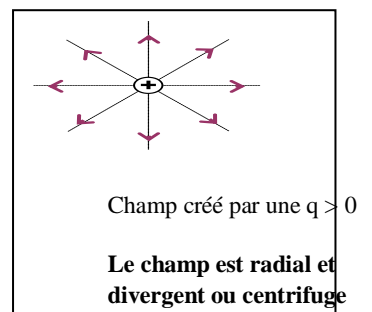
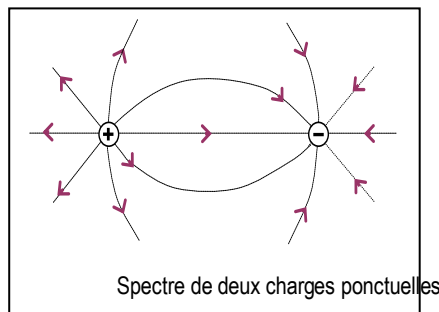
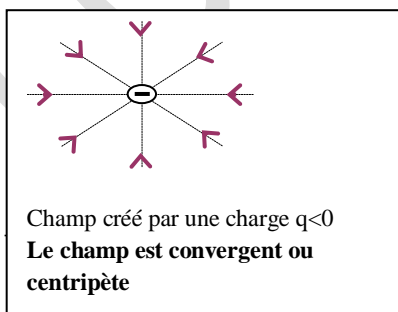
- 1 - a)
- 2 - c)

**3-Lignes de champ**

**3.1- Définition**

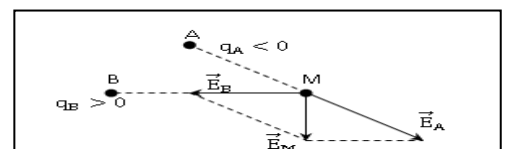
Une ligne de champ est une ligne continue, tangente au vecteur champ électrostatique  $\vec{E}$  en chacun de ses points et orientée dans le même sens que lui. L'ensemble des lignes de champ est appelé **spectre électrostatique**.

**3.2- Exemple**



**3.3- Distribution de charges ponctuelles**

Soit  $\vec{E}_A = \frac{\vec{F}_A}{q_A}$  et  $\vec{E}_B = \frac{\vec{F}_B}{q_B}$ . Au point M, on a :  
 $\vec{F} = \vec{F}_A + \vec{F}_B = q(\vec{E}_A + \vec{E}_B)$

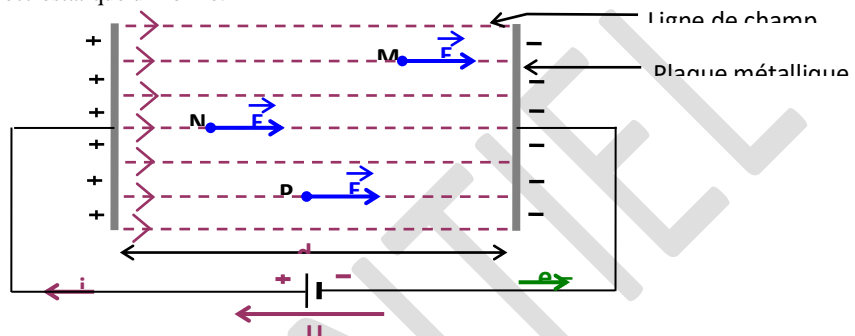


Le vecteur champ créé en un point par un ensemble de charges, est égal à la somme des vecteurs champs électrostatiques créés en ce point par chacune des charges :  $\vec{E} = \Sigma \vec{E}_i$ .

## 4- 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  $\vec{E}$  est le même et a pour caractéristiques :
  - Direction : perpendiculaire aux plaques,
  - Sens : dirigé de la plaque positive vers la plaque négative,

- Valeur :

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

v/m

$U$  : la tension appliquée entre les plaques.

$d$  : la distance entre les plaques.

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

**Données** : la charge de la boule  $q = 1,44 \mu\text{C}$ ;  $g = 10$  N/kg

Tu es le rapporteur du groupe.

1-Définit le champ électrostatique.

2-Détermine la valeur :

- 2.1- F de la force électrostatique exercée sur la boule ;
- 2.2- T de la tension du fil.

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

4- Détermine :

- 4-1 la valeur de l'angle  $\alpha$  que fait le fil avec la verticale, si la valeur du champ électrostatique est doublée.
- 4-2 la valeur de la tension du fil dans ce cas.

# COURS 1ère C et D

<b>NIVEAU 1eres C et D</b> <b>THEME Electricite</b> <b>Leçon : ÉNERGIE POTENTIELLE ÉLECTROSTATIQUE</b>	<b>Durée :03H</b>
--	-------------------

## TABLEAU DES HABILETES

HABILETES	CONTENUS
Connaître	l'expression du travail de la force électrostatique dans un champ uniforme.
Définir	la différence de potentiel (d.d.p).
Connaître	l'expression de l'énergie potentielle électrostatique.
Déterminer	l'énergie potentielle électrostatique d'une charge ponctuelle dans un champ électrostatique uniforme.
Utiliser	les relations : $\vec{B}(F) = qE \cdot \vec{AB} = q(VA - VB)$ ; $EP = qV + Cte$ ; $E = \frac{ VA - VB }{d}$ .
Connaître	le principe de fonctionnement d'un oscilloscope

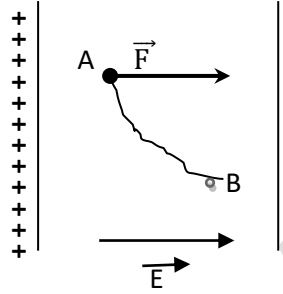
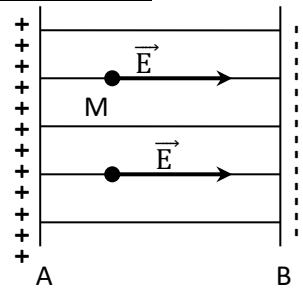
## SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève de la 1<sup>ère</sup> C du Lycée Moderne d'Agboville présente à ses camarades de classe l'image ci-contre. Désireux de comprendre le phénomène présenté par l'image, les élèves décident de définir la différence de potentiel, de connaître les expressions du travail de la force électrostatique, de l'intensité du champ électrostatique uniforme, de l'énergie potentielle électrostatique puis de les déterminer

<b>MOYENS</b> Machine de Whimshurst - Cuve rhéographique - Alimentation continue	<b>SUPPORTS DIDACTIQUES</b>  <b>BIBLIOGRAPHIE</b>
---	---

## PLAN DE LA LECON

<b>1-Travail de la force électrostatique E</b> <b>2-Potentiel et différence de potentiel électrostatique</b> 2-1-Potentiel électrostatique 2-2-Différence de potentielle électrostatique 2-3-Travail de la force électrostatique <b>3-Relation entre E et U</b> 3-1-Expérience 3-2 -Observation 3-3- Interprétation 3-4-Conclusion	<b>4-Energie potentielle électrostatique</b> 4-1-Expression 4-2- Unité 4-3- Variation de l'énergie potentielle électrostatique
---	---

Activité du pro	Activité de l'élève	Trace écrite de la leçon
		<b>ÉNERGIE POTENTIELLE ÉLECTROSTATIQUE</b>
		<p>SITUATION D'APPRENTISSAGE            Un élève de la 1ère D3 du Lycée Moderne Adzopé présente à ses camarades de classe l'image ci-contre. Désireux de comprendre le phénomène présenté par l'image, les élèves décident de définir la différence de potentiel, de connaître les expressions du travail de la force électrostatique, de l'intensité du champ électrostatique uniforme, de l'énergie potentielle électrostatique puis de les déterminer.</p> <p><b>1- Travail de la force électrostatique dans un champ uniforme</b></p>  <p>Considérons le champ uniforme à l'intérieur de deux plaques métalliques parallèles une charge électrique <math>q</math> en mouvement dans ce champ est soumise à la force électrostatique <math>\vec{F} = q\vec{E}</math>. On néglige le poids. le travail de cette force lors d'un déplacement quelconque AB a pour expression</p> $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = q\vec{E} \cdot \vec{AB}$ <p><b>Remarque :</b> dans un champ uniforme, le travail de la force électrostatique ne dépend pas du chemin suivi : la force électrostatique est alors <b>conservative</b></p> <p><b>2-potentiel et différence de potentiel</b></p> <p><b>2-1-potentiel électrostatique</b></p> $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = q \vec{E} \cdot \vec{AB} = Ep_A - Ep_B = q(V_A - V_B) \text{ donc } \vec{E} \cdot \vec{AB} = Ep_A/q - Ep_B/q \text{ par identification on a } V_A = Ep_A/q \text{ et } V_B = Ep_B/q$ <p>Ainsi en tout point <math>p</math> d'un champ électrostatique, on peut définir <math>V_M = Ep(M)/q</math> appelé <b>potentiel électrostatique du champ <math>\vec{E}</math></b>. au point <math>M</math> il est exprimé en volt <math>V</math> et définit l'état électrique de <math>M</math></p> <p><b>2-2- différence de potentiel</b></p>  <p>Considérons deux plaques parallèles chargées de signes contraires. Le point A est chargé positivement et le point B est chargé négativement. On dit que ces deux points sont à des <b>états électriques différents</b>. L'état électrique de A est appelé <b>potentiel électrique du point A</b> noté <math>V_A</math> et celui de B est appelé <b>potentiel électrique du point B</b> noté <math>V_B</math>. Ainsi la différence de potentiel entre les points A et B est noté : <math>V_A - V_B = U_{AB}</math></p> <p><b>2-3-Travail de la force électrostatique</b></p> <p>Soit <math>\vec{E}</math>, le vecteur champ électrostatique créé entre deux plaques <math>P_1</math> et <math>P_2</math>. Considérons une particule de charge <math>q</math> qui sous l'effet la force électrostatique se déplace de A vers B, on a :</p>

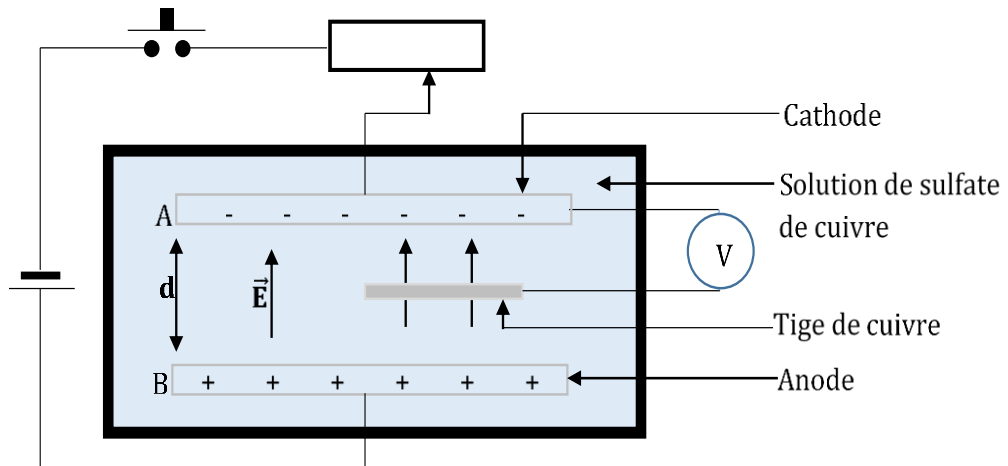
$$W_{A-B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} \text{ or } \vec{F} = q\vec{E} \Rightarrow W_{A-B}(\vec{F}) = q\vec{E} \cdot \vec{AB}.$$

**Remarque:**

- Si  $q > 0 \Rightarrow \vec{E} \cdot \vec{AB} > 0$  et  $W_{A-B}(\vec{F}) > 0$ . Le travail est dit moteur.
- si  $q < 0 \Rightarrow \vec{E} \cdot \vec{AB} < 0$  et  $W_{A-B}(\vec{F}) < 0$ . Le travail est dit résistant.

**3-Relation entre le champ électrostatique et la tension**

**3-1-Expérience**



On explore l'espace limite par les deux électrodes en déplaçant l'extrémité de la tige de cuivre perpendiculairement puis parallèlement aux électrodes on lit le potentiel a chaque position de la tige

**3-2- Observation**

Lorsque la tige de cuivre est déplacée parallèlement aux électrodes, la tension ne change pas

Lorsque la tige de cuivre est déplacée perpendiculairement aux électrodes, la tension électrique diminue de l'anode vers la cathode et croit de la cathode vers l'anode

**3-3- interprétation**

Dans le premier cas la tension ne change pas car tous les points d'une ligne parallèle aux plaques sont aux mêmes potentiels. Cette ligne est appelée **ligne équipotentielle**.

Dans le second cas la tension électrique diminue de l'anode vers la cathode car la tension  $U_{AB}$  dépend de la distance  $d$  qui les sépare. Quand  $d$  augmente  $U_{AB}$  augmente et quand  $d$  diminue la tension diminue

**3-4-Conclusion**

Le champ électrostatique crée entre deux plaques métalliques parallèles est proportionnel à la d.d.p entre les plaques et la distance  $d$  qui les sépare

**3-4-Expression du champ électrostatique  $\vec{E}$**

La d.d.p  $V_A - V_B$  entre deux points A et B d'un champ électrostatique uniforme  $\vec{E}$  est égale au produit scalaire de  $\vec{E}$  par le déplacement  $\vec{AB}$ .

$$V_A - V_B = \vec{E} \cdot \vec{AB} \text{ or } U_{AB} = V_A - V_B \Rightarrow U_{AB} = \vec{E} \cdot \vec{AB}.$$

$$\text{Considérons que } \vec{E} \parallel \vec{AB}, \text{ on a : } \vec{E} \cdot \vec{AB} = E \cdot AB \cos(\vec{E}, \vec{AB}) \Rightarrow E = \frac{V_A - V_B}{AB} \text{ ou } E = \frac{U_{AB}}{AB}$$

$$E = \frac{|U_{AB}|}{d} \text{ avec } E \text{ en V/m et } d \text{ en m}$$

**Remarque**

**- Surface équipotentielle :**

On appelle surface équipotentielle, l'ensemble des points d'un espace ayant le même potentiel.

Si les points A et B ont le même potentiel, on aura :  $V_A = V_B \Rightarrow \vec{E} \cdot \vec{AB} = 0$ . ( $\vec{E}$  et  $\vec{AB}$  sont perpendiculaires).

**- Sens du champ  $\vec{E}$  :**

Considérons le champ  $\vec{E}$  uniforme dans un condensateur plan. Soit A et B sur la même ligne de champ :  $V_A - V_B > 0 \Rightarrow V_A > V_B$ .  $\vec{E}$  a le sens des potentiels décroissants ou décroît les potentiels.

**4-Energie potentielle electrostatique**

**4-1-Expression**

Considérons le travail de la force électrostatique appliquée à une particule chargée en mouvement spontané entre deux points.

$$W_{A-B}(\vec{F}) = q\vec{E} \cdot \vec{AB} \text{ or } V_A - V_B = \vec{E} \cdot \vec{AB} \Rightarrow W_{A-B}(\vec{F}) = q(V_A - V_B) = qU_{AB}$$

La force électrostatique  $\vec{F}$  est une **force conservatrice** :  $\Delta E_{P_{AB}} = -W_{A-B}(\vec{F})$ .

L'énergie potentielle électrostatique d'une particule de charge  $q$  placée en un point de potentiel  $V$  est telle que :  $E_P = qV$  et s'exprime en **Joule**.

**4-2-Unité de l'énergie potentielle électrostatique**

L'énergie potentielle électrostatique s'exprime en **Joule** ou en **électronvolt (e.V)**.

L'électronvolt est le travail de la force électrostatique appliquée à une particule de charge

$q = e$  se déplaçant entre deux plaques A et B de d.d.p  $V_A - V_B = 1V$ .

$$q = e, V_A - V_B = 1V \text{ et } W_{A-B}(\vec{F}) = q(V_A - V_B) = e(V_A - V_B) = 1,6 \cdot 10^{-19} \times 1$$

$$1 \text{ e.V} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J. Aussi } 1 \text{ J} = 6,25 \cdot 10^{18} \text{ e.V.}$$

**4-3-Variation de l'énergie potentielle électrostatique**

Soit une charge  $q$  se déplaçant d'un point A à un point B dans un champ électrostatique.

On a :

$$E_{P_A} = qgV_A + C$$

$$E_{P_B} = qgV_B + C$$

La variation d'énergie potentielle électrostatique est :

$$\Delta E_P = E_{P_B} - E_{P_A} = (qgV_B + C) - (qgV_A + C)$$

$$\Delta E_P = qgV_B - qgV_A$$

$$\Delta E_P = -qg(V_A - V_B)$$

$$\Delta E_P = -W_{AB}(\vec{F})$$

**La variation de l'énergie potentielle électrostatique entre deux positions A et B est égale à l'opposé du travail de la force électrostatique sur le parcours AB**

# COURS 1ère C et D

Niveau Thème Leçon : <b>ÉNERGIE ET PUISSANCE ÉLECTRIQUES</b>	Duree
--	-------

HABILETES	CONTENUS
Connaître	la loi d'Ohm : - pour un conducteur ohmique ; - pour un générateur.
Tracer	la caractéristique d'un électrolyseur.
Déterminer	la résistance interne et la force contre électromotrice d'un électrolyseur.
Connaître	la loi d'Ohm pour un récepteur autre que le conducteur ohmique.
Appliquer	la loi d'Ohm pour : -un récepteur ; -un générateur
Connaître	la loi de Pouillet.
Appliquer	la loi de Pouillet.
Définir	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les puissances générée et fournie par un générateur.</li> <li>• la puissance reçue par un récepteur.</li> <li>• la puissance utile.</li> </ul>
	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.
Définir	l'effet Joule.
Déterminer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la puissance reçue par un électrolyseur.</li> <li>• l'énergie reçue par un électrolyseur</li> <li>• la puissance fournie par un générateur.</li> <li>• l'énergie fournie par un générateur.</li> <li>• le bilan énergétique.</li> <li>• le rendement d'un récepteur.</li> <li>• le rendement d'un générateur.</li> <li>• le rendement d'un circuit.</li> </ul>
Utiliser	les relations : $P_r = R I_2$ ; $P_r = E' I + r' I_2$ ; $P_r = U_G I = E \cdot I - r I_2$ $E_r = R I_2 t$ ; $E_r = E' I t + r' I_2 t$ ; $E_r = E I t - r I_2 t$

## SITUATION D'APPRENTISSAGE

Le professeur de Physique-Chimie de la 1<sup>ère</sup> D<sub>2</sub> du Lycée Moderne de Tiassalé, informe ses élèves que la puissance consommée par son poste téléviseur est de 70W.

Désireux de savoir le rapport entre la puissance et l'énergie consommées par le poste téléviseur, les élèves décident de connaître l'expression de la loi d'Ohm, les notions de puissance et d'énergie reçues ou fournies, d'utiliser leurs expressions puis d'établir un bilan énergétique.

<b>MOYENS</b> Dipôles passifs et actifs - Oscilloscope - Alimentation	<b>SUPPORTS DIDACTIQUES</b>
---	-----------------------------

## PLAN DE LA LECON

<b>1-Loi d'Ohm</b> <b>1-1-Pour Conducteur ohmique</b> <b>1-2-Loi de Joule</b> <b>1-3-Pour un générateur</b> <b>1-3-1-Characteristiques courant tension du pile</b> <b>1-2-2-schéma équivalent du générateur</b> <b>1-2-3- loi d'ohm</b> <b>2- Etude expérimentale de la caractéristique d'un électrolyseur</b> <b>2-1-electrolyseu</b> <b>2.-2- Dispositif expérimentale</b>	
---	--

2.-3- <u>Tableau de valeurs</u> 3- <u>Exploitation des résultats</u>	
---	--

CONFIDENTIEL

## ÉNERGIE ET PUISSANCE ÉLECTRIQUES

### SITUATION D'APPRENTISSAGE

Le professeur de Physique-Chimie de la 1ère D2 du Lycée Moderne de Tiassalé, informe ses élèves que la puissance consommée par son poste téléviseur est de 70W.

Désireux de savoir le rapport entre la puissance et l'énergie consommées par le poste téléviseur, les élèves décident de connaître l'expression de la loi d'Ohm, les notions de puissance et d'énergie reçues ou fournies, d'utiliser leurs expressions puis d'établir un bilan énergétique.

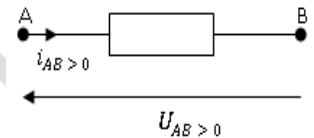
### 1-Loi d'Ohm

#### 1-1-Pour Conducteur ohmique

Le conducteur ohmique est un dipôle passif car sa tension hors d'un circuit électrique est nulle ( $U=0V$ ). C'est un récepteur qui transforme intégralement en chaleur l'énergie électrique reçue.

$$U = RI \text{ ou } I = \frac{1}{R}U. \text{ Posons } G = \frac{1}{R} \Rightarrow I = G.U.$$

$G$  représente la conductance du conducteur ohmique et s'exprime en Siemens (S).



#### 1-2-Loi de Joule

On appelle effet Joule, l'effet thermique associé au passage du courant électrique dans un conducteur.

##### ➤ Énergie dissipée par effet Joule :

$$W_{AB} = U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t. \text{ Selon la loi de d'Ohm } U_{AB} = R \cdot I, \text{ d'où } W_{AB} = R \cdot I^2 \cdot \Delta t.$$

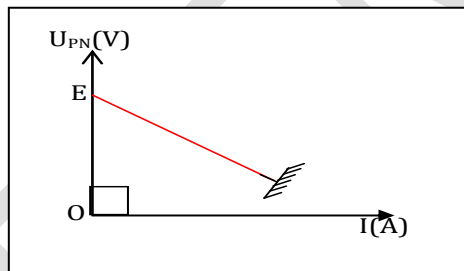
L'énergie électrique reçue est égale à l'énergie thermique fournie au milieu extérieur.

##### ➤ Puissance dissipée par effet Joule :

$$\mathcal{P}_j = RI^2 = U^2/R. \text{ Aussi } \mathcal{P}_j = U \cdot I = U \cdot G \cdot U \Rightarrow \mathcal{P}_j = G \cdot U^2 = \frac{1}{R} \cdot U^2.$$

#### 1-2-Pour un générateur

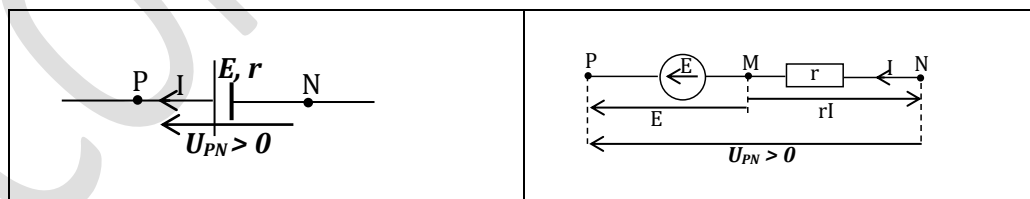
##### 1-2-1-Characteristiques courant tension du pile



La tension  $U_{PN}$  aux bornes d'un générateur est proportionnelle à l'intensité du courant  $I$  qui le traverse. La courbe obtenue a une

équation de la forme :  $U_{PN} = aI + b$   $a = \Delta U_{PN} / \Delta I < 0 = -r$ ,  $r$  = résistance interne du générateur s'exprime en ( $\Omega$ ).  $b = E$  = Ordonnée à l'origine c.à.d pour ( $I = 0$ )

##### 1-2-2-schéma équivalent du générateur



##### 1-2-3- loi d'ohm

$$U = e - rI$$

$e$  : Force électromotrice du générateur (f.é.m.) ou tension à vide du générateur.

$r$  : Résistance interne du générateur.

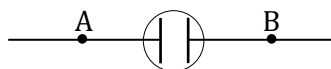
#### 2- Etude expérimentale de la caractéristique d'un électrolyseur

##### 2-1-electrolyseur

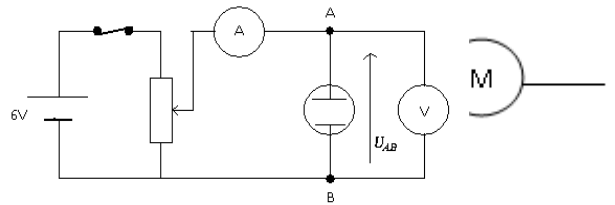
L'électrolyseur est un récepteur électrique qui transforme l'énergie électrique reçue en deux types d'énergies :

- ✓ Énergie chimique
- ✓ Énergie thermique

Son symbole est :



2-2- Dispositif expérimentale



2-3- Tableau de valeurs

U (V)	0	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,5	3
I (mA)	0	0	3	27	51	74	149	265

3- Exploitation des résultats

La courbe  $U = f(I)$  donne une droite ne passant pas par l'origine du repère d'équation :

$$U = aI + b$$

Déterminons a et b.

Pour  $I = 0$ , on a:  $U = b = 1,8V$ .

$$a = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = 4,2V/A \Rightarrow U = 4,2I + 1,8$$

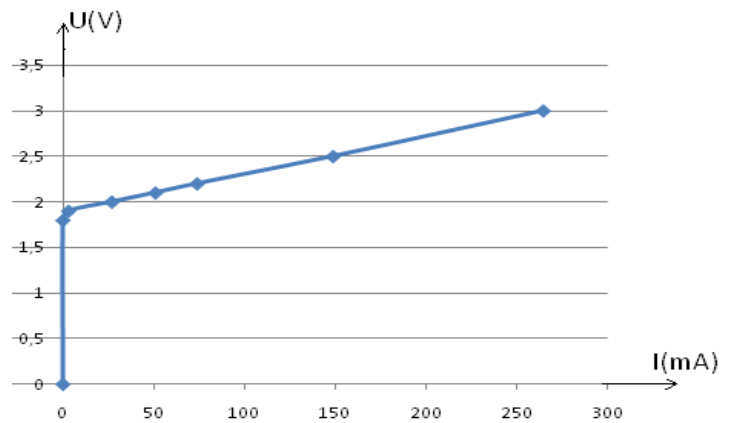
Posons  $b = e'$  et  $a = r' \Rightarrow U = r'I + e'$

$e'$  : Force contre électromotrice du récepteur (f.c.é.m.). C'est la tension minimale qu'il faut appliquer aux bornes d'un récepteur pour le faire fonctionner.

$r'$  : Résistance interne du générateur.

2.4- Loi d'Ohm pour un électrolyseur

$$U = r'I + e'$$



3-Loi de Pouillet

Soit un circuit série comprenant une pile, un électrolyseur conducteur ohmique.

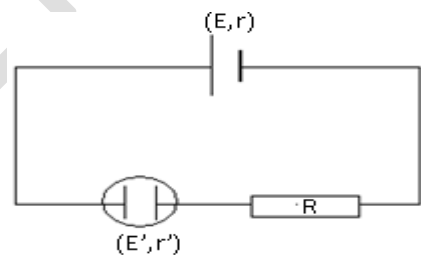
En régime permanent, la puissance totale fournie par le générateur  $P_e = EI$ , est dissipée dans l'ensemble du

- sous forme chimique :  $P_u = E'I$
- sous forme thermique :  $r'I^2 + RI^2 + rI^2 =$

D'où  $P_e = P_u + P_{th} \Leftrightarrow EI = E'I + (r + r' + R)I^2$

$E - E' = (r + r' + R)I \Rightarrow I = \frac{E - E'}{r + r' + R} = \frac{E - E'}{\Sigma R}$  : Cette

représente la loi de Pouillet



et un

circuit :

$P_{th}$

expression

4- Puissance et énergie électriques reçues par un récepteur

4-1-Puissance électrique reçue

4-1-1- cas d'un conducteur ohmique

$$P_j = RI^2 = U^2/R$$

4-1-2- cas d'un récepteur quelconque (électrolyseur)

Puissance reçue

$$P_r = U \cdot I = (e' + r'I)I \Rightarrow P_r = e'I + r'I^2$$

Puissance dissipée par effet Joule

$$P_j = r'I^2$$

Puissance utile

$$P_u = e'I$$

4-2-Energie électrique

C'est le produit de la puissance d'un dipôle par la durée  $\Delta t$  de fonctionnement

$$W = P \cdot \Delta t \quad w \text{ (J); } P \text{ (W); } \Delta t \text{ (s)}$$

4-1- cas d'un conducteur Ohmique

L'énergie électrique reçue par un conducteur Ohmique est :

$$W_r = RI^2 \Delta t = U^2/R \cdot \Delta t$$

4-2- cas de l'électrolyseur

L'énergie électrique reçue par l'électrolyseur s'écrit

$$W_r = (E' \cdot I + r'I) \cdot \Delta t = E' \cdot I \cdot \Delta t + r'I^2 \cdot \Delta t = W_u + W_{th}$$

5- Puissance et énergie fournies par un générateur

**5-1-Puissance électrique fournie par un générateur**

**Puissance fournie par le générateur :  $\mathcal{P}_f = U \cdot I = (E - rI)I \Rightarrow \mathcal{P}_f = EI - rI^2$**

C'est la puissance disponible aux bornes du générateur. Il l'a fournie au reste du circuit.

**-Puissance dissipée ou perdue par effet joule par un générateur :  $\mathcal{P}_j = rI^2$**

Elle représente la puissance thermique qui apparaît à l'intérieur du générateur.

**-Puissance totale ou puissance engendrée ou utile par le générateur :  $\mathcal{P}_e = e \cdot I$**

Application N°1

Un générateur a une f.é.m. de 9 V et d'une résistance interne  $r = 2 \Omega$ . Il débite un courant d'intensité 2 A. Calculer :

- la puissance électrique totale engendrée
- la puissance dissipée par effet Joule à l'extérieur du générateur
- la puissance électrique disponible à ses bornes
- calculer le rendement de ce générateur.

**5-**

**5-2-Energie électrique fournie par un générateur**

L'énergie fournie par un générateur s'écrit

$$W_f = (E \cdot I - rI^2) \cdot \Delta t = E \cdot I \cdot \Delta t - rI^2 \cdot \Delta t = W_e - W_{th}$$

$$W_e = W_f + W_{th}$$

**6- Bilan énergétique**

**Rendement d'un récepteur**

**5-1-cas de l'électrolyseur ( $P_r > P_u$ )**

$$\eta = \frac{P_u}{P_r} = \frac{E' \cdot I}{U \cdot I} = \frac{E'}{U} = \frac{E'}{E' + r'I} \text{ et finalement } \eta = \frac{1}{1 + \frac{r'I}{E'}} < 1$$

**5-2-cas du générateur ( $P_f < P_e$ )**

$$\eta = \frac{P_f}{P_e} = \frac{U_{PN} \cdot I}{E \cdot I} = \frac{U_{PN}}{E} = \frac{E - rI}{E} < 1 \text{ finalement } \eta = 1 - \frac{rI}{E} < 1$$

**Application**

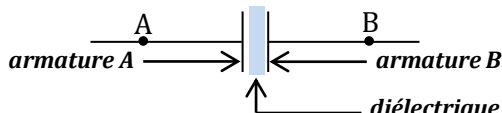


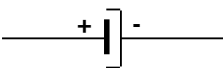
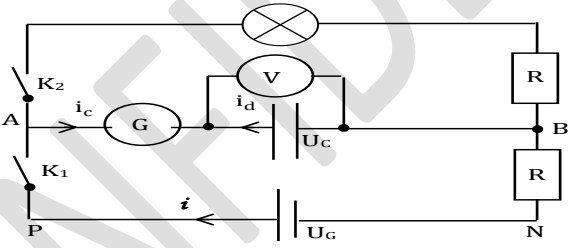


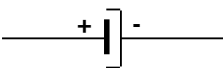


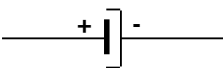
Un générateur de f.é.m  $E = 6V$  et de résistance interne  $r = 2 \Omega$  est associé en série avec un électrolyseur de f.c.é.m  $E' = 2 V$  et de résistance interne  $r = 10 \Omega$ .

- Déterminer le point de fonctionnement du circuit.
- Calculer :
  - La puissance électrique engendrée
  - La puissance électrique disponible aux bornes du générateur
  - La puissance reçue par l'électrolyseur
  - La puissance électrique utile
- Définir et calculer rendement électrique
  - du générateur
  - de l'électrolyseur

du circuit

**LE CONDENSATEUR**

# COURS 1ère C et D

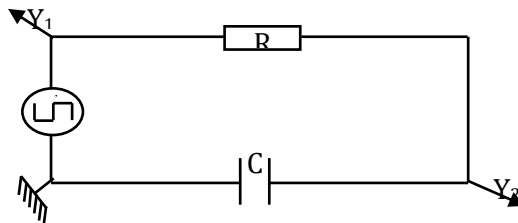
Activités du pro	Activités							
c		<p style="text-align: center;"><b>LE CONDENSATEUR</b></p> <p>Dans le cadre d'une enquête découverte, un groupe d'élèves de la 1èreD3 du Lycée Municipal de Sikensi effectue des recherches sur des condensateurs, éléments électroniques se trouvant dans des appareils 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 de s'informer sur les condensateurs, d'établir les lois d'association puis de calculer l'énergie stockée par un condensateur</p> <p style="text-align: center;"><b>1-Definition</b></p> <p>Un condensateur est un ensemble de deux conducteurs en regard et séparés par une faible épaisseur de substances isolantes appelées <b>diélectriques</b> qui peut être le vide (l'air). Les conducteurs sont appelés les <b>armatures</b> du condensateur.</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">armature A      armature B diélectrique</p> </div> <p style="text-align: center;"><b>2-Syboles des différents types de condensateurs</b></p> <p>Il existe trois types de condensateurs</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th data-bbox="328 804 691 891"><u>Condensateurs non polarisés</u></th> <th data-bbox="691 804 1013 891"><u>Condensateur à capacité variable</u></th> <th data-bbox="1013 804 1452 891"><u>Condensateur polarisés</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="328 891 691 1028"></td> <td data-bbox="691 891 1013 1028"></td> <td data-bbox="1013 891 1452 1028"></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>2-Charge et décharge d'un condensateur</b></p> <p style="text-align: center;"><b>2.1- Expérience</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><b>2-2-Observations</b></p> <p>K<sub>1</sub> fermé, l'aiguille du galvanomètre dévie dans le sens positif pendant un court instant et revient à sa position initiale.</p> <p>K<sub>1</sub> ouvert et K<sub>2</sub> fermé l' galvanomètre dévie dans le sens négatif, la lampe brille pendant un bref instant.</p> <p style="text-align: center;"><b>2-3- Interprétations</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Interrupteur K<sub>1</sub> fermé</b> Un courant de charge (<math>I_c &gt; 0</math>) allant vers l'armature A s'établit dans le circuit ; <math>I_c</math> décroît progressivement tandis que la tension <math>U_C</math> aux bornes du condensateur augmente, <b>on dit que le condensateur se charge.</b> Quand <math>U_C = U_G</math> alors <math>I = 0</math> le condensateur est complètement chargé, <math>Q_A = - Q_B = Q</math> ou <math>( Q_A  =  Q_B  = Q)</math> et la charge totale des deux armatures est nulle (<math>Q_A + (-Q_B) = 0</math>)</li> <li>▪ <b>Interrupteur K<sub>2</sub> fermé</b> (- <math>Q_B &lt; 0</math>) les électrons partent de l'armature B alors un courant de décharge (<math>I_d &lt; 0</math>) s'établit dans le circuit et part de l'armature A ; la valeur absolue de l'intensité de ce courant décroît <b>On dit que le condensateur se décharge.</b> Quand <math>I = 0</math> alors <math>U_C = 0</math>, le condensateur est complètement déchargé, <math>Q_A = - Q_B = Q = 0</math> ou <math>( Q_A  =  Q_B  =  Q )</math></li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>2-4-Conclusion</b></p> <p>Dans un circuit contenant un générateur le condensateur se charge, Lorsqu'il n'y a pas de générateur dans le circuit le condensateur se décharge.</p> <p><b>Remarque</b></p> <p>À la charge, le courant arrive en A et la charge <math>q_A</math> de A à chaque instant augmente : <math>i = \frac{dq_A}{dt} &gt; 0</math>.</p> <p>À la décharge, le courant part de A et la charge <math>q_A</math> diminue : <math>i = \frac{dq_A}{dt} &lt; 0</math>.</p>	<u>Condensateurs non polarisés</u>	<u>Condensateur à capacité variable</u>	<u>Condensateur polarisés</u>			
<u>Condensateurs non polarisés</u>	<u>Condensateur à capacité variable</u>	<u>Condensateur polarisés</u>						
								

Comme  $i$  et  $dq_A$  sont de même signe, on a :  $i = \frac{dq_A}{dt}$ .

## 2-5-Visualisation de la charge et de la décharge d'un condensateur

### 2-5-1-Schéma du montage

r



Voie 2 : mesure la tension  $U_C$  aux bornes du condensateur

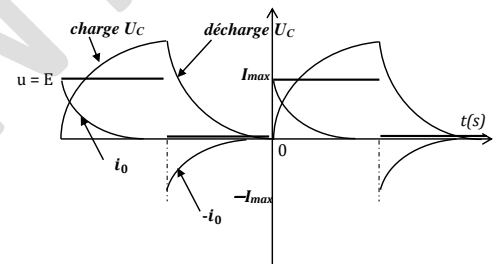
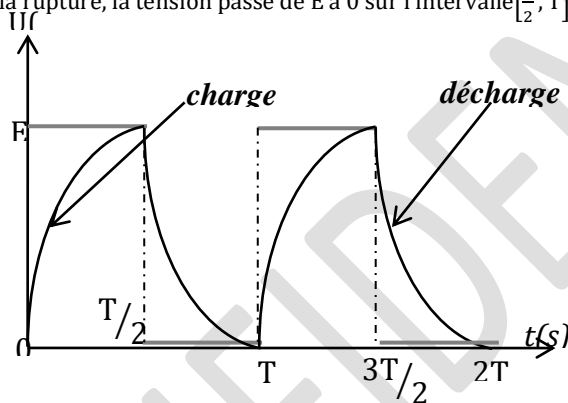
Voie 1 : mesure la tension aux bornes du générateur (tension en crêteaux)

### 2-5-2-Courbe de la charge et de la décharge

Étudions le mouvement sur deux périodes c'est-à-dire de l'intervalle  $[0, 2T]$ .

À l'établissement du courant, le générateur délivre une tension  $u = E$  qui passe de 0 à  $E$  sur l'intervalle  $[0, \frac{T}{2}]$  ; de même, le condensateur se charge ( $U_C$  augmente).

À la rupture, la tension passe de  $E$  à 0 sur l'intervalle  $[\frac{T}{2}, T]$ , au même instant le condensateur ( $U_C$  diminue).



Générateur idéale  $r = 0$ ,  $u = E$   $U_C$  et  $U_G$  ne subissent pas de discontinuité

l'énergie ne subit jamais de discontinuité  $i$  : discontinuité à chaque début de charge et de décharge.

## 3-Capacité d'un condensateur

### 3-1-expérience

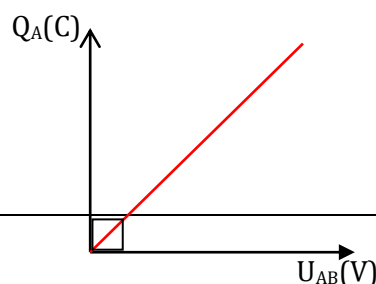
Réalisons la charge d'un condensateur à courant constant  $I = 1 \text{ mA}$ . Relevons en fonction du temps la tension  $U_{AB}$  aux bornes du condensateur, on obtient.

### 3-2-tableau de mesure ( $I = 1 \text{ mA}$ )

t(s)	0	10	20	30	40	50	60	70
$U_{AB}(\text{V})$	0	2,2	4,5	6,7	8,9	11,1	13,3	15,6
$Q = I.t(\text{S.I})$	0	$10^{-2}$	$2,10^{-2}$	$3.10^{-2}$	$4.10^{-2}$	$5.10^{-2}$	$6.10^{-2}$	$7.10^{-2}$

Échelle : 1cm pour  $10^{-2}(Q)$  et 1cm pour 2V

### 3-3-courbe : $Q_A = f(U_{AB})$



### 3-4-analyse et exploitation

La courbe est une droite de pente positive qui passe par l'origine O du repère dont l'équation est de la forme  $Q_A = k \cdot U_{AB}$

$k = \frac{\Delta Q}{\Delta U} > 0$  est la pente de la droite :

$k = C$  est appelé **capacité du condensateur** et elle s'exprime en Faraday (F). On utilise aussi les unités suivantes.

### 3-5-Conclusion

La charge d'un condensateur est proportionnelle à la capacité C et à la tension  $U_{AB}$  à ses bornes. On crit :

$Q_A = C \cdot U_{AB}$  avec ( $Q_A > 0$ )

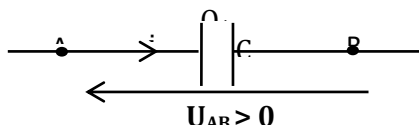
$$Q_A = C \cdot U_{AB}$$

$Q_A$  (C)

C (F)

$U_{AB}$  (V)

### 3-6-Limite d'utilisation d'un condensateur



Comme tout appareil le fabricant indique la tension de fonctionnement optimal du condensateur ; c'est sa tension maximale. La tension de claquage est la tension maximale que peut supporter un condensateur lorsqu'il est soumis à cette tension ainsi le champ électrostatique entre ces armatures est maximal (**C'est un champ disruptif**).

#### Remarque

Capacité d'un condensateur plan

Le condensateur plan est le plus simple des condensateurs ; ses armatures en regard sont des surfaces métalliques planes séparées par un diélectrique qui est l'air.

S = surface des armatures et e = distance séparant les armatures.

$C = \xi \frac{S}{e}$ .  $\xi$  = **permittivité du diélectrique**. Sa valeur dépend de la nature de l'isolant.

Pour le vide,  $\xi$  est noté :  $\xi_0 = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^9 \text{ S.I} \approx 8,84 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$ .

Pour un diélectrique quelconque :  $C = \xi_0 \cdot \xi_r \frac{S}{e}$ .  $\xi_r$  = **permittivité relative du diélectrique**.

### 4-ASSOCIATION DE CONDENSATEURS

#### 4-1-Association en parallèle ou dérivation

Pour chaque condensateur :  $q_1 = C_1 \cdot U_1$  et  $q_2 = C_2 \cdot U_2$ . Aussi  $U_1 = U_2 = U_{AB}$ .

Charge totale :  $q = C \cdot U_{AB} = q_1 + q_2 \Leftrightarrow C \cdot U_{AB} = (C_1 + C_2) U_{AB}$  d'où  $C = C_1 + C_2$ .

Pour n condensateurs, on a  $C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

#### Association en série

Pour chaque condensateur :  $q_1 = C_1 \cdot U_1 \Rightarrow U_1 = \frac{q_1}{C_1}$  et  $q_2 = C_2 \cdot U_2 \Rightarrow U_2 = \frac{q_2}{C_2}$ .

Lorsque des condensateurs sont montés en série, ils portent la même charge :

$q = q_1 = q_2 \Rightarrow U_{AC} = \frac{q}{C}$  or  $U_{AC} = U_1 + U_2 \Rightarrow \frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2}$  d'où  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

Pour n condensateurs, on a :  $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$ .

### ÉNERGIE EMMAGASINÉE DANS UN CONDENSATEUR

#### Énergie d'un condensateur

L'énergie électrique stockée dans un condensateur chargée est :  $E = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} =$

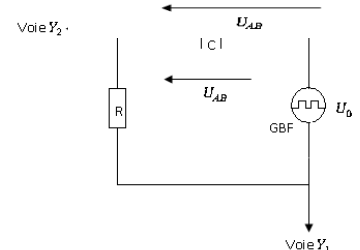
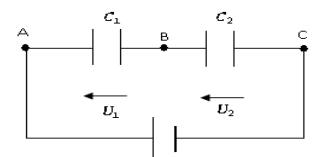
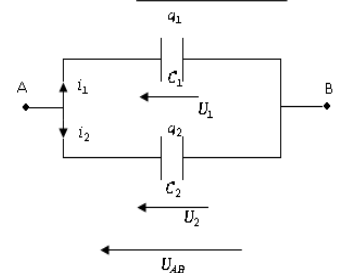
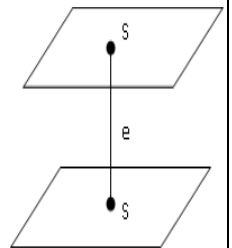
$$\frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} Q U.$$

L'énergie emmagasinée par le condensateur est restituée à la lampe. Il s'agit de l'énergie potentielle électrostatique.

#### Visualisation à l'oscilloscope de la charge et décharge du condensateur

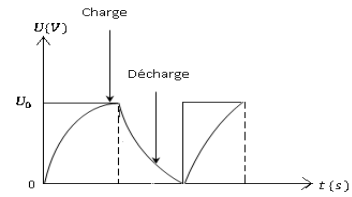
##### 2.1- Schéma du montage

La tension (signaux carrés) délivrée par le GBF (Générateur de Basse Fréquence) est observée sur la voie  $Y_1$ . Lorsque cette tension est égale à  $U_0$ , le



condensateur se charge progressivement.  
 Sur la voie  $Y_2$ , on observe la tension  $U_{AB}$ . Lorsque la tension délivrée par le GBF est nulle, le condensateur se décharge progressivement à travers la résistance  $R$ .  $U_{AB}$  diminue progressivement et s'annule.

## 2.2- Courbe obtenue



### OBJECTIF GÉNÉRAL

**OG4 :** Analyser la fonction de quelques composants électroniques.

HABILETES	CONTENUS
Définir	l'amplificateur opérationnel
Connaître	<ul style="list-style-type: none"> <li>le symbole de l'amplificateur opérationnel (A.O)</li> <li>les propriétés d'un A.O idéal</li> </ul>
Interpréter	les caractéristiques $U_s = f(U_e)$ des montages : <ul style="list-style-type: none"> <li>- suiveur ;</li> <li>- amplificateur inverseur ;</li> <li>- amplificateur non inverseur.</li> </ul>

## L'AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL

### PLAN DE LA LEÇON

#### DESCRIPTION DE L'AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL

- 1- Présentation de l'A.O
- 2- Symbole de l'A.O
- 3- Fonctionnement de l'A.O

#### **I- PROPRIÉTÉS D'UN A.O**

#### **II- QUELQUES FONCTIONS DE L'A.O**

- 1- Montage suiveur
- 2- Montage amplificateur inverseur
- 3- Montage amplificateur non inverseur
- 4- Montage sommateur inverseur

#### **III- UTILISATION DE L'A.O EN RÉGIME SATURÉ**

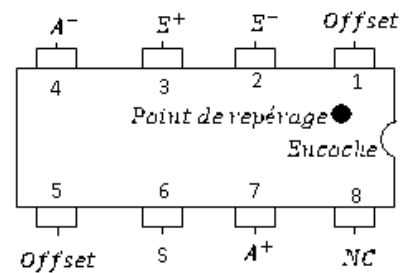
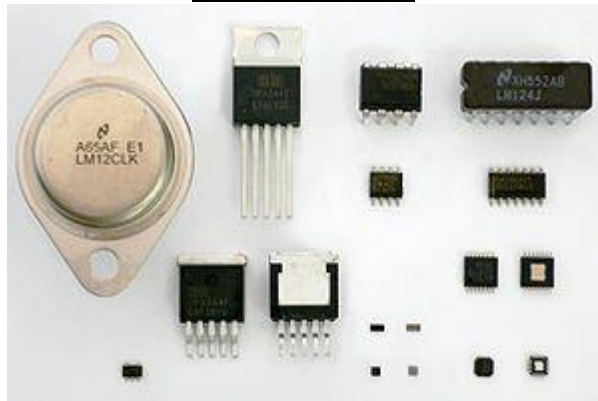
- 1- Schéma du montage

Fonctionnement

**L'AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL**

**I- DESCRIPTION DE L'AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL**

**1- Présentation de l'A.O**

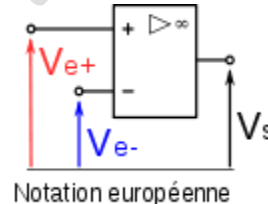
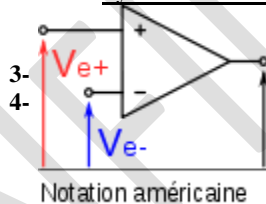


L'amplificateur opérationnel noté **A.O** fait partie des circuits intégrés. Il porte le nom de **circuit intégré linéaire**.

C'est un composant électronique qui se présente sous forme d'un boîtier comportant 8 bornes ou pattes.

- La borne 2 est l'**entrée inverseuse** notée  $E^-$ .
- La borne 3 est l'**entrée non inverseuse** notée  $E^+$ .
- Les bornes 4 et 7 sont les **bornes d'alimentation (ou de polarisation)** notée  $-V_{CC}$  et  $+V_{CC}$ . Elles sont reliées à une alimentation continue symétrique  $\pm 12V$  et  $\pm 15V$ .
- La borne 6 est la **borne de sortie** notée  $S$ .
- Les bornes 1 et 5 sont les **bornes de réglage d'offset**.
- La borne 8 n'est pas **connectée (NC)**.

**2- Symbole de l'A.O**



**2- Fonctionnement de l'A.O**

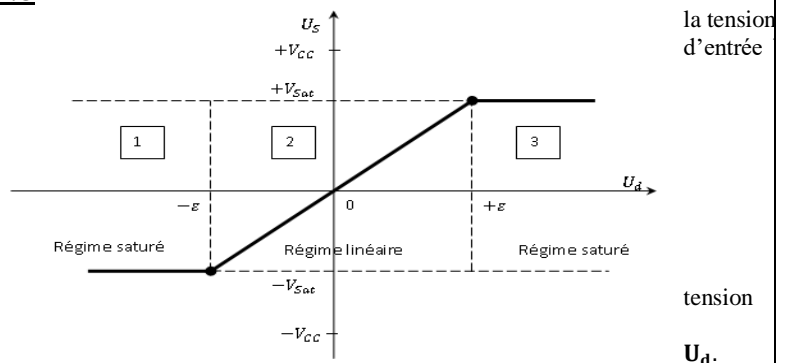
La tension de sortie  $V_S$  est commandée par la tension d'entrée  $V_{E+} - V_{E-}$ . Pour fonctionner, il faut à l'A.O une source d'énergie extérieure appelée alimentation délivrant des tensions opposées.

Lorsque l'A.O fonctionne en régime linéaire, sa structure interne impose des spécificités suivantes :

- ❖  $V_{E+} - V_{E-} = 0$ .
- ❖ Les courants qui entrent aux bornes  $E^+$  et  $E^-$  sont pratiquement nuls :  $i^+ = i^- = 0$ .

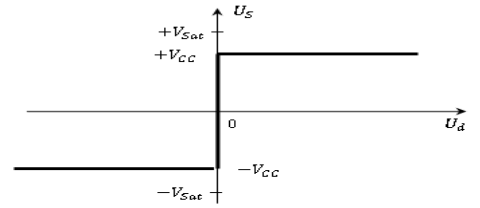
**II- PROPRIÉTÉS D'UN A.O**

Traçons la courbe représentant  $V_S$  en fonction de la tension  $V_{E-}$ .



- ❖  $\epsilon = V_{E+} - V_{E-}$  : cette représente la **tension différentielle** notée  $U_d$ .
- ❖ Zones 1 et 3 : l'A.O fonctionne en **régime de saturation**. Aucun élément passif ne relie la borne de sortie S à l'entrée de l'A.O.
- ❖ Zone 2 : l'A.O fonctionne en **régime linéaire**. Dans ce cas :  $V_S = \alpha \epsilon = \alpha(V_{E+} - V_{E-})$  ou  $U_S = G U_e$ .

- avec  $\alpha = G = \text{coefficient d'amplification ou gain}$ .
- ❖ En régime linéaire, l'A.O est dit **idéal ou parfait** si :
  - ❖  $i_{E^+} = i_{E^-} = 0$ .
  - ❖  $U_d = V_{E^+} - V_{E^-} = 0 \Rightarrow V_{E^+} = V_{E^-}$ .
- ❖ La caractéristique de transfert d'un A.O idéal est la suivante :



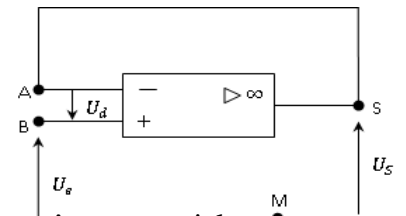
**III- QUELQUES FONCTIONS DE L'A.O**

Les lois de tensions, des nœuds et d'Ohm sont applicables lorsqu'on étudie un A.O en régime linéaire.

**1- Montage suiveur**

**1.1- Schéma du montage**

**1.2- Détermination de  $U_s$  en fonction de  $U_e$  et du gain**



Posons  $U_{BM} = U_e$  et  $U_{SM} = U_s$

Condition d'étude :

$$\begin{cases} i^+ = i^- = 0 \\ U_d = U_{AB} = 0 \text{ car A et B sont au même potentiel} \end{cases}$$

$U_{AB} = U_{AS} + U_{SM} + U_{MB} = 0$   
 $U_{AS} = 0$  car la tension aux bornes d'un fil est nulle.

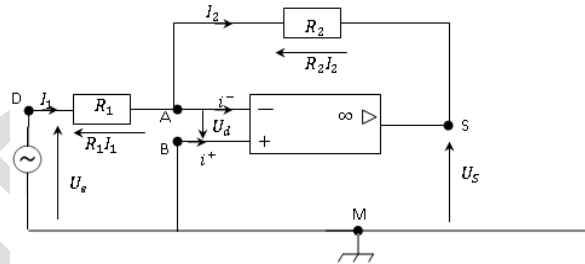
$U_{SM} + U_{MB} = 0 \Rightarrow U_s - U_e = 0$  d'où  $U_s = U_e$  et  $G = \frac{U_s}{U_e} = 1$ . Le montage est suiveur car  $U_s$  suit  $U_e$ .

**Exemple :**

Voltmètre électronique ou multimètre.

**2- Montage amplificateur inverseur**

**2.1- Schéma du montage**



**Calcul du gain**

$$G = \frac{\text{tension de sortie}}{\text{tension d'entrée}} = \frac{U_s}{U_e}$$

- Conditions d'étude :  $\begin{cases} i^+ = i^- = 0 \\ U_d = U_{AB} = 0 \text{ car A et B sont au même potentiel.} \end{cases}$
- Loi des nœuds :  $I_1 = I_2 + i^- \Rightarrow I_1 = I_2$
- Lois des tensions :

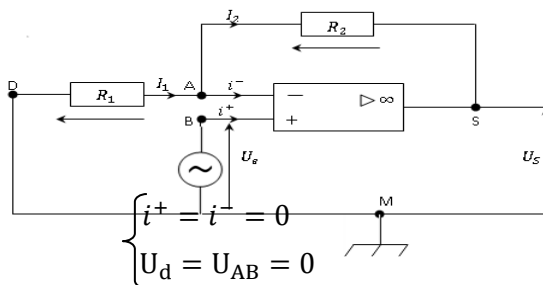
- Maille SMBAS :  $U_{SM} + U_{MB} + U_{BA} + U_{AS} = 0$  avec  $U_{SM} = U_s, U_{MB} = 0, U_{BA} = -U_d = 0, U_{AB} = R_2 I_2 \Rightarrow U_s + R_2 I_2 = 0$  d'où  $U_s = -R_2 I_2$  (1).

- Maille MDABM :  $U_{MD} + U_{DA} + U_{AB} + U_{BM} = 0$  avec  $U_{MD} = -U_e, U_{BM} = 0, U_{AB} = U_d = 0, U_{DA} = R_1 I_1 \Rightarrow -U_e + R_1 I_1 = 0$  d'où  $U_e = R_1 I_1$  (2).

- Calcul du gain :  $G = \frac{U_s}{U_e} = -\frac{R_2 I_2}{R_1 I_1}$  or  $I_1 = I_2 \Rightarrow G = -\frac{R_2}{R_1}$ . Par conséquent  $U_s = -\frac{R_2}{R_1} U_e$ .

**2- Montage amplificateur non inverseur**

**3.1- Schéma du montage**

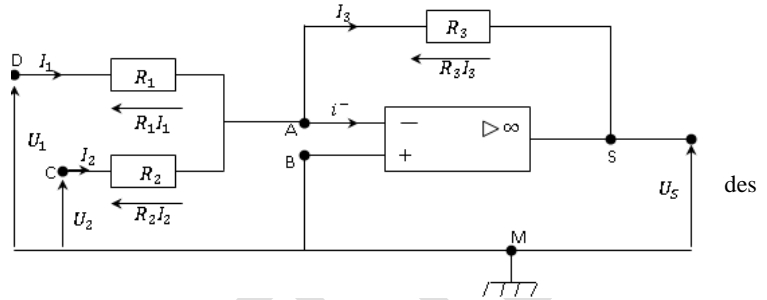


**Calcul du gain**

- Conditions d'étude :  $\begin{cases} i^+ = i^- = 0 \\ U_d = U_{AB} = 0 \end{cases}$
- Loi des nœuds :  $I_1 = I_2 + i^- \Rightarrow I_1 = I_2$
- Lois des tensions :

- Maille SMDAS :  $U_{SM} + U_{MD} + U_{DA} + U_{AS} = 0$  avec  $U_{SM} = U_S, U_{MD} = 0, U_{DA} = R_1 I_1 = 0, U_{AS} = R_2 I_2 \Rightarrow U_S + R_1 I_1 + R_2 I_2 = 0$  or  $I_1 = I_2$ .  
 $\Rightarrow U_S + (R_1 + R_2)I_1 = 0$  d'où  $U_S = -(R_1 + R_2)I_1$  (1).
  - Maille ABMDA :  $U_{AB} + U_{BM} + U_{MD} + U_{DA} = 0$   
 avec  $U_{BM} = U_e, U_{MD} = 0, U_{AB} = -U_d = 0, U_{DA} = R_1 I_1$   
 $U_e + R_1 I_1 = 0$  d'où  $U_e = -R_1 I_1$  (2)
- Calcul du gain :  $G = \frac{U_S}{U_e} = -\frac{(R_1+R_2)I_1}{-R_1 I_1}$  d'où  $G = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ . Par conséquent  $U_S = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_e$ .

3- **Montage sommateur inverseur**  
 4.1- **Schéma du montage**



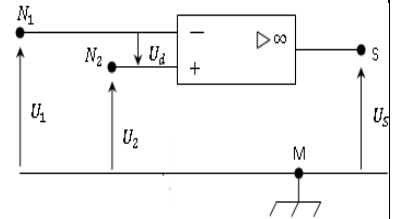
- $U_1$  et  $U_2$  sont tensions continues.
- Pour ce montage :
  - Soit on applique  $U_1$  en supprimant  $U_2$  et on mesure la tension  $U_{S_1}$  à la sortie.
  - Soit on applique  $U_2$  en supprimant  $U_1$  et on mesure la tension  $U_{S_2}$  à la sortie.
  - Soit on applique  $U_1$  et  $U_2$  en même temps puis on mesure la tension de sortie  $U_S$ .

4.2- **Détermination de  $U_S$**

- Conditions d'étude : 
$$\begin{cases} i^+ = i^- = 0 \\ U_{AB} = U_{AC} = 0 \end{cases}$$
  - Loi des nœuds :  $I_1 + I_2 = I_3 + I_1 + I_2 = I_3$ .
  - Loi des tensions :
    - Maille DMBAD :  $U_{DM} + U_{MB} + U_{BA} + U_{AD} = 0$   
 avec  $U_{AD} = -R_1 I_1, U_{BA} = 0, U_{MB} = 0, U_{DM} = U_1 \Rightarrow U_1 - R_1 I_1 = 0$  d'où  $I_1 = \frac{U_1}{R_1}$ .
    - Maille SMBAS :  $U_{CM} + U_{MB} + U_{BA} + U_{AC} = 0$   
 avec  $U_{CM} = U_2, U_{MB} = 0, U_{BA} = 0, U_{AC} = -R_2 I_2 \Rightarrow U_2 - R_2 I_2 = 0$  d'où  $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$ .
    - Maille SMDAS :  $U_{SM} + U_{MD} + U_{DA} + U_{AS} = 0$   
 avec  $U_{SM} = U_S, U_{MD} = 0, U_{DA} = 0, U_{AS} = R_3 I_3 \Rightarrow U_S + R_3 I_3 = 0$  d'où  $I_3 = -\frac{U_S}{R_3}$ .
- Selon la loi des nœuds, on a :  $I_1 + I_2 = I_3$   
 Par conséquent :  $-\frac{U_S}{R_3} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} \Rightarrow U_S = -R_3 \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}\right)$ .  
 Si  $R_1 = R_2 = R_3$  alors  $U_S = -(U_1 + U_2)$ .

4- **UTILISATION DE L'A.O EN RÉGIME SATURÉ : Montage comparateur**  
 1- **Schéma du montage**

- L'A.O n'est plus utilisé en fonctionnement linéaire mais en saturation de tension.
- La sortie S possède des états électriques stables :  $U_S = +V_{Sat}$  ou  $U_S = -V_{Sat}$ .
- La tension différentielle  $U_d$  n'est pas nulle.
- $U_S = G \cdot U_d$  avec  $|U_S|_{max} = V_{Sat}$ . Le signe de  $U_d$  permet de déterminer  $U_S$ .



2- **Fonctionnement**

- $U_1$  est la tension de référence et  $U_2$  la tension à comparer.  
 Appliquons la loi des tensions sur la maille  $N_1 M N_2 N_1$  :  $U_{N_1 M} + U_{M N_2} + U_{N_2 N_1} = 0$   
 avec  $U_{N_1 M} = U_1, U_{M N_2} = -U_2, U_{N_2 N_1} = U_d \Rightarrow U_1 - U_2 + U_d = 0$  d'où  $U_d = U_2 - U_1$ .
- ❖ Si  $U_2 > U_1 \Rightarrow U_d > 0$  alors  $U_S = +V_{Sat}$ .
  - ❖ Si  $U_2 < U_1 \Rightarrow U_d < 0$  alors  $U_S = -V_{Sat}$ .

CONFIDENTIEL

CONFIDENTIEL

CONFIDENTIEL

CONFIDENTIEL

CONFIDENTIEL

CONFIDENTIEL

CONFIDENTIEL

# CHIMIE ORGANIQUE

CONFIDENTIEL

# COURS 1ère C et D

---

## OBJECTIF GÉNÉRAL

**OG6** : Comprendre la structure et les propriétés de certains composés organiques.

## TITRE DE LA LEÇON :

### GÉNÉRALITÉS

## OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

**OS1** : Définir les composés organiques.

**OS2** : Établir la formule brute d'un composé à partir des résultats de l'analyse élémentaire et réciproquement.

**DURÉE** : 3,5 heures

## PLAN DE LA LEÇON

### **I- GÉNÉRALITÉS**

- 1- Chimie générale
- 2- Chimie minérale
- 3- Chimie organique

### **II- ÉTUDE DE QUELQUES COMPOSÉS ORGANIQUES**

- 1- La pyrolyse du sucre
- 2- La pyrolyse du bois
- 3- Combustion complète du butane
- 4- Généralisation

### **III- DÉTERMINATION DE LA FORMULE MOLÉCULAIRE D'UN COMPOSÉ ORGANIQUE**

- 1- Définition
- 2- Analyse élémentaire quantitative
- 3- Densité d'un gaz par rapport à l'air
- 4- Densité par rapport à l'eau

## GÉNÉRALITÉS

### I- GÉNÉRALITÉS

La chimie peut se subdiviser en trois grandes parties :  
La chimie générale, La chimie minérale et La chimie organique.

#### 1- Chimie générale

Elle étudie la structure des atomes, des molécules et des différents états de la matière. Elle recherche à établir les lois fondamentales de l'association des atomes et des réactions chimiques.

#### 2- Chimie minérale

Elle étudie les structures des substances minérales telles que le Soufre, le Calcaire, l'acide chlorhydrique, l'eau etc.

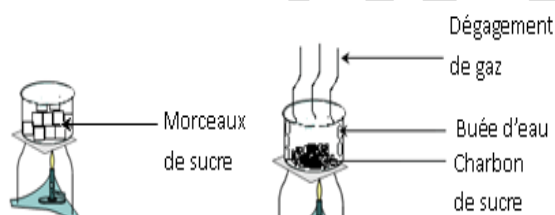
#### 3- Chimie organique

Elle fait appel aux substances organiques venant du monde végétal et animal.

### I- ÉTUDE DE QUELQUES COMPOSÉS ORGANIQUES

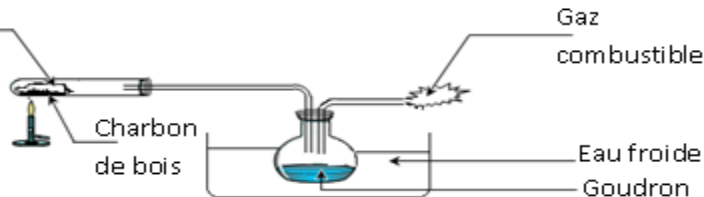
#### 1- La pyrolyse du sucre

En chauffant du sucre, on observe un dégagement gazeux, apparition de la vapeur d'eau et un dépôt noir de charbon de sucre :  
le sucre contient l'élément carbone.



#### 2- La pyrolyse du bois

Sciure de bois



La pyrolyse du bois permet d'obtenir du charbon de bois essentiellement constitué de carbone.

#### 3- Combustion du butane

La combustion du butane produit de l'eau et du dioxyde de carbone qui trouble l'eau de chaux. L'élément carbone existe donc dans le butane.

#### 4- Généralisation

Le sucre, le bois ou le butane renferment des substances qui contiennent l'élément carbone. Ainsi tous les corps organiques contiennent l'élément carbone et aussi l'élément hydrogène.

##### 4.1- Définition

Un hydrocarbure est un composé organique qui contient uniquement les éléments carbone et hydrogène.

##### 4.2- Autres éléments dans la composition des corps organiques

- Les éléments très fréquents rencontrés dans les composés organiques sont l'oxygène et l'azote.
- Les éléments très rares dans les composés organiques sont le chlore, le soufre, le phosphore.

### II- DÉTERMINATION DE LA FORMULE MOLÉCULAIRE D'UN COMPOSÉ ORGANIQUE

#### 1- Définition

La formule brute d'un composé organique est ce qui indique la nature et le nombre d'atomes présents dans la molécule.

#### 2- Analyse élémentaire quantitative

##### 1.1 Principe

L'analyse consiste à minéraliser la substance organique par oxydation et à doser les produits obtenus selon le schéma suivant :

Éléments chimiques	Produits obtenus par oxydation	Détermination quantitative
C	CO <sub>2</sub>	Absorption par la soude
H	H <sub>2</sub> O	Absorption par l'acide sulfurique

#### Remarque :

Lorsqu'on a dosé les autres éléments et calculé la masse de chacun d'eux contenue dans 100g du corps, si la somme des masses est inférieure à 100g et si la différence ne peut être imputée aux erreurs de mesures, on conclut à la présence de l'oxygène.

##### 1.2 Résultat

Les résultats conduisent à la composition centésimale exprimée sous forme de pourcentage tel que : %C = A ; %H = B ; %O = C. Avec respectivement A, B et C les masses en gramme des éléments carbone, hydrogène et oxygène contenues dans 100g de substance analysée.

### 1.3 Exploitation

Considérons  $C_xH_yO_z$ , la formule moléculaire du corps analysé.

Une mole de ce composé de masse molaire M renferme :

$m_C = 12x$ ;  $m_H = y$ ;  $m_O = 16z$ . La composition centésimale s'exprime de la manière suivante : %C =  $\frac{12x}{M} \times 100$  ; %H =  $\frac{y}{M} \times 100$  ; %O =  $\frac{16z}{M} \times 100$  d'où la relation :

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

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

La densité d'un gaz par rapport à l'air est :  $d = \frac{M}{29}$ .

### 4- Densité par rapport à l'eau

Elle concerne les liquides et les solides :  $d = \frac{\rho_C}{\rho_e}$ .

## OBJECTIF GÉNÉRAL

**OG6** : Comprendre la structure et les propriétés de certains composés organiques.

## TITRE DE LA LEÇON :

### **LES ALCANES**

## OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

**OS3** : Connaître la structure et la nomenclature des alcanes.

**OS4** : Connaître quelques propriétés chimiques des alcanes.

**DURÉE** : 4 heures

## PLAN DE LA LEÇON

### **I- RAPPELS**

- 1- Liaison de covalence.
- 2- L'atome de carbone.
- 3- L'atome d'hydrogène.

### **II- STRUCTURE DES ALCANES**

- 1- Le méthane.
- 2- L'éthane.
- 3- Chaîne carbonée des alcanes.

### **III- NOMENCLATURE DES ALCANES**

- 1- Nomenclature des alcanes à chaîne linéaire.
- 2- Alcanes à chaîne carbonée ramifiée.
- 3- Isomérisation de chaîne.

### **IV- QUELQUES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES ALCANES**

- 1- Réactions de combustion des alcanes.
- 2- Réaction de substitution ou halogénéation des alcanes.
- 3- Généralisation.

**LES ALCANES**

**I- RAPPELS**

**1- Liaison de covalence**

La liaison covalente consiste en la mise en commun par deux atomes d'une ou plusieurs paires d'électrons appelés **doublets de liaison**. Le nombre de doublets qu'un atome partage avec ses voisins est appelé **valence**.

**2- L'atome de carbone**

L'atome de carbone de structure électronique  $K^2L^4$  et de représentation de Lewis ne peut qu'établir 4 liaisons de covalence. On dit que l'atome de carbone est **tétravalent**.

**3- L'atome d'hydrogène**

L'atome d'hydrogène de structure électronique  $K^1$  et de représentation de Lewis ne peut qu'établir une liaison de covalence. On dit qu'il est **monovalent**.

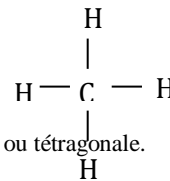
**II- STRUCTURE DES ALCANES**

Les alcanes sont des hydrocarbures composés uniquement d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ils ne contiennent que des liaisons covalentes simples. Ainsi, on les appelle **hydrocarbures saturés**.

**1- Le méthane**

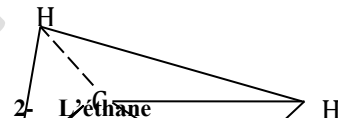
Le méthane est plus le simple des alcanes

- Formule brute :  $CH_4$
- Formule développée plane :
- Géométrie de la molécule : molécule tétraédrique ou tétragonale.



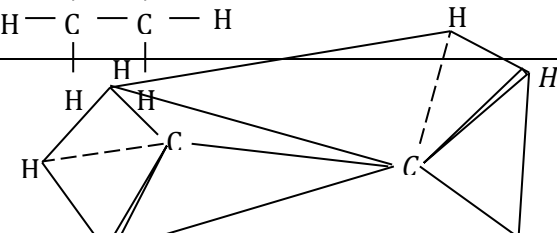
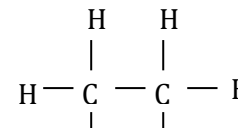
$$L_{C-H} = 110\text{pm}$$

$$\widehat{HCH} = 109^\circ 28'$$



**2- L'éthane**

- Formule brute :  $C_2H_6$
- Formule semi-développée :  $CH_3 - CH_3$
- Formule développée plane
- Géométrie de la molécule : molécule plane.



**3- Chaîne carbonée des alcanes**

La chaîne carbonée des alcanes est soit :

- ❖ **Linéaire** : la chaîne carbonée est droite.  
**Exemple** :  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- ❖ **Ramifiée** : la chaîne présente au moins une ramification ou branche. Il s'agit d'un groupement alkyle.  
**Exemple** :  $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3$

**III- NOMENCLATURE DES ALCANES**

La formule générale d'une molécule d'alcane est  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  avec **n = nombre d'atomes de carbone**.

**1- Nomenclature des alcanes à chaîne linéaire**

**1.1- Nomenclature**

Les 4 premiers alcanes portent des noms consacrés par l'usage : **méthane, éthane, propane et butane**.

Le nom des alcanes linéaires suivants ( $n > 5$ ) est constitué d'un préfixe qui indique le nombre d'atomes de carbone de la chaîne suivi de la terminaison "**ane**".

n	Formule brute	Nom de l'alcane linéaire	n	Formule brute	Nom de l'alcane linéaire
1	$\text{CH}_4$	méthane	8	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	octane
2	$\text{C}_2\text{H}_6$	éthane	9	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	nonane
3	$\text{C}_3\text{H}_8$	propane	10	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	décane
4	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	butane	11	$\text{C}_{11}\text{H}_{24}$	undécane
5	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	pentane	12	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	dodécane
6	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	hexane	20	$\text{C}_{20}\text{H}_{42}$	eicosane
7	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	heptane	30	$\text{C}_{30}\text{H}_{62}$	triacontane

**1.2- Propriétés des alcanes à chaîne carbonée linéaire**

- À température ordinaire ( $25^\circ\text{C}$ ), les 4 premiers alcanes sont gazeux.
- Du pentane à l'hexadécane ( $5 \leq n \leq 16$ ), on a des alcanes liquides.
- Au-delà de  $n = 16$ , on a des alcanes solides.

**2- Les alcanes à chaîne carbonée ramifiée**

**2.1- Les groupes alkyles non ramifiés**

En retirant l'un des atomes d'hydrogène liés à un atome de carbone terminal d'un alcane linéaire, on obtient un **groupe alkyle non ramifié** dont le nom s'obtient en remplaçant la terminaison "**ane**" de l'alcane par "**yle**" et de formule générale  $-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ .

**Exemple :**

$\text{CH}_3$  - est le groupe méthyle ;  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2$  - est le groupe éthyle

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2$  - est le groupe propyle       $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2$  - est le groupe butyle

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2$  - est le groupe **pentyle**

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2$  - est le groupe **hexyle**

**2.2- Les alcanes à chaîne carbonée ramifiée**

On nomme un alcane ramifié en considérant qu'il est formé d'une chaîne principale sur laquelle se fixent des groupes.

**Etape 1 :** On cherche la chaîne carbonée la plus longue. C'est elle qui donne son nom à l'alcane.

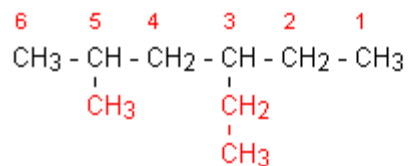
**Etape 2 :** En préfixe, on ajoute le nom (sans le "e" final) du groupe fixé sur la chaîne principale.

On repère sa position en numérotant la chaîne principale afin de donner le plus petit nombre au carbone qui porte le groupe. Ce nom est placé devant le nom du groupe.

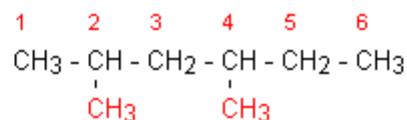
**Etape 3 :** Lorsqu'il y a plusieurs groupes identiques, on place le préfixe di-, tri-, tétra- devant le nom du groupe.

**Etape 4 :** Lorsqu'il y a des groupes différents, on les nomme dans l'ordre alphabétique. Le plus petit nombre étant affecté au groupe placé en tête dans l'ordre alphabétique.

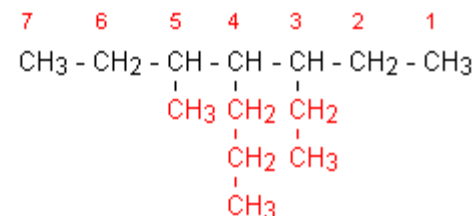
**Exemple :**



3-éthyl-5-méthylhexane



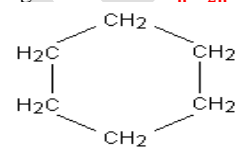
2,4-diméthylhexane



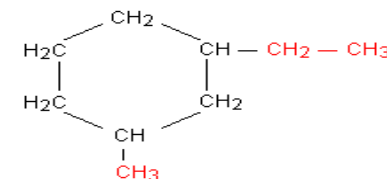
3-éthyl-5-méthyl-4-propylheptane

**2.3- Les alcanes à chaîne cyclique.**

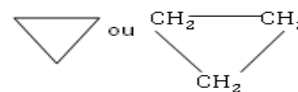
On les appelle **cyclanes** de formule générale brute  $C_nH_{2n}$ .



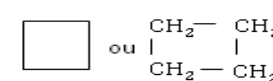
cyclohexane



1-éthyl-3-méthylcyclohexane



cyclopropane



Cyclobutane

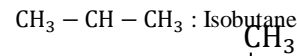
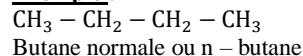
**3- Isomérisation de chaîne**

Des composés qui ont la même formule brute sont appelés **isomères**. On en distingue deux sortes :

- ❖ **Les isomères de constitution :** ils ont la même formule brute mais des formules développées différentes.
- ❖ **Les stéréoisomères :** ils diffèrent par la disposition des atomes dans l'espace.

**N.B :** Les alcanes présentent des isomères de constitution appelés **isomères de chaîne**. Les molécules diffèrent par la chaîne carbonée.

**Exemple :**

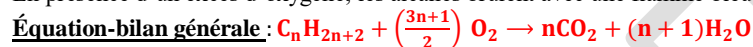


**IV- QUELQUES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES ALCANES**

**1- Réaction de combustion des alcanes**

**1.1- Combustion complète des alcanes**

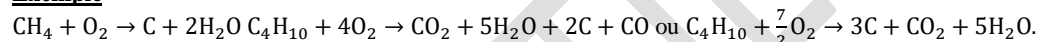
En présence d'un excès d'oxygène, les alcanes brûlent avec une flamme bleue et il se dégage du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.



**1.2- Combustion incomplète des alcanes**

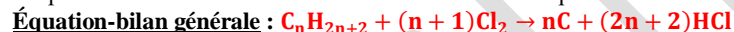
En cas de déficit d'oxygène, les alcanes brûlent avec une flamme fuligineuse et il apparaît de la vapeur d'eau et du carbone.

**Exemple**



**1.3- Combustion des alcanes avec le dichlore**

On peut faire la combustion des alcanes dans le dichlore pour donner du carbone et du chlorure d'hydrogène.



**2- Réaction de substitution ou halogénéation des alcanes**

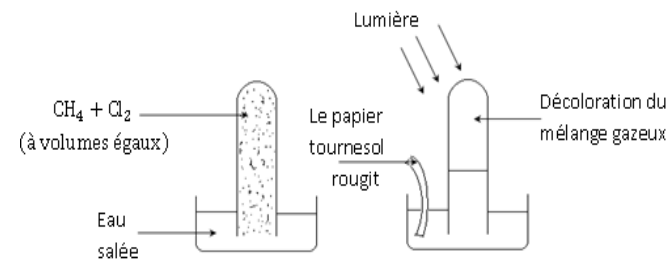
L'halogénéation des alcanes consiste à faire réagir un alcane avec un halogène tel que Cl, Br, F et I.

**2.1- Chloration du méthane**

**2.1.1- Expérience**

**2.1.2- Observation**

- À l'obscurité, on n'observe aucune réaction.
- En présence de la lumière, après quelques minutes, on observe que:
  - o l'eau monte dans le tube à essai,
  - o la couleur jaune du mélange disparaît,
  - o il se forme des gouttelettes d'huile sur les parois du tube à essai,
  - o l'eau de la cuve devient acide.



**2.1.3- Interprétation**

Cette réaction n'est produite qu'en présence de la lumière : il s'agit d'une **réaction photochimique**.

**2.1.4- Équation-bilan de la réaction**

Dans la lumière, en présence d'un excès de dichlore, on observe une substitution successive.



monochlorométhane

Dichlorométhane



Trichlorométhane

Tétrachlorométhane

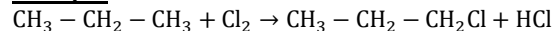
**2.2- Autres exemples de chloration**

Les réactions de substitution peuvent se réaliser avec d'autres halogènes tels que le dibrome Br<sub>2</sub>, le difluor F<sub>2</sub>, le diiode I<sub>2</sub>.

**Remarque :**

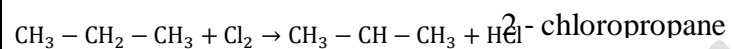
La substitution des atomes d'hydrogène peut se faire de différentes manières. Les produits obtenus sont **isomères de position**.

**Exemple :**



1 - chloropropane

Le 1 - chloropropane et le 2 - chloropropane sont des **isomères de position**



### 3- Généralisation

- ✓ Les réactions de combustion des alcanes sont fortement exothermiques.
- ✓ Les alcanes sont utilisés comme combustibles (méthane, butane, fuels ...) et comme carburants (essence, kérosène).
- ✓  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  est utilisé comme diluant en peinture.
- ✓  $\text{CH}_3\text{Cl}$  est utilisé dans la synthèse des résines.
- ✓  $\text{CHCl}_3$  appelé chloroforme autrefois, est utilisé comme anesthésique.

$\text{CCl}_4$ , excellent solvant utilisé surtout dans la préparation des fréons (dét

Résine : Composé naturel ou synthétique utilisé pour fabriquer des matières plastiques et des peintures.

:

## LES ALCÈNES ET LES ALCYNES

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

**OS5** : Connaître la structure et la nomenclature des alcènes et des alcynes.

**OS6** : Connaître les propriétés chimiques des alcènes et des alcynes.

**DURÉE** : 4 heures

### PLAN DE LA LECON

#### **I- STRUCTURE ET NOMENCLATURE DES ALCÈNES**

- 1- Structure des alcènes.
- 2- Nomenclature des alcènes.
- 3- Isomérisation.

#### **II- STRUCTURE ET NOMENCLATURE DES ALCYNES**

- 1- La molécule d'acétylène ou éthyne.
- 2- Famille des alcynes.
- 3- Nomenclature des alcynes.

#### **III- PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES ALCÈNES ET DES ALCYNES**

- 1- Réactions de combustion.
- 2- Réactions d'addition.
- 3- Réactions de polymérisation.

**LES ALCÈNES ET ALCYNES**

**I- STRUCTURE ET NOMENCLATURE DES ALCÈNES**

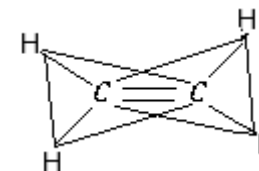
**1- Structure des alcènes**

**1.1- Définition**

Les alcènes sont des hydrocarbures comportant au moins deux atomes de carbone reliés l'un à l'autre par une double liaison covalente. On les appelle aussi **hydrocarbures éthyléniques** ou **oléfines**.

**1.2- La molécule d'éthylène ou éthène**

- Formule brute :  $C_2H_4$
  - Formule semi-développée :  $CH_2 = CH_2$
  - Géométrie de la molécule : molécule plane
- $\overline{H}CH = \overline{H}CC = 120^\circ$   $L_{C=C} = 134 \text{ pm}$  ;  $L_{C-H} = 110 \text{ pm}$



carbone

**Remarque :**

- ❖ La double liaison empêche la libre rotation autour de l'axe carbone – C = C).
- ❖ Un atome de carbone échange deux liaisons covalentes simples avec deux atomes d'hydrogène et une liaison de covalence double avec l'autre atome de carbone. L'atome de carbone est dit **trigonal**.
- ❖ La double liaison est appelée **liaison éthylénique**. Les alcènes sont des **hydrocarbures insaturés**.

**1.3- Formule brute des alcènes**

Les alcènes ont pour formule générale  $C_nH_{2n}$  avec  $n \geq 2$  ( $n$  = nombre d'atomes de carbone).

**2- Nomenclature des alcènes**

Le nom des alcènes est obtenu en remplaçant la terminaison "**ane**" des alcanes par "**ène**". La chaîne principale est celle qui comporte la double liaison C = C. La position de la double liaison doit être précisée avec l'indice le plus petit possible. Pour les ramifications, on procède de la même façon que celle des alcanes.

**Exemple :**

$CH_3 - CH = CH_2$  : Propène.  $CH_3 - CH = CH - CH_2 - CH_3$  : Pent - 2 - ène.  
 $CH_3 - CH_2 - CH - C = C - CH_3$  : 3 - éthyl - 2,4 - diméthylhex - 2 - ène.

**3- Isomérisme**

Deux corps isomères sont des composés qui ont la même formule brute mais des structures différentes.

**3.1- Isomérisme de chaîne**

Deux composés sont des isomères de chaîne s'ils ont la même formule brute mais la chaîne carbonée différente.

**Exemple :**

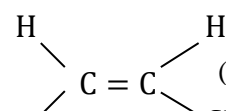
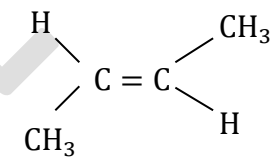
$CH_3 - CH_2 - C = CH_2$  : 2 - méthylbut - 1 - ène.  $CH_3 - CH - CH = CH_2$  : 3 - méthylbut - 1 - ène.

**3.2- Isomérisme de position**

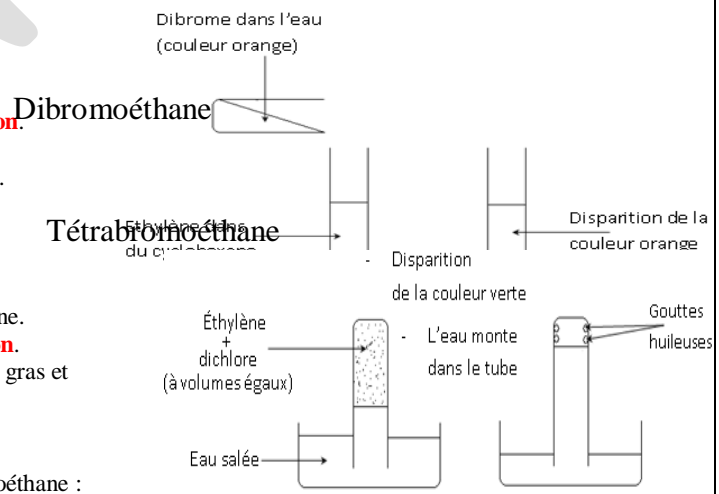
Les isomères ne diffèrent que par la position de la double liaison.

**Exemple :**

$CH_3 - CH_2 - C = CH_2$  : 2 - méthylbut - 1 - ène.  $CH_3 - CH = C - CH_3$  : 2 - méthylbut - 2 - ène.

		<p style="text-align: center;"><b>3.3- Isomérisation et Stéréoisomérisation</b></p> <p>Les isomères ne diffèrent que par la position des atomes ou groupes d'atomes dans l'espace c'est-à-dire par leur forme géométrique. L'indication Z (Zusammen : ensemble) ou E (Entgegen : de part et d'autre) du stéréoisomère est précisée en premier.</p> <p><b>Exemple :</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>(Z) – but – 2 – ène</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(E) – but – 2 – ène</p> </div> </div> <p><b>II- STRUCTURE ET NOMENCLATURE DES ALCYNES</b></p> <p><b>1- La molécule d'acétylène ou éthyne</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formule brute : <math>C_2H_2</math></li> <li>▪ Formule semi-développée : <math>H - C \equiv C - H</math></li> <li>▪ Géométrie de la molécule : molécule plane             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>L_{C-C}</math>: 120 pm</li> <li>○ <math>L_{C-H}</math>: 110 pm</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Remarque :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Un atome de carbone échange une liaison covalente simple et une liaison covalente triple : le carbone est dit <b>digonal</b>.</li> <li>❖ La triple liaison empêche la libre rotation autour de l'axe <math>C \equiv C</math>.</li> </ul> <p><b>2- Famille des alcynes</b></p> <p>Un alcyne est un hydrocarbure gazeux à chaîne carbonée ouverte qui contient une triple liaison carbone – carbone. La formule générale des alcynes est <math>C_nH_{2n-2}</math> (<math>n \geq 2</math>).</p> <p><b>3- Nomenclature des alcynes</b></p> <p>Le nom des alcynes est obtenu en remplaçant la terminaison "ane" de l'alcane correspondant par "yne". On adoptera la même démarche que celle des alcènes.</p> <p><b>Exemple :</b></p> <p><math>CH_3 - C \equiv C - H</math>: Propyne.      <math>CH_3 - C \equiv C - CH - CH_3</math>: 4-méthylpent-2-yne</p> <p><math>CH_3 - C \equiv C - CH_3</math>: But-2-yne</p> <p><b>III- PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES ALCÈNES ET DES ALCYNES</b></p> <p><b>1- Réactions de combustion</b></p> <p><b>1.1- Combustion des alcènes</b></p> <p>Tout comme les alcanes, les alcènes brûlent dans le dioxygène en donnant du dioxyde de carbone et de l'eau, si la combustion est complète. Mais, si elle ne l'est pas, il se produit en plus du carbone.</p> <p><b>Équation-bilan générale :</b> <math>C_nH_{2n} + \left(\frac{3n}{2}\right)O_2 \rightarrow nCO_2 + nH_2O</math></p> <p><b>1.2- Combustion des alcynes</b></p> <p>Elle est pareille que celle des alcanes.</p> <p><b>Équation-bilan générale :</b> <math>C_nH_{2n-2} + \left(\frac{3n-1}{2}\right)O_2 \rightarrow nCO_2 + (n-1)H_2O</math></p> <p><b>Remarque :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Ces réactions ci-dessus sont très exothermiques.</li> <li>❖ Les alcènes et les alcynes ne sont pas utilisés comme combustibles industriels et domestiques. Cependant,</li> </ul>
--	--	--

		<p>l'acétylène est utilisé dans la soudure grâce à la chaleur dégagée lors de la combustion. Il permet de découper les feuilles métalliques.</p> <p>2- <b>Réactions d'addition</b></p> <p>Les alcènes et les alcynes étant des hydrocarbures insaturés, ils sont susceptibles de participer à des réactions d'addition pour donner des composés ne présentant plus que de simples liaisons carbone-carbone.</p> <p>1.1 <b>Hydrogénation</b></p> <p>L'hydrogénation d'un alcène ou d'un alcyne nécessite l'utilisation d'un catalyseur tel que le platine, le nickel ou le palladium.</p> <p>❖ <b>Cas des alcènes</b></p> <p>En présence du nickel, l'éthylène réagit sur le dihydrogène pour donner l'éthane.</p> $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ <p><b>Remarque :</b></p> <p>L'hydrogénation des alcènes intervient dans la fabrication des margarines (huiles végétales insaturées transformées en graisse).</p> <p>❖ <b>Cas des alcynes</b> : <math>\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CH}_2</math></p> <p><b>Généralisation :</b> Cas d'une hydrogénation complète : <math>\text{C}_n\text{H}_{2n-2} \xrightarrow{\text{Pd}, \text{H}_2, \text{Ni}} \text{C}_n\text{H}_{2n}</math></p> <p>1.2 <b>Action du dibrome</b></p> <p>❖ <b>Cas d'un alcène</b></p> <p><b>Équation-bilan de la réaction :</b></p> $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{BrCH}_2 - \text{CH}_2\text{Br}$ <p>L'addition du dibrome sur un alcène est une <b>bromation</b>.</p> <p>❖ <b>Cas d'un alcyne</b></p> $\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{BrCH} = \text{CHBr} : \text{Dibrométhylène.}$ $\text{BrCH} = \text{CHBr} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{Br}_2\text{CH} - \text{CHBr}_2$ <p>1.3 <b>Action du dichlore</b></p> <p>❖ <b>Cas d'un alcène</b></p> <p><b>Équation-bilan de la réaction :</b></p> $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{ClCH}_2 - \text{CH}_2\text{Cl} : \text{Dichloroéthane.}$ <p>L'addition du dichlore sur un alcène est une <b>chloration</b>.</p> <p>Le dichloroéthane est utilisé comme solvant des corps gras et intermédiaire dans diverses synthèses organiques.</p> <p>❖ <b>Cas d'un alcyne</b></p> $\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{ClCH} = \text{CHCl} : \text{Dichloroéthylène.}$ $\text{ClCH} = \text{CHCl} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cl}_2\text{CH} - \text{CHCl}_2 : \text{Tétrachloroéthane}$ <p>C'est un produit utilisé pour dissoudre l'acétate de cellulose nécessaire pour les films cinématographiques. Il sert aussi à préparer le trichloroéthylène (solvant servant à nettoyer les vêtements).</p> <p>1.4 <b>Addition de l'eau</b></p> <p>❖ <b>Cas d'un alcène</b></p> <p>La réaction s'effectue le plus souvent en présence d'acide sulfurique (<math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>) comme catalyseur. L'addition de l'eau sur un alcène est une <b>hydratation</b>. On l'utilise pour préparer des alcools.</p> <p><b>Exemple :</b></p> $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} : \text{éthanol ou alcool éthylique.}$ $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3 \text{ ou } \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
--	--	--

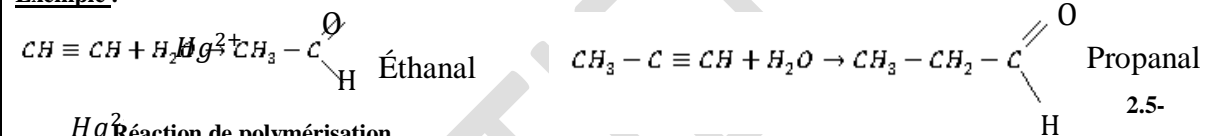


**Remarque :**

Lors de l'hydratation d'un alcène, le groupe hydroxyle (-OH) se fixe préférentiellement sur l'atome le plus ramifié ou le plus substitué.

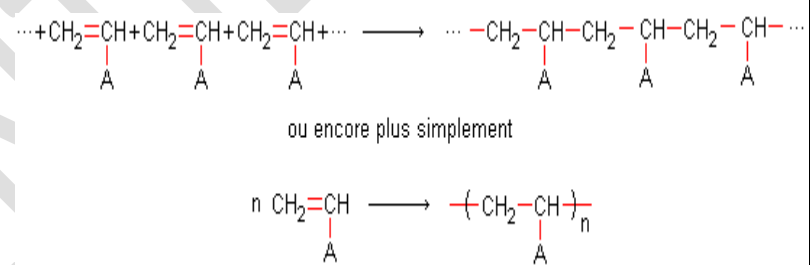
❖ **Cas d'un alcène :** On l'utilise pour la préparation des aldéhydes.

**Exemple :**



**Réaction de polymérisation**

Cette technique consiste en une addition répétée d'un très grand nombre de molécules insaturées appelées **monomères**. Elle conduit à une macromolécule appelée **polymère**. Par exemple:



n est appelé indice de polymérisation et le groupe —CH<sub>2</sub>—CH<sub>A</sub>— est appelé motif du polymère. Voici quelques exemples de polymères et leurs principales applications:

Monomère	Polymère	Applications
Ethylène $CH_2=CH_2$	Polyéthylène (PE) $\left( CH_2-CH_2 \right)_n$	Emballage d'aliments, films plastiques flacons, bidons...
Propène $CH_2=CH$   CH <sub>3</sub>	Polypropylène $\left( CH_2-CH \right)_n$   CH <sub>3</sub>	Objets moulés résistants, récipients valises, pare-choc...
Chlorure de vinyle $CH_2=CH$   Cl	Polychlorure de vinyle (PVC) $\left( CH_2-CH \right)_n$   Cl	Tuyau, canalisations, bouteilles Volets...
Styrène	Polystyrène (PS)	Casiers de réfrigérateurs, mobilier transparent, jouets...

# COURS 1ère C et D

			$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$\text{-(CH}_2\text{-CH)}_n$ $\begin{array}{c}   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	
			Cyanure de vinyle	Polyacrylonitrile (PAN)	
			$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\   \\ \text{CN} \end{array}$	$\text{-(CH}_2\text{-CH)}_n$ $\begin{array}{c}   \\ \text{CN} \end{array}$	Fibres synthétiques, vêtements,...

CONFIDENTIEL

:

## LE BENZÈNE

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

**OS8** : Connaître la structure du benzène.

**OS9** : Connaître les propriétés du noyau benzénique.

**DURÉE** : 2 heures

### PLAN DE LA LECON


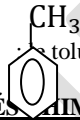

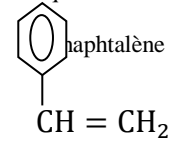


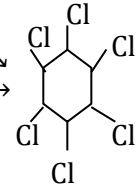
#### **I- LA MOLÉCULE DE BENZÈNE**

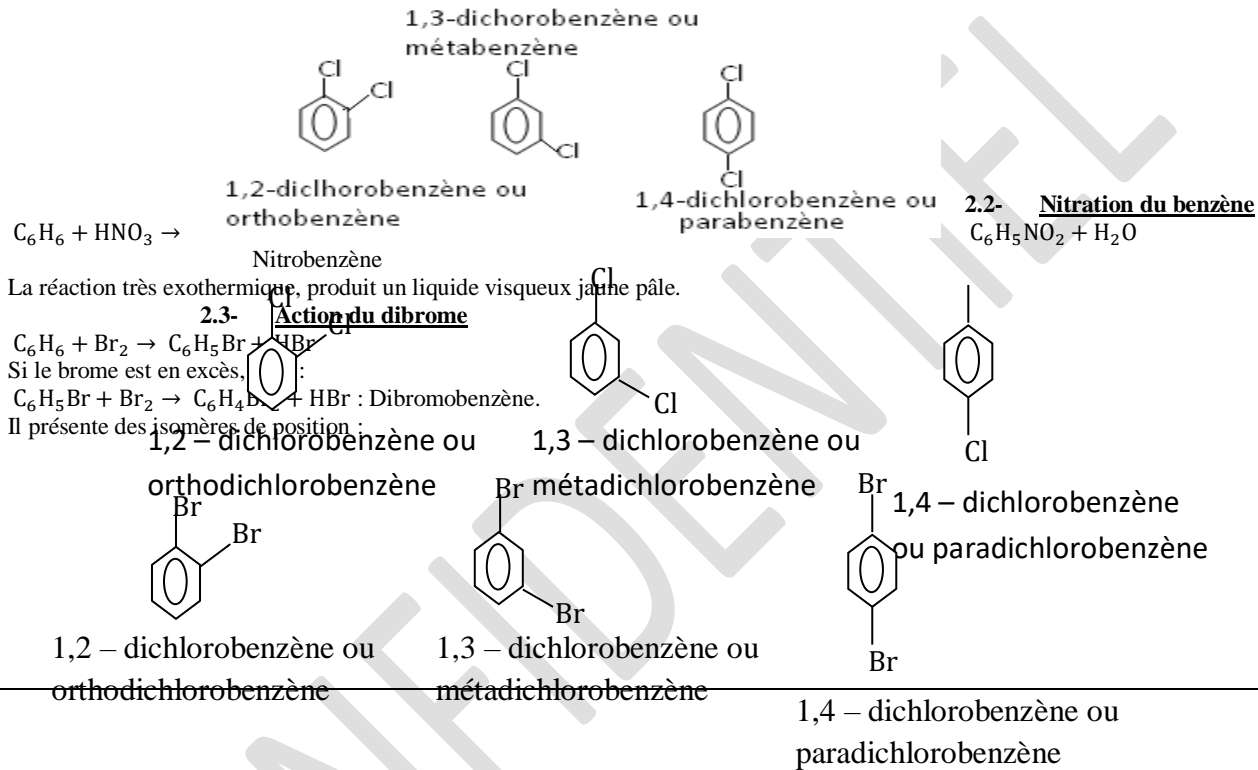
- 1- Structure de la molécule de benzène
- 2- Géométrie de la molécule
- 3- Le noyau benzénique

#### **II- COMPOSÉS AROMATIQUES**

#### **III- PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DU BENZÈNE**

- 1- Réaction d'addition
- 2- Réaction de substitution

		<p><b>LE BENZÈNE</b></p>
<p>140pm 110pm</p>		<p><b>I- LA MOLECULE DE BENZÈNE</b></p> <p><b>1- Structure de la molécule de benzène</b>          Le benzène est un hydrocarbure insaturé de formule brute <math>C_6H_6</math>. Les six atomes de carbone sont dans un même plan et repartis aux sommets d'un hexagone régulier.</p> <p><b>2- Géométrie de la molécule</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La molécule est plane.</li> <li>- Toutes les liaisons carbone – carbone ont les mêmes longueurs.</li> <li>- Les angles entre deux liaisons voisines valent <math>120^\circ</math>.</li> </ul> <p><b>3- Le noyau benzénique</b>          Chaque atome de carbone établit trois liaisons covalentes :          l'une avec un atome d'hydrogène et l'autre avec deux atomes de carbone voisins.          Il reste alors un électron de valence pour chaque atome de carbone.          Les six électrons de valence se déplacent autour des six atomes de carbone. On dit qu'ils sont <b>délocalisés</b>.          Ainsi s'édifie une chaîne carbonée hexagonale symétrique appelée <b>noyau benzénique</b> qui est très stable.          La représentation symbolique du noyau benzénique est la suivante :</p> <p><b>II- COMPOSÉS AROMATIQUES</b>          Un composé aromatique est tout composé comportant au moins un noyau benzénique.</p> <p><b>Exemple :</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  : Le benzène         </div> <div style="text-align: center;">  : le toluène         </div> <div style="text-align: center;">  : le phénol         </div> <div style="text-align: center;">  : le styrène         </div> <div style="text-align: center;">  : naphthalène         </div> </div> <p><b>III- PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DU BENZÈNE</b>          Le benzène est un liquide très volatil à vapeurs toxiques.</p> <p><b>1- Réaction d'addition</b></p> <p><b>1.1- Addition du dihydrogène</b>  <math>C_6H_6 + 3H_2 \rightarrow C_6H_{12}</math> : Cyclohexane ou </p> <p><b>1.2- Addition du dichlore</b>  <math>C_6H_6 + 3Cl_2 \rightarrow C_6H_6Cl_6</math> : Hexachlorure de benzène ou hexachlorocyclohexane</p> <p><b>2- Réaction de substitution</b></p> <p><b>2.1- Chloration du benzène</b>  <math>C_6H_6 + Cl_2 \rightarrow C_6H_5Cl + HCl</math> : Monochlorobenzène.  <math>C_6H_5Cl + Cl_2 \rightarrow C_6H_4Cl_2 + HCl</math> : Dichlorobenzène.          Avec un excès de dichlore, on finit par obtenir l'hexachlorobenzène <math>C_6Cl_6</math>.          Le dichlorobenzène compte trois isomères qui sont :</p> <div style="text-align: center;">  </div>



## OBJECTIF GÉNÉRAL

**OG6** : Comprendre la structure et les propriétés de certains composés organiques.

## TITRE DE LA LECON :

### **QUELQUES COMPOSÉS ORGANIQUES OXYGÉNÉS**

## OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

**OS10** : Connaître quelques composés oxygénés (formule générale et nomenclature).

**DURÉE** : 2 heures

## PLAN DE LA LECON

### **I- COMPOSÉS ORGANIQUES COMPORTANT UN SEUL ATOME D'OXYGÈNE**

- 1- Les alcools
- 2- Les éthers-oxydes
- 3- Les aldéhydes
- 4- Les cétones

### **II- COMPOSÉS ORGANIQUES COMPORTANT DEUX ATOMES D'OXYGÈNE**

- 1- Les acides carboxyliques
- 2- Les esters

**QUELQUES COMPOSÉS ORGANIQUES OXYGÉNÉS**

**I- COMPOSÉS ORGANIQUES COMPORTANT UN SEUL ATOME D'OXYGÈNE**

**1- Les alcools**

**1.1- Définition**

Un alcool est un composé organique possédant le groupement hydroxyle -OH fixé sur un carbone tétragonal. Le groupement fonctionnel de l'alcool est -C-OH.

**1.2- Formule générales**

La formule générale de l'alcool est : **R-OH** où R est un groupement alkyle. D'où la formule générale en fonction de n : **C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>O** ou **C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>-OH**.

**Remarque :**

Il existe trois classes d'alcool :

▪ Les alcools primaires : R-  
 $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{C} - \text{OH} \\ | \\ \text{H} \end{array}$

▪ Les alcools tertiaires : R<sub>1</sub>-  
 $\begin{array}{c} \text{R}_2 \\ | \\ \text{C} - \text{OH} \\ | \\ \text{R}_3 \end{array}$

par la terminaison "ol" et on groupement hydroxyle avec l'

**1.3- Nomenclature**

On remplace le "e" final de l'alcane correspondant numéro du carbone sur lequel est fixé le plus petit possible.

**Exemple :**

CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-OH : Propan-1-ol (alcool

CH<sub>3</sub>-CH(OH)-CH<sub>3</sub> : Propan-2-ol (alcool secondaire).

OH 2- **Les éthers-oxydes**

**2.1- Formule brute**

Un éther-oxyde se présente sous la forme : **R-O-R'** où R et R' représentent des groupes alkyles d'où la formule générale en fonction de n : **C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>O (n ≥ 2)**.

Tout éther-oxyde présente le groupement **-C-O-C-**.

**2.2- Nomenclature**

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

- Soit en faisant suivre **oxyde de** du nom 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.

**Exemple :**

CH<sub>3</sub>-O-CH<sub>3</sub> : Oxyde de diméthyle ou méthoxyméthane.

CH<sub>3</sub>-O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub> : Oxyde d'éthyle et de méthyle ou méthoxyéthane.

**3- Les aldéhydes**

**3.1- Formule générale**

Les aldéhydes ont pour formule générale : **R-C=O** où R représente un groupe alkyle d'où la formule générale en fonction de n : **C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>O**. Le groupe **-C=O** est appelé **groupe carbonyle**.

**3.2- Nomenclature**

Le nom d'un aldéhyde est obtenu en remplaçant la terminaison "e" de l'alcane correspondant par la terminaison "al". La chaîne carbonée principale est toujours numérotée à partir du groupe **-C=O**.

**Exemple :**

CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-C(=O)-H : méthylbutanal. CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-C(=O)-H : Propanal

**4- Les cétones**

R'

		<p><b>4.1- Formule générale</b>                  Les cétones ont pour formule générale : <math>R - C = O</math> où R et R' sont des groupes alkyles d'où la formule générale en fonction de n: <math>C_n H_{2n} O</math>.</p> <p><b>4.2- Nomenclature</b>                  On remplace le "e" final de l'alcane correspondant par la terminaison "one" tout en tenant compte de la position du groupe carbonyle avec l'indice le plus petit.  <b>Exemple :</b>  <math>CH_3 - C - CH_3</math> : Propanone. <math>CH_3 - CH_2 - C - CH_3</math> : Butanone.  <math>CH_3 - CH_2 - C - CH_2 - CH_3</math> : pentan-3-one <math>CH_3 - C - CH_2 - CH_2 - CH_3</math> : pentan-2-one</p> <p><b>II- COMPOSÉS ORGANIQUES COMPORTANT DEUX ATOMES D'OXYGÈNE</b></p> <p><b>1- Les acides carboxyliques</b></p> <p><b>1.1- Formule générale</b>                  Les acides carboxyliques ont pour formule générale : <math>R - C(=O)OH</math> où R est un groupe alkyle d'où la formule générale en fonction de n <math>C_n H_{2n} O_2</math> ou <math>C_n H_{2n+1} - COOH</math>.                  groupe est appelé <b>groupe carboxyle</b>.  <math>R - C(=O)OH</math></p> <p><b>1.2- Nomenclature</b>                  On remplace le "e" final de l'alcane correspondant par la terminaison "oïque" en le faisant précéder du mot "acide".  <b>Exemple :</b>                  :  <math>CH_3 - CH_2 - C(=O)OH</math> : Acide propanoïque  <math>CH_3 - C(CH_3)(C_2H_5) - C(=O)OH</math> : Acide 2-méthyl-3-pentanoïque  <math>CH_3 - CH_2 - CH_2 - C(=O)OH</math> : Acide 3-méthylbutanoïque</p> <p><b>2- Les esters</b></p> <p><b>2.1- Formule générale</b>                  La formule générale des esters est : <math>R_1 - C(=O)OR_2</math> avec <math>R_1 \neq R_2 \neq H</math>. <math>R_1</math> et <math>R_2</math> sont des groupes alkyles.                  Acide propanoïque : <math>CH_3 - C(=O)OH</math>                  Acide 2-méthyl-3-pentanoïque : <math>CH_3 - C(CH_3)(C_2H_5) - C(=O)OH</math>                  Acide 3-méthylbutanoïque : <math>CH_3 - CH_2 - CH_2 - C(=O)OH</math></p> <p><b>2.2- Nomenclature</b>                  Comme un ester comporte deux chaînes carbonées, son nom comprend deux termes :                  Le premier avec la terminaison "oate" désigne la chaîne contenant la fonction carbonyle <math>-C = O</math>.                  Le second est le nom du groupe alkyle lié par une simple liaison à l'un des deux atomes d'oxygène.  <b>Exemple :</b>  <math>H - C(=O)O - CH_3</math> : Méthanoate de méthyle  <math>CH_3 - C(=O)O - CH_3</math> : Éthanoate de méthyle.  <math>CH_3 - CH_2 - C(=O)O - CH_3</math> : Propanoate de méthyle  <math>CH_3 - C(CH_3)(C_2H_5) - C(=O)O - CH_3</math> : 2-méthyl-3-pentanoate de méthyle  <math>CH_3 - CH_2 - CH_2 - C(=O)O - CH_3</math> : 3-méthylbutanoate de méthyle</p> <p><b>OBJECTIF GÉNÉRAL</b>  <math>O - CH_3</math></p>
--	--	---

CONFIDENTIEL

## L'ÉTHANOL

### OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

**OS11** : Connaître les propriétés de l'oxydation de l'éthanol.

**OS12** : Connaître les propriétés d'obtention de l'éthanol.

**DURÉE** : 2 heures

### PLAN DE LA LECON

#### **I- PRÉPARATION DE L'ÉTHANOL**

- 1- Fermentation de jus sucrés
- 2- Hydratation de l'éthylène

#### **II- OXYDATION DE L'ÉTHANOL**

- 1- Réaction de combustion
- 2- Oxydation ménagée
  - 2.1- Oxydation par l'oxygène de l'air
  - 2.2- Déshydratation catalytique sur le cuivre
  - 2.3- Oxydation par le permanganate de potassium

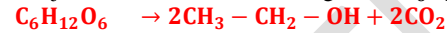
**L'ÉTHANOL**

**I- PRÉPARATION DE L'ÉTHANOL**

L'éthanol est un alcool primaire de formule brute  $C_2H_6O$  et semi-développée  $CH_3 - CH_2 - OH$ .

**1- Fermentation de jus sucrés**

Au cours de la fermentation de jus sucrés, les molécules de glucose  $C_6H_{12}O_6$  se transforment en éthanol :



La fermentation s'arrête d'elle-même quand le titre en alcool de jus sucré atteint environ 16°C, ce qui correspond à une proportion de 16 cm<sup>3</sup> d'éthanol pour 100 cm<sup>3</sup> de solution.

**2- Hydratation de l'éthylène**

Cette méthode de préparation est industrielle. La réaction est réalisée en présence d'un catalyseur qui est l'acide sulfurique.



**II- OXYDATION DE L'ÉTHANOL**

**1- Réaction de combustion**

La combustion de l'éthanol produit du dioxyde de carbone  $CO_2$  et de l'eau. On parle de destruction de la molécule d'éthanol. Cette réaction est utilisée pour produire de la chaleur.



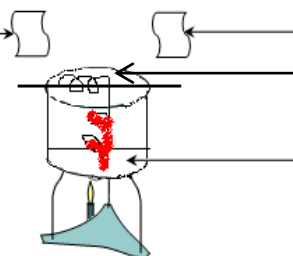
**2- Oxydation ménagée**

Une oxydation ménagée consiste à oxyder un composé chimique tout en conservant la chaîne carbonée de départ.

**2.1- Oxydation par l'oxygène de l'air**

**2.1.1- Expérience de la lampe sans flamme**

Papier pH



Papier imbibé de réactif de Schiff  
Fil de cuivre incandescent

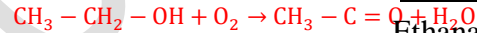
Ethanol

**2.1.2- Interprétation**

incandescent.  
de la chaleur : elle est exothermique.  
réactif de Schiff rosit. Il se forme alors un aldéhyde (odeur d'

- Le fil de cuivre reste
- La réaction dégage
- Le papier imbibé de
- Le papier pH indique également qu'il s'est formé un acide.

**2.1.3- Equation-bilan de la réaction**

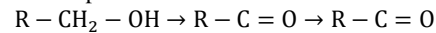


La réaction continue si l'oxygène est en excès :  $2CH_3 - C(=O) - H + O_2 \rightarrow 2CH_3 - C(=O) - OH$

**2.1.4- Conclusion**

Le produit de l'oxydation dépend de la classe de l'alcool :

❖ Alcool primaire :



		<p>❖ Alcool secondaire : <math>R - \underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}} - \text{OH} \rightarrow R - \text{C} = \text{O}</math>: cétone</p> <p>❖ Alcool tertiaire : <math>R - \underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}} - \text{OH}</math> <math>\begin{matrix} R_2 &amp; R_1 \\   &amp;   \\ R_2 &amp; R_1 \end{matrix}</math></p> <p><b>2.2- Déshydratation catalytique sur le cuivre</b>          Elle se déroule en absence d'oxygène. Ainsi en présence de cuivre, on fait la déshydrogénation de l'éthanol suivant l'équation : <math>\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{C} = \text{O} + \text{H}_2</math></p> <p><b>2.3- Oxydation par le permanganate de potassium</b>          Le permanganate de potassium (<math>\text{KMnO}_4</math>) dans l'eau libère les ions manganate <math>\text{MnO}_4^-</math>. La solution est violette : <math>\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}^+ + \text{MnO}_4^-</math>          L'oxydation de l'éthanol est faite par les ions <math>\text{MnO}_4^-</math> en milieu acide (acide sulfurique). Nous constatons la décoloration de la solution c'est-à-dire la disparition des ions <math>\text{MnO}_4^-</math> (coloration violette) par les ions <math>\text{Mn}^{2+}</math> (solution incolore). Obtiens donc de l'éthanal puis de l'acide éthanoïque s'il ya suffisamment d'ions <math>\text{MnO}_4^-</math>.</p> <p><math>\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{C} = \text{O}</math> puis <math>\text{CH}_3 - \text{C} = \text{O} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{C} = \text{O}</math></p> <p style="text-align: center;"> <math>\begin{matrix} \text{MnO}_4^- &amp; \text{H} &amp; &amp; \text{H} &amp; \text{MnO}_4^- &amp; \text{OH} \\   &amp;   &amp; &amp;   &amp;   &amp;   \\ \text{H} &amp; \text{H} &amp; &amp; \text{H} &amp; \text{H} &amp; \text{OH} \end{matrix}</math> </p>
--	--	--

**TITRE DE LA LEÇON :**

**ESTÉRIFICATION ET HYDROLYSE**

**OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :**

**OS13 :** Connaître les caractéristiques des réactions d'estérification et d'hydrolyse d'un ester.

**DURÉE :** 3 heures

**PLAN DE LA LEÇON**

**I- ESTÉRIFICATION**

- 1- Définition
- 2- Préparation d'un ester
- 3- Étude quantitative

**II- HYDROLYSE D'UN ESTER**

- 1- Définition
- 2- Étude quantitative
- 3- Conclusion générale

**III- ÉQUILIBRE CHIMIQUE**

- 1- Notion d'équilibre chimique
- 2- Réactions réversibles
- 3- Équation-bilan
- 4- Courbes d'évolution des réactions

**ESTÉRIFICATION ET HYDROLYSE**

**I- ESTÉRIFICATION**

**1- Définition**

L'estérification est une réaction chimique qui se produit entre un acide carboxylique et un alcool. On obtient comme produit un ester et de l'eau.

**2- Préparation d'un ester**

**2.1- Mode opératoire**

On introduit dans un ballon 10mL de butan-1-ol, 6mL d'acide éthanóique, 1mL d'acide sulfurique concentré et quelques grains de ponce. Chauffons le mélange jusqu'à ébullition et maintenons l'ébullition pendant une heure et ensuite versons le contenu dans un bécber contenant de l'eau froide. On obtient deux phases incolores dont la phase a une odeur de banane. Il s'agit d'un ester : l'éthanoate de butyle.

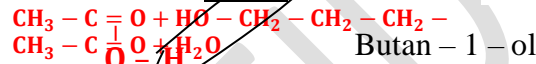
**N.B :**

L'odeur de l'ester varie suivant le couple carboxylique – alcool qu'on a utilisé.

**Exemple :**

- Butanoate d'éthyle : odeur
- Méthanoate d'éthyle : odeur de
- Éthanoate de pentyle : odeur de

**2.2- Équation-bilan réaction**



Acide éthanóique

**2.3- Généralisation de l'estérification**

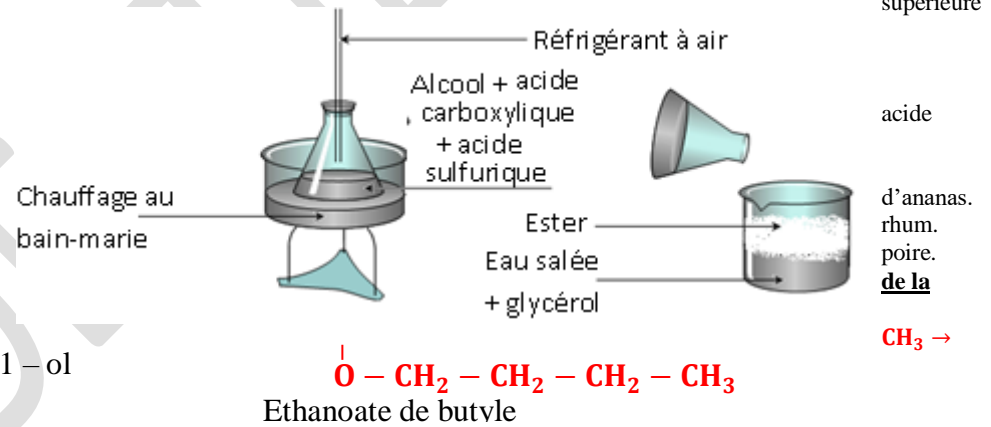


**Acide carboxylique** **Alcool** **Ester**  
 Étude de la réaction d'estérification

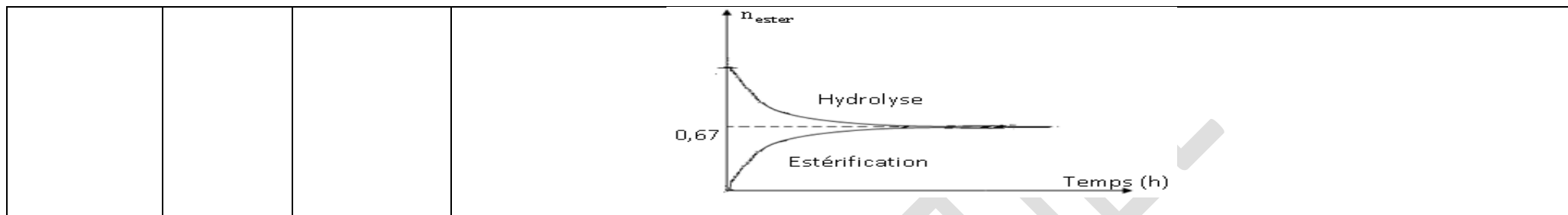
Considérons l'action d'une mole d'acide éthanóique sur une mole d'éthanol.

**3.1- Tableau de mesures**

T° = 60°C	Temps (h)	0	20	40	60	80	100
		Nombre de mole d'ester formé	0	0,06	0,12	0,18	0,28
T°= 80°C	0		0,4	0,54	0,61	0,67	
T°= 100°C avec présence d'un catalyseur (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0		0,6	0,66	0,67	0,67	







# CHIMIE MINÉRALE

## OBJECTIF GÉNÉRAL

**OG7** : Analyser une réaction d'oxydoréduction.

## TITRE DE LA LEÇON :

**RÉACTION D'OXYDORÉDUCTION**

## OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

**OS1** : Utiliser la notion de couple oxydant-réducteur.

**DURÉE** : 3 heures

## PLAN DE LA LEÇON

### **I- OXYDATION ET RÉDUCTION**

- 1- Oxydation
- 2- Réduction
- 3- Réducteur
- 4- Oxydant

### **II- COUPLE OXYDANT-RÉDUCTEUR OU COUPLE REDOX**

- 1- Transformation du métal cuivre en ion cuivre II
- 2- Transformation de l'ion cuivre II en métal cuivre
- 3- Couple oxydant-réducteur ou couple redox
- 4- Généralisation

### III- RÉACTION D'OXYDORÉDUCTION

- 1- Réaction entre le fer et une solution aqueuse de sulfate de cuivre
- 2- Réaction d'oxydoréduction

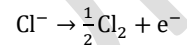
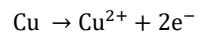
## CHAPITRE 1 : RÉACTION D'OXYDORÉDUCTION

### I- OXYDATION ET RÉDUCTION

#### 1- Oxydation

Une oxydation est une réaction au cours de laquelle une particule libère un ou plusieurs électrons.

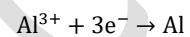
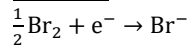
**Exemple :**



#### 2- Réduction

Une réduction est une réaction au cours de laquelle une particule gagne ou capte un ou plusieurs électrons.

**Exemple :**

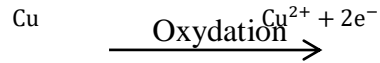


#### 3- Réducteur

Un réducteur est une particule qui perd un ou plusieurs électrons lors d'une oxydation.

# COURS 1ère C et D

## Exemple :



Réducteur- Oxydant

Un oxydant est une particule qui gagne un ou plusieurs électrons lors d'une réduction.

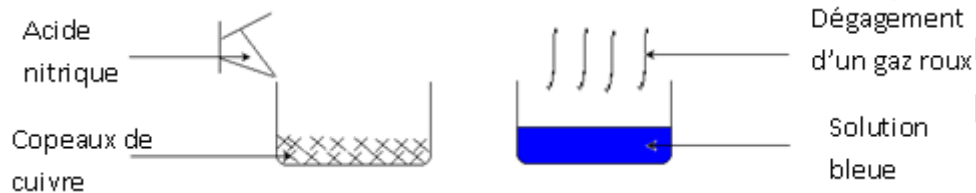
## Exemple :



Oxydant COUPLE OXYDANT-RÉDUCTEUR OU COUPLE REDOX

### 1- Transformation du métal cuivre en ion cuivre II

#### 1.1- Expérience et observations

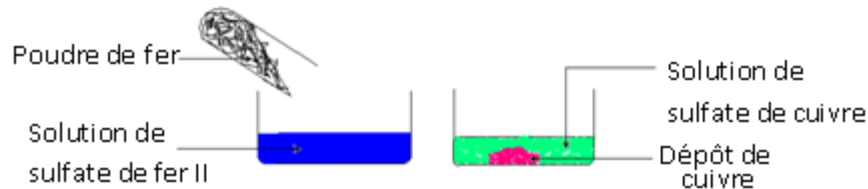


#### 1.2- Interprétation

L'action de l'acide nitrique sur le métal cuivre produit une solution bleue contenant des ions cuivre II selon l'équation :  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-}$ .

### 2- Transformation de l'ion cuivre II en métal cuivre

#### 2.1- Expérience et observation



#### 2.2- Interprétation

La solution de cuivre contenant des ions cuivre II en présence du fer réagit pour donner du métal cuivre selon l'équation :  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$ .

### 3- Couple oxydant-réducteur ou couple redox

Les réactions des deux différentes expériences ( $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-}$  et  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$ ) sont inverses l'une de l'autre et peuvent être réunies en une seule telle que :



Les entités  $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{Cu}$  forment un couple oxydant-réducteur ou couple redox :  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ .

### 4- Généralisation



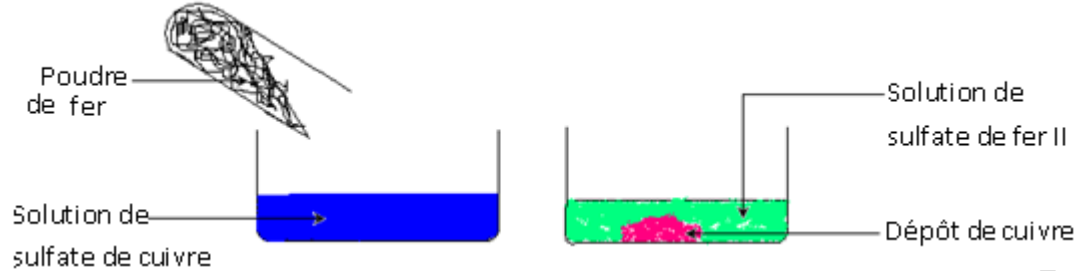
Oxydant

Réducteur  
RÉACTION D'OXYDORÉDUCTION

### 1- Réaction entre le métal fer et une solution aqueuse de sulfate de cuivre.

# COURS 1ère C et D

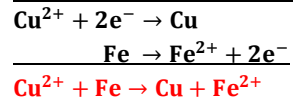
## 1.1- Expérience et observations



## 1.2- Interprétation

- Chaque ion cuivre II se transforme en atome de cuivre en gagnant deux électrons. Ce qui se traduit par la demi-équation électronique :  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ .
- Chaque atome de fer se transforme en ion fer II en perdant deux électrons selon la demi-équation électronique :  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ .

## 1.3- Équation-bilan de la réaction



## 2- Réaction d'oxydoréduction.

- Une réaction d'oxydoréduction est une réaction au cours de laquelle on a un transfert d'électrons du réducteur vers l'oxydant. À la fin de la réaction chimique, le réducteur se retrouve sous la forme **Oxydée** et l'oxydant sous la forme **réduite**.
- Les réactions d'oxydoréduction sont **exothermiques**.
- Les réactions d'oxydation et de réduction sont appelées **demi réaction d'oxydoréduction**.

## OBJECTIF GÉNÉRAL

**OG7** : Analyser une réaction d'oxydoréduction.

## TITRE DE LA LECON :

### **CLASSIFICATION DES COUPLES OXYDANTS-RÉDUCTEURS**

## OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

**OS2 :** Classer qualitativement les couples oxydants-réducteurs.

**OS3 :** Classer quantitativement les couples redox.

**OS7 :** Expliquer le fonctionnement des piles électrochimiques.

**DURÉE :** 5 heures

## PLAN DE LA LECON

### **I- FORCE DES OXYDANTS ET RÉDUCTEURS**

- 1- Expérience et observations
- 2- Interprétation
- 3- Conclusion
- 4- Force des oxydants des réducteurs

### **II- CLASSIFICATION DES COUPLES OXYDANTS-RÉDUCTEURS**

- 1- Couples redox métalliques
- 2- Action de l'ion  $H_3O^+$  sur les métaux
- 3- Place du couple  $H_3O^+/H_2$
- 4- Règle du Gamma

### **III- NOTION DE PILE ÉLECTROCHIMIQUE**

- 1- La pile Daniell
- 2- Notion de demi-pile

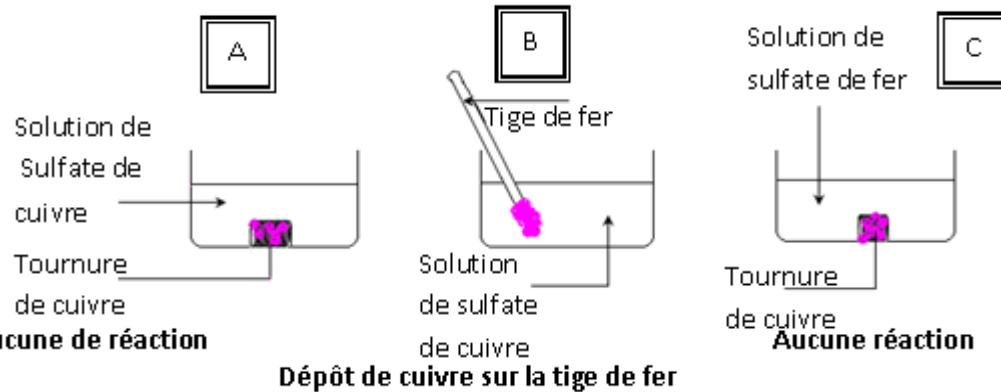
### **IV- CLASSIFICATION QUANTITATIVE ÉLECTROCHIMIQUE DES MÉTAUX**

- 1- Principe de classification
- 2- Potentiel d'un couple oxydant-réducteur
- 3- La demi-pile  $H_3O^+/H_2$  ou électrode normale à hydrogène

## CHAPITRE 2 : CLASSIFICATION DES COUPLES OXYDANTS-REDUCTEURS

### I- FORCE DES OXYDANTS ET RÉDUCTEURS

#### 1- Expérience et observations



#### 2- Interprétation

(a) : il n'y a pas de réaction car le métal cuivre ne peut réduire son propre ion.

**Expérience** propre ion.

**Expérience (b)** : les ions cuivre se transforment en métal cuivre en gagnant deux électrons perdus par le métal fer. Le passage de la solution en vert-pâle caractérise la transformation du fer en ion fer II. Il s'agit d'une **réaction d'oxydoréduction**. Le fer peut donc réduire les ions cuivre II.

**Expérience (c)** : Il n'y a aucune réaction car le métal cuivre ne peut réduire les ions fer II.

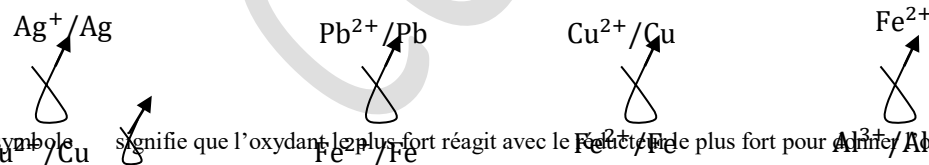
#### 3- Conclusion

Le fer peut réduire les ions cuivre II. Le fer est donc plus réducteur que le cuivre.

#### 4- Force des oxydants et des réducteurs

- ❖ Lors d'une réaction chimique entre deux couples oxydants-réducteurs, c'est l'oxydant le plus fort qui réagit avec le réducteur le plus fort. Ainsi, on met en haut le couple ayant l'oxydant le plus fort et en bas celui ayant le réducteur le plus fort : c'est la **règle de Gamma**.

**Exemple :**



- ❖ Le symbole  $\swarrow$  signifie que l'oxydant le plus fort réagit avec le réducteur le plus fort pour former l'oxydant plus faible et le réducteur le plus faible.

# COURS 1ère C et D

## II- CLASSIFICATION DES COUPLES OXYDANTS-RÉDUCTEURS

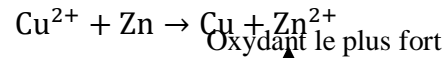
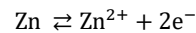
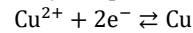
### 1- Couples redox métalliques

Avec les mêmes expériences que précédemment, nous pouvons comparer plusieurs couples redox.

**Exemple :**  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$  L'ion  $\text{Cu}^{2+}$  est un oxydant plus fort que l'ion  $\text{Zn}^{2+}$  et le métal Zn est un

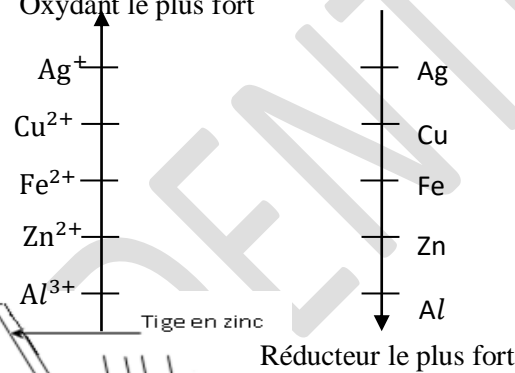
**Équation-bilan de la réaction :**

$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$



réducteur plus fort que le métal cuivre.

**Classification de quelques couples redox métalliques**



### 2- Action de l'ion $\text{H}_3\text{O}^+$ sur les métaux

#### 2.1- Expérience et observations

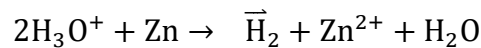
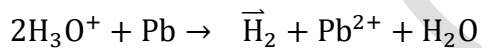
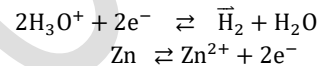
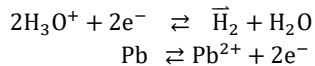
#### 2.2- Interprétation

**Expérience (a) :** l'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  est moins oxydant que l'ion  $\text{Cu}^{2+}$ .

**Expériences (b) et (c) :** élévation de la température : réaction exothermique. L'ion

$\text{H}_3\text{O}^+$  est plus oxydant que les ions  $\text{Pb}^{2+}$  et  $\text{Zn}^{2+}$ .

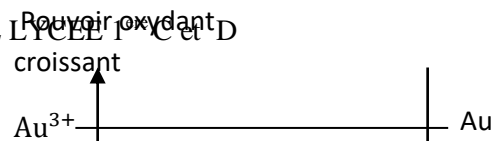
**Équation-bilan :**



#### 2.3- Conclusion

L'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  est plus oxydant que les ions  $\text{Pb}^{2+}$  et  $\text{Zn}^{2+}$  et moins oxydant que l'ion  $\text{Cu}^{2+}$ . Le plomb et le zinc sont plus réducteurs que  $\text{H}_2$  et Cu est moins réducteur que  $\text{H}_2$ .

SADIA ALEXIS PROFESSEUR DE LYCEE 1ère C et D



## 3- Place du couple $H_3O^+/H_2$

### III- NOTION DE PILE ÉLECTROCHIMIQUE

#### 1- La pile Daniell

##### 1.1. Définition

La pile Daniell est un dispositif qui fait intervenir deux couples oxydants-réducteurs. On fait circuler les électrons d'un couple à l'autre par un circuit extérieur. Ce dispositif transforme l'énergie chimique en énergie électrique.

##### 1.2. Schéma du dispositif

Faisons intervenir deux couples redox :  $Cu^{2+}/Cu$  et

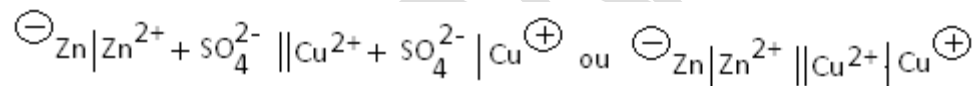
- Le pont de fonctionnement est imbibé d'un
- Si les concentrations des cations  $Cu^{2+}$  et  $Zn^{2+}$  est  $e = 1,10V$ .
- La borne (+) de la pile est la lame de cuivre et

##### 1.3. Interprétation

Lorsque la pile fonctionne, les réactions aux électrodes

- Électrode de zinc (borne négative) :  $Zn \rightleftharpoons$  électrons.
- Électrode de cuivre (borne positive) :  $Cu^{2+} +$

On peut représenter la pile Daniell par le symbole :



##### 1.5. La force électromotrice (f.é.m.)

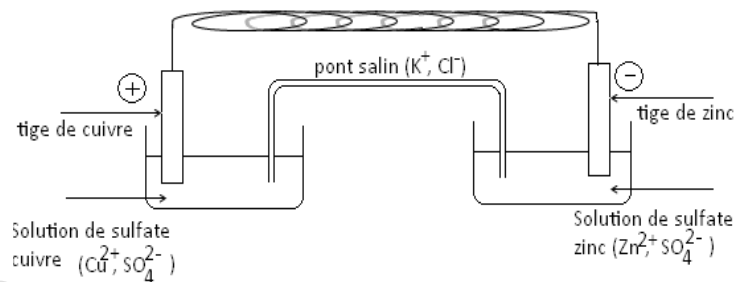
Le voltmètre numérique branché aux bornes de la pile Daniel indique une tension à vide de 1,10V appelée **force électromotrice (f.é.m.)**. On note :  $e_{Cu/Zn} = V_{Cu} - V_{Zn} = 1,10V$ .

**Exemple :**

$$e_{Cu/Pb} = V_{Cu} - V_{Pb} = 0,47V$$

$$e_{Zn/Pb} = V_{Zn} - V_{Pb} = 0,63V$$

#### 2- Notion de demi-pile



$Zn^{2+}/Zn$ .

électrolyte : il s'agit du chlorure de potassium (KCl).  
sont toutes égales à 1 mol/L, la f.é.m. de la pile réalisée

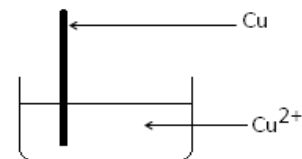
la borne (-) est la tige de zinc.

sont :

$Zn^{2+} + 2e^-$ . Le métal zinc est rongé et libère 2

$2e^- \rightleftharpoons Cu$ .

#### 1.4. Équation-bilan de la réaction : $Cu^{2+} + Zn \rightarrow Cu + Zn^{2+}$



# COURS 1ère C et D

La demi-pile est constituée d'un récipient dans lequel on plonge un métal dans une solution contenant son propre ion.

## IV- CLASSIFICATION QUANTITATIVE ÉLECTROCHIMIQUE DES MÉTAUX

### 1- Potentiel d'un couple oxydant-réducteur

On caractérise un couple oxydant – réducteur par un nombre qui mesurerait son pouvoir réducteur. Un tel nombre est appelé **potentiel du couple** et est noté :  $V_{M^{n+}/M}$ .

Par convention, le couple  $H_3O^+/H_2$  est pris comme référence d'où  $V_{H_3O^+/H_2} = 0V$ .

### 2- Principe de classification

Les mesures des f.é.m. des piles permettent de faire un classement quantitatif des piles couples oxydants – réducteurs. Ainsi au pôle (+), on a le métal le moins réducteur ( $M_1$ ) et au pôle (-) le métal le plus réducteur ( $M_2$ ). La f.é.m. de cette pile est notée :

$$E_{M_1/M_2} = V_{M_1^{n+}/M_1} - V_{M_2^{n+}/M_2}$$

En déterminant les polarités des différentes piles, on établit le classement suivant :

Couple ox/red	E°(V)
$F_2 / F^-$	2,87
$S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-}$	2,01
$H_2O_2 / H_2O$	1,77
$ClO / Cl^-$	1,71
$ClO^- / Cl_2$	1,63
$MnO_4^- / Mn^{2+}$	1,51
$Au^{3+} / Au$	1,50
$Ce^{4+} / Ce^{3+}$	1,45
$Cl_2 / Cl^-$	1,36
$Cr_2O_7^{2-} / Cr^{3+}$	1,33
$CrO_4^{2-} / Cr^{3+}$	1,33
$O_2 / H_2O$	1,23
$MnO_2 / Mn^{2+}$	1,21
$Br_2 / Br^-$	1,07
$Pt^{2+} / Pt$	1,00
$NO_3^- / NO$	0,96
$Hg^{2+} / Hg$	0,86
$Ag^+ / Ag$	0,80

## COURS 1ère C et D

---

$\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$	0,77
$\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}_2$	0,68
$\text{I}_2 / \text{I}^-$	0,54
$\text{Cu}^+ / \text{Cu}$	0,52
$\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$	0,34
$\text{HCHO} / \text{CH}_3\text{OH}$	0,19
$\text{CH}_3\text{CHO} / \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	0,19
$\text{SO}_4^{2-} / \text{SO}_2$	0,17
$\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}^+$	0,16
$\text{Sn}^{4+} / \text{Sn}^{2+}$	0,15
$\text{HCOOH} / \text{CH}_3\text{OH}$	0,12
$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} / \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	0,08
$\text{HCOOH} / \text{HCHO}$	0,06
$\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2$	0
$\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{CHO}$	-0,12
$\text{Pb}^{2+} / \text{Pb}$	-0,13
$\text{Sn}^{2+} / \text{Sn}$	-0,14
$\text{Ni}^{2+} / \text{Ni}$	-0,23
$\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$	-0,44
$\text{S} / \text{S}^{2-}$	-0,48
$\text{CO}_2 / \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	-0,49
$\text{Cr}^{3+} / \text{Cr}$	-0,74
$\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}$	-0,76
$\text{Al}^{3+} / \text{Al}$	-1,66
$\text{Mg}^{2+} / \text{Mg}$	-2,37
$\text{Na}^+ / \text{Na}$	-2,71
$\text{Ca}^{2+} / \text{Ca}$	-2,87
$\text{K}^+ / \text{K}$	-2,92
$\text{Li}^+ / \text{Li}$	-3,04

## **OBJECTIF GÉNÉRAL**

**OG7** : Analyser une réaction d'oxydoréduction.

## **TITRE DE LA LECON :**

**COUPLES OXYDORÉDUCTEURS EN SOLUTION AQUEUSE – DOSAGE**

## **OBJECTIF SPÉCIFIQUE :**

**OS 4** : Appliquer la notion d'oxydoréduction à quelques couples en solution aqueuse.

**DURÉE** : 3,5 heures

## **PLAN DE LA LECON**

### **I- ÉTUDE DES COUPLES OXYDORÉDUCTEURS EN SOLUTION AQUEUSE**

- 1- Réaction entre les couples  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  et  $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$
- 2- Réaction entre les couples  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$  et  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$

### **II- DOSAGE D'OXYDORÉDUCTION**

- 1- But
- 2- Principe
- 3- Dosage de l'ion  $\text{Fe}^{2+}$  par l'ion  $\text{MnO}_4^-$  ou dosage de  $\text{Fe}^{2+}$  par manganimétrie

## CHAPITRE 3 : COUPLES OXYDORÉDUCTEURS EN SOLUTION AQUEUSE – DOSAGE

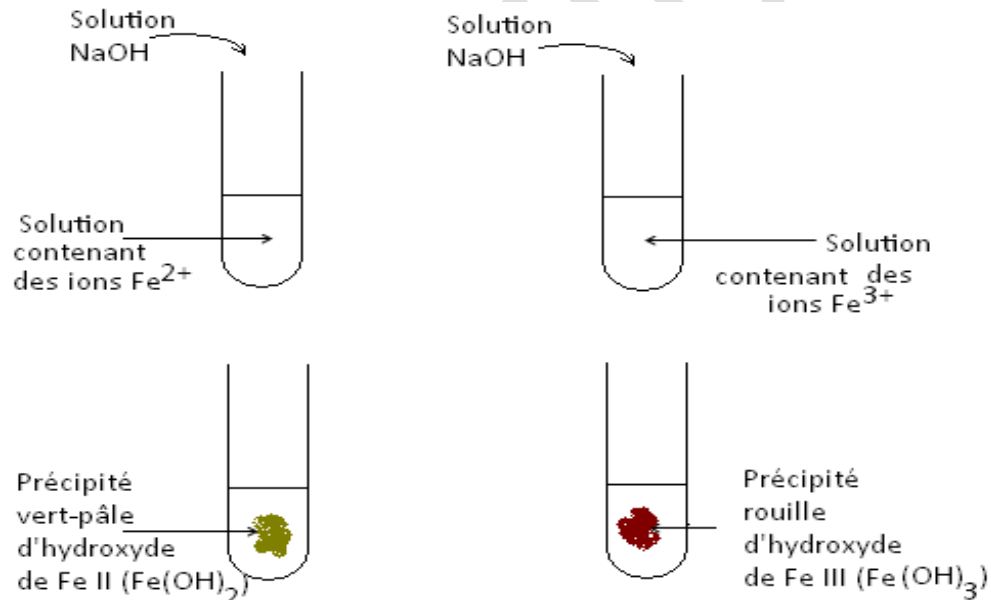
### I- ÉTUDE DES COUPLES OXYDORÉDUCTEURS EN SOLUTION AQUEUSE

#### 1- Réaction entre les couples $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ et $MnO_4^-/Mn^{2+}$

##### 1.1- Couples $Fe^{3+}/Fe^{2+}$

##### 1.1.1- Identification des ions $Fe^{3+}$ et $Fe^{2+}$

En solution aqueuse, les ions  $Fe^{3+}$  et  $Fe^{2+}$  diffèrent par leur couleur.



##### 1.1.2- Propriétés oxydantes de l'ion $Fe^{3+}$

# COURS 1ère C et D

- Les ions  $\text{Fe}^{3+}$  oxydent le métal cuivre pour donner les ions  $\text{Fe}^{2+}$  selon l'équation :  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$
- Les ions  $\text{Fe}^{3+}$  oxydent le métal fer pour donner les ions  $\text{Fe}^{2+}$  selon l'équation :  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} \rightarrow 3\text{Fe}^{2+}$

## 1.2- Couple $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$

- L'ion permanganate ( $\text{MnO}_4^-$ ) provient généralement de la dissolution du permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) qui est un solide sous forme de cristaux. On obtient une solution violette caractéristique de la présence des ions permanganates.
- En milieu basique, l'ion manganèse  $\text{Mn}^{2+}$  donne un précipité marron-clair d'hydroxyde de manganèse II ( $\text{Mn}(\text{OH})_2$ ).

## 1.3- Réaction entre les couples $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ et $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$

### 1.3.1- Expérience et observations

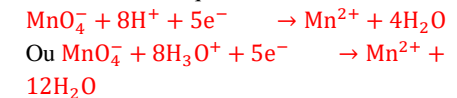
Les ions permanganates ( $\text{MnO}_4^-$ ) se décolorent (disparaissent) pour

donner des ions manganèse ( $\text{Mn}^{2+}$ ) incolores en solution.

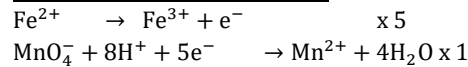
### 1.3.2- Interprétation

Les ions  $\text{Fe}^{2+}$  ont été oxydés en ions  $\text{Fe}^{3+}$  en cédant un électron selon la demi-équation :  $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + e^-$ .

La disparition de la couleur violette traduit la réaction entre les ions. Les ions  $\text{MnO}_4^-$  ont été réduits en ions  $\text{Mn}^{2+}$  en captant des électrons selon la demi-équation :



### Équation – bilan de la réaction



Couple  $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$  :  $E^0 = 1,21\text{V}$

Couple  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  :  $E^0 = 0,77\text{V}$

L'ion  $\text{MnO}_4^-$  réduit tous les réducteurs dont le potentiel standard est inférieur à 1,21V.

## 2- Réaction entre les couples $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$ et $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$

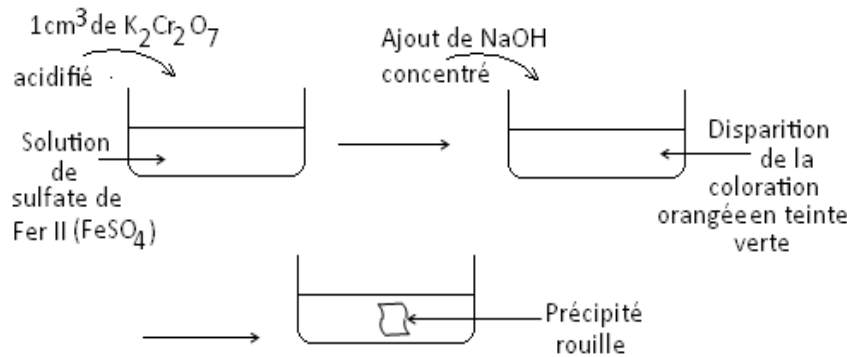
### 2.1- Identification des $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ et $\text{Cr}^{3+}$ en solution aqueuse

# COURS 1ère C et D

En solution aqueuse les ions dichromates ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) ont une couleur orange. Ils proviennent de la dissolution du dichromate de potassium ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). Tandis que les ions chrome III ( $\text{Cr}^{3+}$ ) ont une coloration verte.

## 2.2- Réaction entre les couples $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$ et $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$

### 2.2.1- Expérience et observations

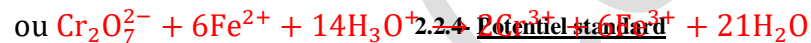
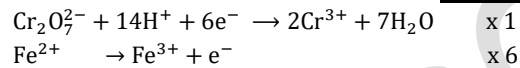


- La disparition  $\text{Cr}^{3+}$ . D'où la présence de la teinte verte selon la demi-équation :  
 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$  ou  
 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}_3\text{O}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 21\text{H}_2\text{O}$
- La présence du précipité rouille traduit la présence des ions  $\text{Fe}^{3+}$ . Les ions  $\text{Fe}^{2+}$  ont donc été oxydés ions  $\text{Fe}^{3+}$  selon la demi-équation :  
 $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ .

### 2.2.2- Interprétation

de la couleur orange traduit la transformation des ions  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  en ions

### 2.2.3- Équation – bilan de la réaction



Couple  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$  :  $E^0 = 1,33\text{V}$ .

L'ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  peut réduire tous les réducteurs dont le potentiel standard est inférieur à 1,33V.

## II- DOSAGE D'OXYDORÉDUCTION

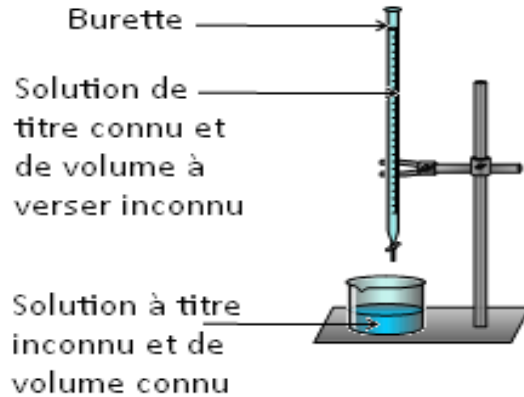
# COURS 1ère C et D

Doser une solution aqueuse contenant un corps A, c'est déterminer la quantité de matière de A dans la solution.

1- **But**

Déterminer la concentration molaire en espèce oxydante inconnue d'une solution oxydante ou en espèce réductrice d'une solution réductrice inconnue.

2- **Principe**

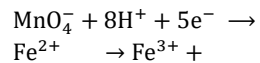
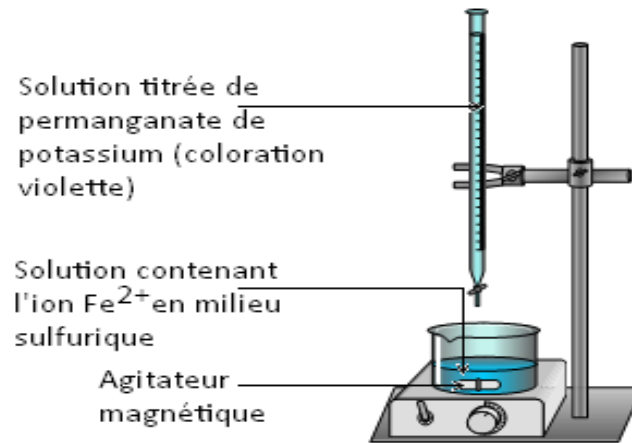


L'objectif est de déterminer d'équivalence.

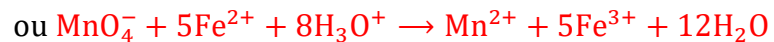
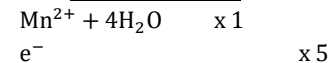
3- **Dosage de l'ion  $Fe^{2+}$  par l'ion  $MnO_4^-$  ou dosage de  $Fe^{2+}$  par manganimétrie**  
la valeur  $V_{ox.ég}$  du volume de permanganate de potassium ( $KMnO_4$ ) correspondant au point

3.1- **Expérience**

Ajoutons un volume  $V_{ox.}$  croissant de la solution de  $KMnO_4$  dans le bécher où se trouve un volume  $V_{red}$  de  $Fe^{2+}$  acidifié par l'acide sulfurique.



3.2- **Equation – bilan**



### 3.3- Point d'équivalence

À l'équivalence, les ions  $\text{Fe}^{2+}$  et  $\text{MnO}_4^-$  ayant été introduits en proportion stœchiométriques sont totalement consommés. Le bécher ne contient plus que des ions  $\text{Fe}^{3+}$  et  $\text{Mn}^{2+}$ . La solution est faiblement colorée en jaune par les ions  $\text{Fe}^{3+}$ .

### 3.4- Détermination de la concentration en ions $\text{Fe}^{2+}$

Le point d'équivalence d'un dosage redox est atteint quand la quantité de matière d'électrons que peut capter l'oxydant versé dans le bécher depuis le début du dosage est égale à la quantité de matière d'électrons que peut céder le réducteur initialement présent dans le bécher.

À l'équivalence, on a :

$$n_{\text{MnO}_4^-} = n_{\text{Fe}^{2+}}$$

$$n_{\text{ox}} \cdot C_{\text{ox}} \cdot V_{\text{ox.éq}} = n_{\text{réd}} \cdot C_{\text{réd}} \cdot V_{\text{réd}}. \text{ Avec } n = \text{nombre d'électrons captés ou cédés. Pour la réaction étudiée, on a : } n_{\text{ox}} = 5 \text{ et } n_{\text{réd}} = 1.$$

$$\Rightarrow 5C_{\text{ox}} \cdot V_{\text{ox.éq}} = 1 \cdot C_{\text{réd}} \cdot V_{\text{réd}} \text{ d'où } C_{\text{réd}} = \frac{5C_{\text{ox}} \cdot V_{\text{ox.éq}}}{V_{\text{réd}}}$$

## OBJECTIF GÉNÉRAL

**OG7** : Analyser une réaction d'oxydoréduction.

## TITRE DE LA LEÇON :

### **OXYDORÉDUCTION PAR VOIE SÈCHE**

## OBJECTIF SPÉCIFIQUE :

**OS5** : Expliquer l'oxydoréduction par voie sèche.

**DURÉE** : 3 heures

## PLAN DE LA LEÇON

### **I- COMBUSTION DU MAGNÉSIUM DANS LE DIOXYGÈNE**

- 1- Expérience et observations
- 2- Interprétation
- 3- Équation –bilan

4- Conclusion

## II- COMBUSTION DU MAGNÉSIUM PAR LE DICHLORE

1- Expérience et observations

2- Interprétation

3- Conclusion

## III- RÉACTION D'ALUMINOTHERMIE

1- Expérience

2- Observations

3- Interprétation

4- Conclusion

## IV- GÉNÉRALISATION DE LA NOTION DE NOMBRE D'OXYDATION

1- Définition

2- Nombre d'oxydation d'un corps pur simple

3- Nombre d'oxydation d'un ion monoatomique

4- Nombre d'oxydation d'un ion polyatomique

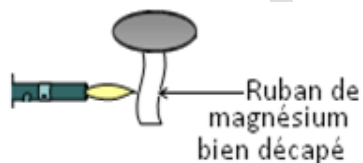
5- Utilisation des nombres d'oxydation

## CHAPITRE 4 :

## OXYDOREDUCTION PAR VOIE SECHE

### I- COMBUSTION DU MAGNÉSIUM DANS LE DIOXYGÈNE

#### 1- Expérience et observations



Fumée blanche abondante et très vive

Décaper : enlever les impuretés qui altèrent une surface

# COURS 1ère C et D

## 2- Interprétation

Le métal magnésium s'ionise en cation ( $Mg^{2+}$ ) en cédant ainsi 2 électrons : il y a oxydation du magnésium (Mg) selon la demi-équation :  $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$ .

La molécule de dioxygène  $O_2$  s'ionise en anion ( $O^{2-}$ ) en captant 2 électrons par atome : il y a réduction selon la demi-équation :  $O_2 \rightarrow O^{2-} + 2e^-$ .

## 3- Équation-bilan



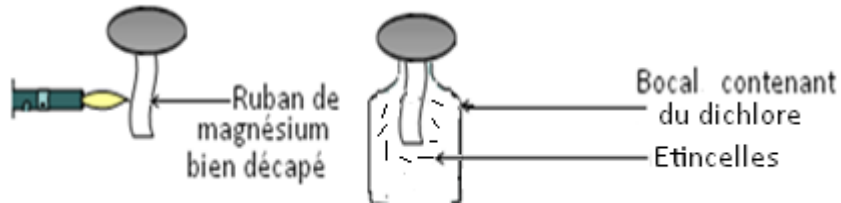
## 4- Conclusion

On obtient comme produit de l'oxyde de magnésium ( $MgO$ ) ou magnésie qui est un solide ionique dont la structure est semblable à celle du  $NaCl$ .

La lumière blanche très vive est mauvaise pour la rétine des yeux.

## II- COMBUSTION DU MAGNÉSIUM PAR LE DICHLORE

### 1- Expérience et observations



## 2- Interprétation

Au cours de la réaction, chaque atome de magnésium (Mg) cède 2 électrons selon la demi-équation :  $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$ .

Chaque molécule de dichlore ( $Cl_2$ ) s'ionise en ion chlorure ( $Cl^-$ ) selon la demi-équation :



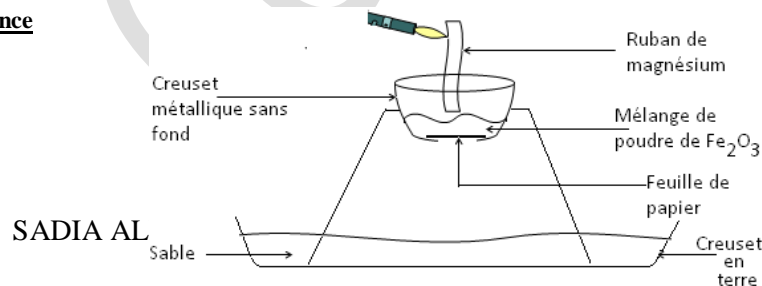
Equation-bilan :  $Mg + Cl_2 \rightarrow Mg^{2+} + 2Cl^-$

## 3- Conclusion

On obtient comme produit le chlorure de magnésium ( $MgCl_2$ ) qui est un composé ionique.

## III- RÉACTION D'ALUMINOTHERMIE

### 1- Expérience



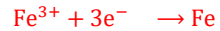
# COURS 1ère C et D

## 2- Observation

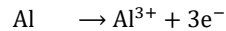
Une gerbe d'étincelles, accompagnée de fumée blanche d'oxyde d'aluminium, jaillit du creuset, tandis qu'une masse incandescente de métal s'écoule dans le bac de sable : il s'agit du magnésium.

## 3- Interprétation

Le fer III ( $\text{Fe}^{3+}$ ) s'est réduit en métal fer selon l'équation :



L'aluminium s'est oxydé en ion aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ) selon l'équation :



## Equation – bilan de la réaction



## 4- Conclusion

L'aluminothermie est une réaction d'oxydoréduction au cours de laquelle il y a transfert d'électrons entre l'aluminium et un oxyde métallique d'un élément réducteur autre que l'aluminium.

## IV- GÉNÉRALISATION DE LA NOTION DE NOMBRE D'OXYDATION

### 1- Définition

Le nombre d'oxydation (n.o) d'un élément dans une entité chimique quelconque est un nombre entier noté en chiffre romain.

### 2- Nombre d'oxydation d'un corps pur simple

Le nombre d'oxydation d'un corps pur simple est nul.

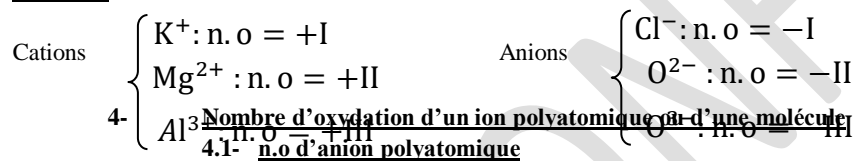
#### Exemple :

$\text{Cu}$  : n.o = 0 ;  $\text{O}_2$  : n.o = 0

### 3- Nombre d'oxydation d'un ion monoatomique

Le nombre d'oxydation d'un ion monoatomique est égal au nombre de charge de l'ion.

#### Exemple :



La somme des n.o de tous les éléments est égale à la charge de l'ion.

#### Exemple :

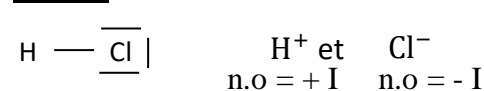
$\text{SO}_4^{2-}$  :  $\Sigma \text{n.o} = -II$

$\text{NO}_3^-$  :  $\Sigma \text{n.o} = -I$

### 4.2- n.o d'une molécule

La somme des n.o de tous les éléments est nulle.

#### Exemple :

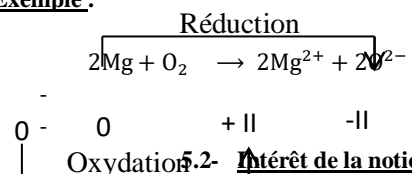


## 5- Utilisation des nombre d'oxydation

### 5.1.- Nouvelle définition de l'oxydation et de la réduction

- La réduction d'un élément chimique correspond à une diminution de son n.o.
- L'oxydation d'un élément chimique correspond à une augmentation de son n.o.

#### Exemple :



### 5.2- Intérêt de la notion de n.o

Le calcul des n.o d'un élément intervenant dans une réaction permet de voir s'il y a eu réduction ou oxydation de l'élément : c'est un moyen de déceler une réaction d'oxydoréduction.

## **OBJECTIF GÉNÉRAL**

**OG7** : Analyser une réaction d'oxydoréduction.

## **TITRE DE LA LEÇON :**

### **ÉLECTROLYSE**

## **OBJECTIF SPÉCIFIQUE :**

**OS6** : Interpréter le phénomène de l'électrolyse.

**DURÉE** : 3 heures

## **PLAN DE LA LEÇON**

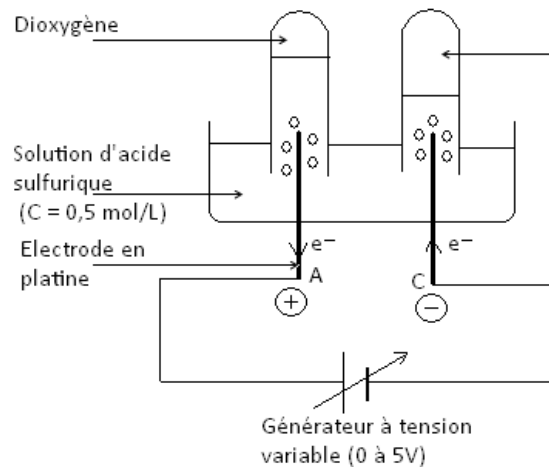
- I- ÉLECTROLYSE DE LA SOLUTION AQUEUSE D'ACIDE SULFURIQUE**
  - 1- Expérience
  - 2- Observation
  - 3- Interprétation
  - 4- Conclusion
- II- ÉLECTROLYSE DE LA SOLUTION AQUEUSE DE CHLORURE D'ETAIN**
  - 1- Expérience
  - 2- Observation
  - 3- Interprétation
  - 4- Conclusion
- III- ÉLECTROLYSE DE LA SOLUTION AQUEUSE DE CHLORURE DE SODIUM**
  - 1- Expérience
  - 2- Observation
  - 3- Interprétation
  - 4- Conclusion

IV- INTERET DE L'ÉLECTROLYSE DANS L'INDUSTRIE

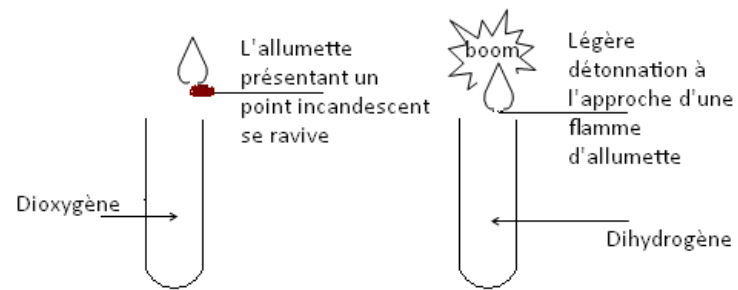
**CHAPITRE 5 : ÉLECTROLYSE**

I- ÉLECTROLYSE DE LA SOLUTION AQUEUSE D'ACIDE SULFURIQUE

1- Expérience



Identification des gaz



dite réduction cathodique selon l'équation :  $4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2$

Équation – bilan de la réaction

2- Observation

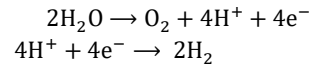
$U_{AC} < 2V$  : l'intensité du courant est très faible et aucun dégagement gazeux aux différentes électrodes.

$2V < U_{AC} \leq 5V$  : l'intensité du courant augmente et un dégagement gazeux se produit aux deux électrodes.

3- Interprétation

- À l'anode, on a une réaction d'oxydation appelée **oxydation anodique** selon l'équation :  $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$
- À la cathode, on a une réaction de réduction

# COURS 1ère C et D

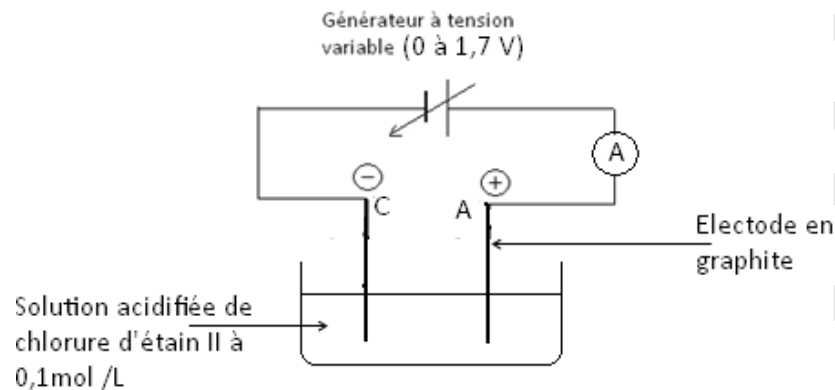


## 4- Conclusion $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2$

- L'électrolyse de la solution d'acide sulfurique semblable à celle de l'eau.
- Les couples mis en jeu sont :  $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{H}^+/\text{H}_2$  avec comme potentiel standard, on a :  $E_{(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O})}^0 = 1,23 \text{ V}$  et  $E_{(\text{H}^+/\text{H}_2)}^0 = 0\text{V}$ .
- L'électrolyse de l'acide sulfurique n'est pas une réaction d'oxydoréduction spontanée (elle ne se fait pas naturellement).
- Pour une réaction spontanée, on aurait comme équation – bilan :  
 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

## II- ÉLECTROLYSE DE LA SOLUTION AQUEUSE DE CHLORURE D'ÉTAIN

### 1- Expérience



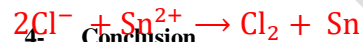
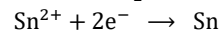
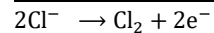
### 2- Observation

- $U < 1,4 \text{ V}$ ,  $I = 0$  et aucune réaction ne se produit aux différentes électrodes.
- $U > 1,4 \text{ V}$ ,  $I \neq 0$ , il y a formation de cristaux métalliques d'étain et on note un dégagement de dichlore ( $\text{Cl}_2$ ) qui décolore l'indigo.

### 3- Interprétation

- À l'anode, il se produit une réaction d'oxydation selon l'équation :  
 $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$
- À la cathode, il y a formation de métal étain selon l'équation :  
 $\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}$

### Équation – bilan de la réaction



### 4- Conclusion

L'électrolyse du chlorure d'étain II n'est pas une réaction spontanée ; elle forcée ou provoquée.

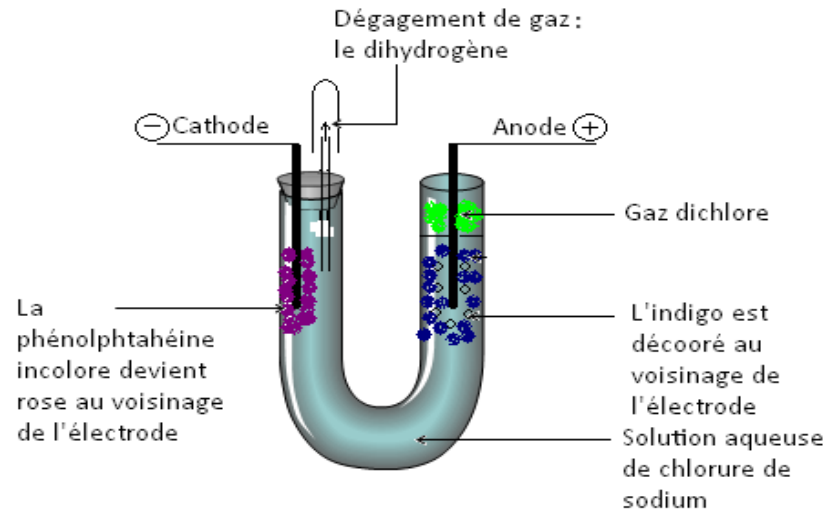
# COURS 1ère C et D

Potentiel standard des couples redox :

$$E_{(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn})}^{\circ} = -0,14 \text{ V} ; E_{(\text{Cl}_2/\text{Cl}^{-})}^{\circ} = 1,36 \text{ V}$$

## III- ÉLECTROLYSE DE LA SOLUTION AQUEUSE DE CHLORURE DE SODIUM

### 1- Expérience



### 2- Observation

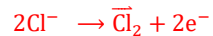
Pour  $U > 2 \text{ V}$  :

- Dégagement de dichlore
- Dégagement de dihydrogène ( $\text{H}_2$ ).
- L'ajout de quelques gouttes de phénolphthaléine vire au rose. Ce qui caractérise la présence des ions hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ).

( $\text{Cl}_2$ ) à l'anode ce qui décolore l'indigo.

### 3- Interprétation

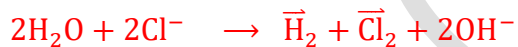
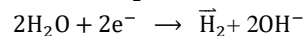
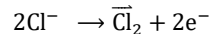
À l'anode, il y a oxydation des ions chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) en dichlore ( $\text{Cl}_2$ ) selon l'équation :



À la cathode, il y a réduction des molécules d'eau en dihydrogène ( $\text{H}_2$ ) selon l'équation :



Équation – bilan de la réaction :



### 4- Conclusion

L'électrolyse de la solution aqueuse de  $\text{NaCl}$  est très importante en industrie car elle permet de produire le dichlore, le dihydrogène et l'hydroxyde de sodium.

## IV- INTÉRÊT DE L'ÉLECTROLYSE DANS L'INDUSTRIE

## COURS 1ère C et D

---

Les électrolyses des solutions aqueuses permettent :

- La protection de certains métaux par galvanoplastie (application d'une couche métallique sur un métal).
- De purifier certains métaux précieux tels que l'or.

# OPTIQUE

## OBJECTIF GÉNÉRAL

**OG5** : Analyser la trajectoire d'un rayon lumineux.

## TITRE DE LA LEÇON :

### **INTRODUCTION À L'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE**

## OBJECTIF SPÉCIFIQUE :

**OS1** : Connaître quelques définitions en optique géométrique.

**DURÉE** : 2 heures

## PLAN DE LA LEÇON

- I- SOURCES ET RÉCEPTEURS DE LUMIÈRE**
  - 1- Sources de lumière
  - 2- Récepteurs de lumière
  
- II- PROPAGATION DE LA LUMIÈRE**
  - 1- Rayons lumineux
  - 2- Faisceaux lumineux
  
- III- MILIEU ET DE MODE PROPAGATION DE LA LUMIÈRE**
  - 1- Milieu de propagation de la lumière
  - 2- Mode de propagation de la lumière
  
- IV- MODÈLE ONDULATOIRE DE LA LUMIÈRE**

- 1- Célérité de la lumière
- 2- Fréquence et longueur d'onde dans le vide
- 3- Lumière monochromatique

## CHAPITRE 1: INTRODUCTION A L'OPTIQUE GEOMETRIQUE

### I- SOURCES ET RÉCEPTEURS DE LUMIÈRE

#### 1- Sources de lumière

Les objets qui émettent de la lumière sont des sources de lumière ou émetteurs lumineux. On en distingue deux sortes :

##### 1.1- Sources primaires

- **Sources primaires naturelles** : Ce sont des objets qui produisent de la lumière.  
**Exemple** : les étoiles, le soleil et les combustions vives (feux).
- **Sources primaires artificielles** : les lampes à incandescence, les tubes fluorescents (ou néons), les lampes à décharge, les lasers...

##### 1.2- Sources secondaires

Ce sont des objets qui diffusent la lumière qu'ils reçoivent d'une source primaire.

##### 1.3- Sources ponctuelles et sources étendues

Une source est dite ponctuelle si ses dimensions sont très faibles par rapport à la distance de la source à l'observateur.  
Dans le cas contraire, on parle de source étendue.

#### 2- Récepteurs de lumière

Les organes ou objets qui sont très sensibles à la lumière, sont des récepteurs lumineux.

**Définition** : un récepteur est un corps dont certaines propriétés varient quand la lumière le frappe.

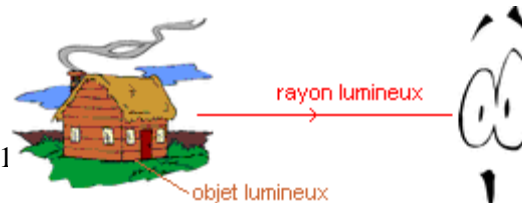
**Exemple** : l'œil, les photopiles...

### II- PROPAGATION DE LA LUMIÈRE

#### 1- Rayons lumineux

Tout objet qui est visible par l'œil émet de la lumière. C'est un **objet lumineux**.

**Définition** : On appelle **rayon lumineux** le trajet suivi par la lumière depuis un point



d'un objet lumineux.

# COURS 1ère C et D

**Propriété:** Dans un milieu homogène, la lumière se propage en ligne droite (les rayons lumineux sont donc des droites).

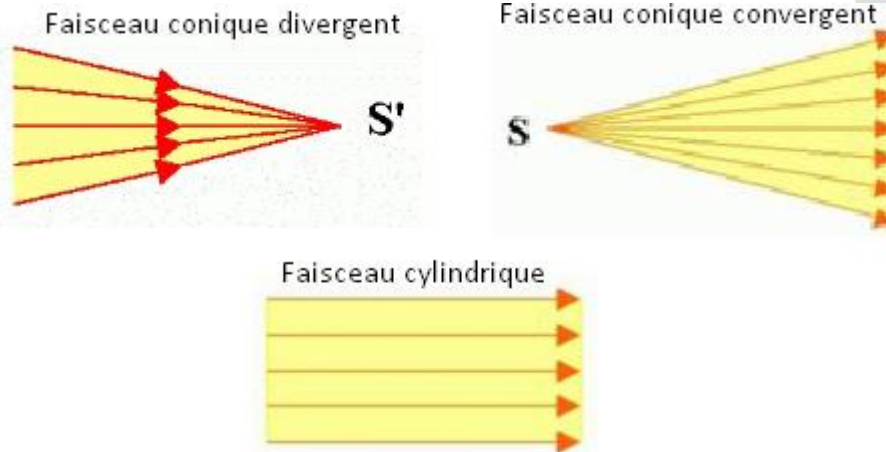
**Remarque:** Un rayon lumineux n'a pas d'existence matérielle (il n'est pas visible). On peut le matérialiser en plaçant des particules diffusant la lumière sur son trajet.



## 2- Faisceaux lumineux

Un faisceau lumineux est un ensemble de rayons lumineux. On peut avoir :

- Un faisceau conique convergent si la lumière se dirige vers un point.
- Un faisceau conique divergent si la lumière provient d'un point.
- Un faisceau cylindrique (ou parallèle) si les rayons sont parallèles ; le point est alors à l'infini.



## III- MILIEU ET DE MODE PROPAGATION DE LA LUMIÈRE

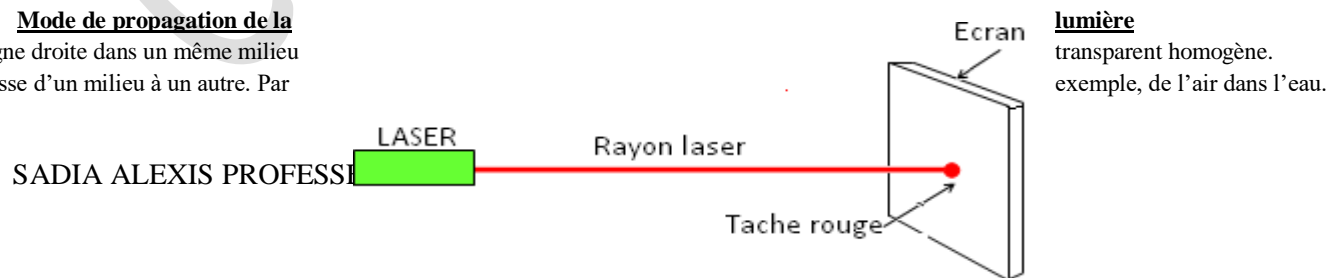
### 1- Milieu de propagation de la lumière

La lumière se propage dans le vide, dans l'air, dans l'eau, etc. La vitesse de propagation dépend du milieu traversé. Dans le vide, elle est de  $3 \cdot 10^8$  m/s. Elle est plus faible dans les autres milieux.

- Les substances qui se laissent parfaitement traverser par la lumière sont dites **transparentes**.
- Les substances qui arrêtent la lumière sont dites **opaques**.
- Certaines substances, comme le papier huilé, le verre dépoli, la porcelaine mince, laissent filtrer la lumière sans permettre à l'œil d'identifier l'objet lumineux qui l'émet. On dit qu'ils sont **translucides**.

### 2- Mode de propagation de la

La lumière se propage en ligne droite dans un même milieu  
Ceci n'est pas vrai si elle passe d'un milieu à un autre. Par



## **IV- MODÈLE ONDULATOIRE DE LA LUMIÈRE**

La lumière est un ensemble d'ondes électromagnétiques auxquelles l'œil humain est sensible, elles sont appelées **ondes lumineuses**.

### **1- Célérité de la lumière**

C'est la vitesse à laquelle se propage la lumière. Elle est notée  $C$  et exprime en m/s.

Dans le vide  $C = 3.10^8$ m/s et dans l'eau  $V_{\text{eau}} = 2,26.10^8$ m/s.

### **2- Fréquence et longueur d'onde dans le vide**

Chaque onde lumineuse est caractérisée par sa fréquence  $\nu$  (ou période  $T$ ) et sa longueur d'onde  $\lambda$ , dans le vide telle que :  $\lambda_0 = C. T = \frac{C}{\nu}$ .

### **3- Lumière monochromatique**

C'est une lumière composée d'une seule couleur. Dans un milieu donné sa longueur d'onde est telle que :  $\lambda = \frac{V}{\nu}$ . Avec  $V$  = célérité de l'onde dans un milieu considéré.

## **OBJECTIF GÉNÉRAL**

**OG5** : Analyser la trajectoire d'un rayon lumineux.

## **TITRE DE LA LEÇON :**

### **REFLEXION, REFRACTION DE LA LUMIERE BLANCHE**

## **OBJECTIF SPÉCIFIQUE :**

**OS2** : Appliquer les lois de la réflexion.

**OS3** : Appliquer les lois de la réfraction.

**DURÉE** : 2 heures

## **PLAN DE LA LEÇON**

## **CHAPITRE 2 : REFLEXION, REFRACTION DE LA LUMIERE BLANCHE**

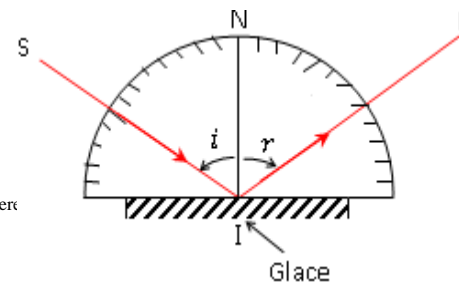
### **a. REFLEXION DE LA LUMIERE BLANCHE**

#### **1- Généralités**

##### **1.1- Expérience**

Le dispositif est constitué d'un demi-cercle gradué, d'une source de lumière et d'une glace dont la surface est plane et polie, sur laquelle on envoie la lumière.

##### **1.2- Observations**



glace dont la surface est plane et polie, sur laquelle on

## COURS 1ère C et D

---

La lumière (SI) envoyée sur la glace est renvoyée dans une direction (IR) différente de celle d'arrivée.

### 1.3- Conclusion

Ce phénomène de renvoi de la lumière sur une surface plane et polie dans une direction privilégiée s'appelle **réflexion de la lumière**.

### 2- Définitions

- SI est le **rayon incident** ; IR est le **rayon réfléchi** et IN la **normale** à la surface réfléchissante.
- L'angle  $i$  formé entre SI et IN est l'**angle d'incidence** et l'angle  $r$  formé entre IN et IR est l'**angle de réflexion**.
- Le plan formé par le rayon incident SI et la normale IN est le **plan d'incidence**.

### 3- Les lois de la réflexion

Les lois de la réflexion de la lumière sont aussi appelées lois de DESCARTES et sont les suivantes :

- ❖ Le rayon réfléchi est contenu dans le plan d'incidence.
- ❖ L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion :  $i = r$ .

#### b. MIROIR PLAN

#### c. REFRACTION DE LA LUMIÈRE BLANCHE