

**M.DIAGNE Professeur de sciences physiques au lycée de Kounoune**

# PHYSIQUE

# PRODUCTION, TRANSPORT, UTILISATION DE L'ÉNERGIE

## I – PRODUCTION DE L'ÉNERGIE

### 1. Rappels

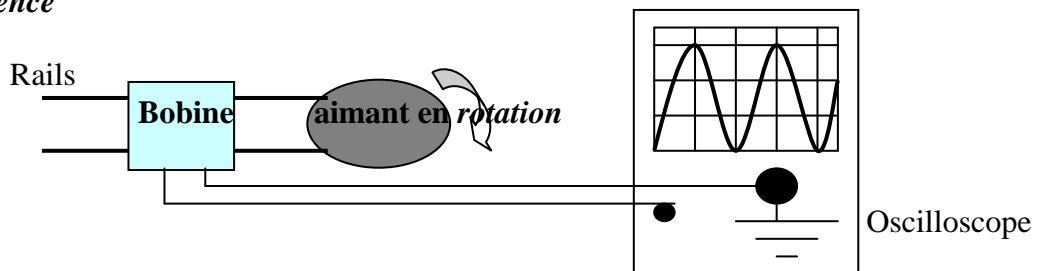
Il existe plusieurs types d'énergie : l'énergie mécanique : (musculaire, éolienne, hydraulique), l'énergie électrique, l'énergie rayonnante, l'énergie nucléaire, l'énergie thermique ou calorifique, l'énergie chimique etc. Ces différentes énergies peuvent se transformer mutuellement : de l'énergie mécanique en énergie électrique (cas des barrages hydroélectriques ou des alternateurs), de l'énergie thermique en énergie mécanique (cas des turbines) de l'énergie électrique en énergie calorifique (cas des réchauds électriques ou des fers à repasser) etc.

### 2. Définition

Un corps possède de l'énergie s'il est capable de produire un travail et un corps effectue un travail s'il y a déplacement de son point d'application. Energie et travail sont deux concepts équivalents qui s'expriment par la même unité dans le système international: le joule. D'autres unités sont aussi utilisées : le kilojoule (kJ), le wattheure (Wh), le kilowattheure (kWh) etc.

### 3. L'alternateur

#### *a. Expérience*



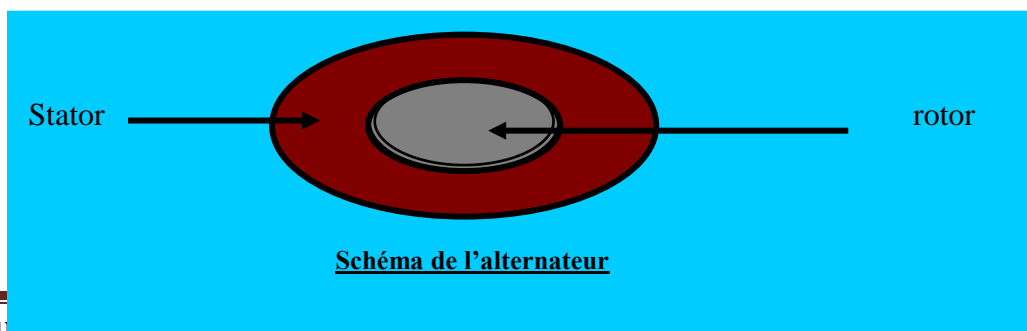
Lorsque l'aimant tourne, il apparaît sur l'écran de l'oscilloscope une sinusoïde qui témoigne de la création d'une tension induite ou d'un courant induit alternatif. Si à la place de l'oscilloscope on avait un microampèremètre à zéro central, on constate un mouvement de va et vient de l'aiguille autour de 0.

#### *b. Description*

L'alternateur est un appareil qui convertie grâce à un phénomène d'induction de l'énergie mécanique en énergie électrique. Toutes les grandeurs électriques induites (courant, force électromotrice ( f.e.m), quantité d'électricité) sont alternatives sinusoïdales. Elles naissent et disparaissent avec la cause qui leur a donné naissance.

L'alternateur est constitué d'une partie centrale mobile appelée rotor et d'une partie périphérique fixe appelée stator.

Le dispositif inducteur est constitué par l'aimant en mouvement (le rotor) et le dispositif induit est la bobine ou le circuit (le stator) aux bornes duquel on recueille le courant.



## 4. Puissance électrique

### a. Puissance moyenne

Les grandeurs électriques utilisées sont alternatives sinusoïdales :  $u(t) = U_m \cos \omega t$  et  $i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi)$ .

La puissance électrique moyenne  $P_m$  est proportionnelle au produit de la tension efficace  $U$  et de l'intensité efficace  $I$ . Le coefficient de proportionnalité  $k$  est appelé facteur de puissance.

De plus, on montre que :  $k = \cos \varphi$  ;  $\varphi$  représente le déphasage entre la tension et l'intensité.

$$U_m = U\sqrt{2}$$

$$P_m = kUI \quad ; \quad I_m = I\sqrt{2}$$

$P_m$  s'exprime en watt (W) dans le système international on utilise aussi souvent le kilowatt (kW) comme un de ses multiples.  $1\text{kW} = 1000\text{W}$ .

$U$  et  $I$  sont directement accessibles grâce aux voltmètres et aux ampèremètres,  $U_m$  et  $I_m$  sont les amplitudes maximales de la tension et de l'intensité respectivement.

### b. La puissance apparente

La puissance apparente  $P_a$  est telle que  $P_a = UI$ . Elle s'exprime en voltampère (V.A.).

### Exercice d'application

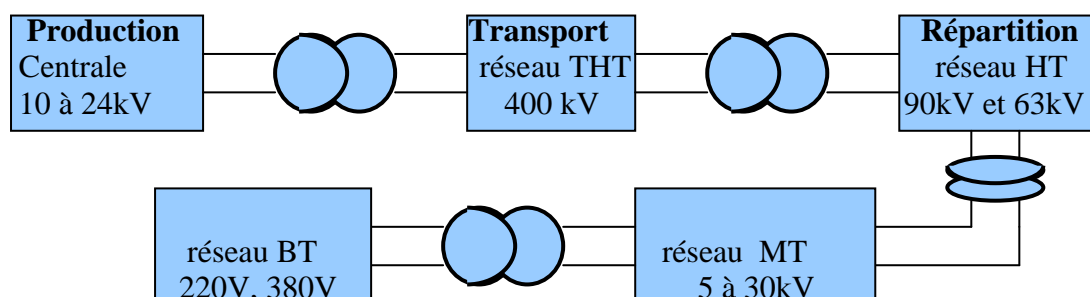
Calcul de  $U$  et  $I$  par des mesures faites à l'aide d'un ampèremètre ou d'un voltmètre et par suite de la puissance connaissant le facteur de puissance.

## II – TRANSPORT DE L'ENERGIE

### 1. Principe du transport de l'énergie

Des lieux de production (centrales thermique, hydroélectrique, nucléaire etc.) aux consommateurs, le courant est transporté à travers des lignes électriques. On distingue les lignes très haute tension (THT), haute tension (HT), moyenne tension (MT) et basse tension (BT).

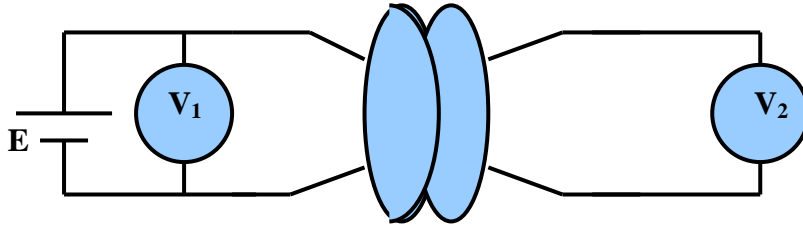
Pour éviter les nombreuses pertes d'énergie en ligne par effet joule (élévation de température lorsqu'un conducteur est parcouru par un courant), on transporte le courant sous haute tension doublé d'un bon facteur de puissance. Pour ne pas léser les consommateurs, on conseille aux sociétés industrielles d'utiliser un facteur de puissance supérieur ou égal à 0,86. Ce réseau haute tension est relié au reste du réseau par des postes comportant des disjoncteurs, des sectionneurs et des transformateurs selon le schéma suivant.



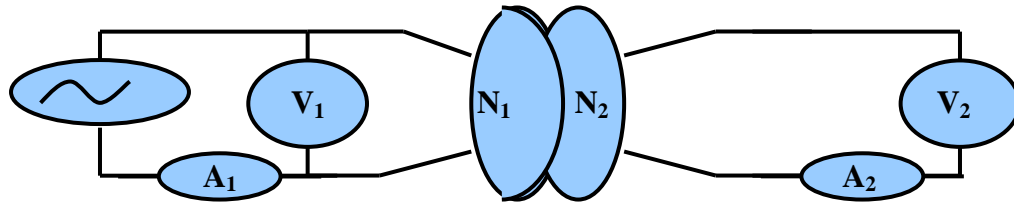
### 2. Le transformateur

#### a. Expériences

- *Action d'un transformateur sur une tension continue*



- *Action d'un transformateur sur une tension alternative sinusoïdale*



### **b. Observations**

Le voltmètre  $V_2$  n'indique aucune tension  $U_2$  si la tension  $U_1$  est continue, ce qui n'est pas le cas si celle-ci est alternative.

Un transformateur est sans action sur une tension continue, il n'agit que sur une tension variable.

### **c. Description et exploitation**

Un transformateur est constitué d'une carcasse métallique feuilletée de section constante sur laquelle sont enfilées deux bobines distinctes. La bobine à laquelle on applique une tension sinusoïdale s'appelle « primaire » tandis que l'autre est « secondaire ».

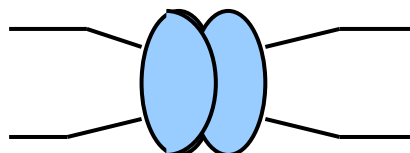
Si  $N_1$  est le nombre de spires du primaire et  $N_2$  celui du secondaire, la mesure des tensions efficaces au primaire  $U_1$  et au secondaire  $U_2$  montre que :  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ .

Si le transformateur est parfait (cas général), c'est-à-dire qu'il n'y a pas eu perte d'énergie au cours de la transformation alors  $P_{m1} = P_{m2}$  entraîne que  $U_1 I_1 = U_2 I_2$

$$\text{D'où } \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Le rapport de transformation  $m$  est tel que :  $m = \frac{U_2}{U_1}$

Un transformateur peut servir d'abaisseur de tension ( $U_2 < U_1$ ) ou d'élévateur de tension ( $U_2 > U_1$ ) comme dans le cas des tubes néon, des postes téléviseurs, des oscilloscopes etc.



**Symbole d'un transformateur**

## **III- UTILISATION DOMESTIQUE**

### **1. Installation et facturation**

Le secteur est monophasé et entre les fils de lignes c'est-à-dire entre les fils de distribution (fil de phase et fil de neutre) est maintenue une tension efficace de 220V.

Dans une installation domestique on distingue les éléments suivants :

- Un compteur électrique qui mesure en kilowattheures (kWh) la consommation totale d'énergie E en vue d'une facturation.

L'énergie électrique E consommée pendant la durée t a pour expression :

$$E = P_m \cdot t = P_a \cdot k \cdot t.$$

- Un disjoncteur qui est un interrupteur général automatique.
- Des câbles électriques de grosseurs différentes liées à la puissance des appareils branchés dans le circuit. Chaque appareil est monté en dérivation directement ou par l'intermédiaire d'une prise de courant sur les fils de distribution.

## **2. Dangers du courant électrique**

Le courant du secteur est toujours dangereux. Les risques encourus vont de simples brûlures à l'électrocution. On considère que le courant est dangereux si son intensité atteint 20mA ou sa tension 12V si le corps est dans l'eau, 24V dans un local humide et 50V dans un local sec.

## **IV- LES CENTRALES ELECTRIQUES**

Il en existe de plusieurs types en fonction du mode de production initial de l'énergie.

### **1. Les centrales thermiques ou calorifiques**

Elles convertissent de l'énergie calorifique obtenue par réaction de combustion d'un combustible tel que le charbon, la coque d'arachide, le fioul, le pétrole ou le gaz en énergie électrique.

### **2. Les centrales hydroélectriques**

Elles convertissent de l'énergie potentielle d'une réserve d'eau (par le biais d'un barrage) en énergie électrique.

### **3. Les centrales nucléaires**

Elles convertissent l'énergie calorifique obtenue par réaction nucléaire (fission de noyaux d'uranium ou de plutonium) en énergie électrique.

## PRODUCTION , TRANSPORT , UTILISATION DE L'ENERGIE

### Exercice 1 :

Compléter les phrases suivantes :

- 1) L'énergie cinétique d'un corps de masse  $m$  se déplaçant à la vitesse  $v$  est  $E_c = \dots\dots\dots$
- 2) L'énergie potentielle de pesanteur d'un corps de masse  $m$  et situé à l'altitude  $z$  est  $E_p = \dots\dots\dots$
- 3) L'unité d'énergie est le .....de symbole.....
- 4) L'énergie électrique consommée par un appareil est donnée par la relation  $E = \dots\dots\dots$
- 5) L'énergie électrique est souvent exprimée en wattheure, donner l'équivalent du wattheure en joule.  $1 \text{ KWh} = \dots\dots\dots \text{J}$
- 6) L'énergie ne peut être ni .....ni.....; elle ne peut qu'être .....d'une forme à une autre.
- 7) On appelle rendement d'un dispositif de transformation d'énergie, le .....de l'énergie qu'il .....par l'énergie qui lui a été .....dans le même temps.
- 8) Un rendement est toujours .....à .....et s'exprime sans.....par un nombre..... ou un .....
- 9- Un aimant en mouvement devant une bobine dont les bornes sont reliées à un milliampèremètre provoque le passage d'un courant électrique. Ce phénomène est appelé.....et le courant mis en évidence est appelé .....
- 10-Un alternateur est un générateur de .....alternatif. Il transforme de l'énergie.....en énergie .....
- 11-On trouve dans l'alternateur une partie fixe appelée .....et une partie mobile appelée..... Dans une centrale électrique, l'énergie .....est convertie en énergie.....grâce à une..... qu'entraîne elle-même un.....
- 12-A la sortie d'une .....on élève la tension. Afin de limiter les .....par effet ..... ; l'énergie électrique est.....par des lignes de.....
- 13-Le phénomène d'.....électromagnétique est à l'origine du fonctionnement des.....et des..... Un alternateur convertit de l'énergie .....en énergie.....

### Exercice 2:

Le primaire d'un transformateur  $T$  intégré dans un poste à souder à l'arc comporte 2000 spires. Il est alimenté sous une tension efficace  $U=230\text{V}$ . Le rapport de transformation est  $m=0,01$ .

- 1) Déterminer le nombre de spires du secondaire.
- 2) Calculer la valeur efficace de la tension obtenue aux bornes du secondaire.
- 3) Le primaire du transformateur  $T$  est parcouru par un courant d'intensité efficace  $I=2,5\text{A}$ . Calculer l'intensité efficace du courant obtenu au secondaire.
- 4) On admet que le transformateur  $T$  est parfait.
  - a) Indiquer ce qui caractérise un transformateur parfait.
  - b) Calculer la puissance apparente du transformateur  $T$ .

### Exercice 3:

Un transformateur comporte deux bobines : l'une de 10000 spires, l'autre de 200 spires.

- 1) Quel est le primaire si on désire élever une tension ? Si on impose au primaire une tension de 100V, quelle est celle obtenue aux bornes du secondaire ?
- 2) Sur le primaire de ce transformateur on branche une tension continue de 12 V. Calculer la tension correspondant au circuit secondaire ?

### Exercice 4:

Le transformateur abaisseur est monophasé 230V / 30V. Sa puissance apparente nominale est  $P_a = 8,0 \text{ KVA}$ .

- 1) Déterminer les intensités  $I_1$  au primaire et  $I_2$  au secondaire.
- 2) Calculer le rapport de transformation  $m$ .
- 3) La mesure de la puissance électrique au primaire indique  $P_1 = 7,0 \text{ kW}$  quand le transformateur absorbe son courant  $I_1$ .
  - a) Calculer le facteur de puissance  $k_1$ .
  - b) On a mesuré les pertes du transformateur  $P_j=300\text{W}$ .
    - i) Calculer la puissance électrique  $P_2$  délivrée au secondaire.
    - ii) Calculer le rendement  $\eta$  du transformateur.

**Exercice5. Facturation: Exercice: Bac 2010**

- 1) Après production au niveau de la centrale, l'électricité fournie par la Société nationale d'électricité du Sénégal « Sénélec » est transportée à haute tension sur de très longues distances par des câbles mais elle est utilisée à domestique à basse tension.
  - a) Expliquer pourquoi le courant électrique est transporté à haute tension de la centrale de production vers les utilisateurs.
  - b) Utilise-t-on un transformateur abaisseur de tension ou élévateur de tension au sortir de la centrale électrique?
- 2) La facture d'électricité délivrée par la Senelec est calculée sur la base de la quantité d'énergie électrique consommée par l'utilisateur et mesurée par le compteur électrique.

A titre d'exemple, la facture d'électricité d'un « goorgoorlu » se présente comme suit :

Tranche	Consommation (kWh)	Tarif (CFA/kWh)	Montant
1 <sup>er</sup> tranche	160	106,4	
2 <sup>e</sup> tranche	106	114,2	
3 <sup>e</sup> tranche	96	117,3	
total			

- a) Sur la facture, l'énergie électrique consommée est exprimée en kWh.
  - Rappeler le nom et le symbole de l'unité d'énergie dans le Système International (SI)
  - Convertir 1 kWh en unité SI.
- b) Quelle est la consommation totale du « goorgoorlu » en kWh et quel est le montant en C.F.A qu'il doit, hors taxe ? Recopier le tableau et y reporter les valeurs trouvées.
- c) Ce goorgoorlu doit en outre payer une taxe communale qui s'élève à 2,5 % du montant hors taxe, une redevance qui s'élève à 920 F et la taxe sur la valeur ajoutée (T.V.A) dont le montant est 18 % hors taxe. Calculer la somme nette que ce « goorgoorlu » doit à la Senelec.

# ENERGIE NUCLEAIRE : réactions spontanées, fusion et fission

## I – LE NOYAU ATOMIQUE

La densité de la matière nucléaire est  $10^{11}$  à  $10^{16}$  fois celle des matières condensées (liquides et solides). La matière est lacunaire c'est-à-dire que toute la masse de l'atome est concentrée à son noyau. De façon imagée  $1\text{cm}^3$  de matière nucléaire aurait une masse de l'ordre de grandeur d'un million de tonnes.

### 1. Composition d'un noyau

Le noyau d'un atome est constitué d'un assemblage de particules élémentaires appelées nucléons. Parmi elles on a les protons qui sont chargés positivement et les neutrons qui sont électriquement neutres. Leurs charges respectives sont  $1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$  et 0.

### 2. Représentations symboliques

Le noyau d'un atome d'un élément X est représenté par  ${}^A_ZX$  où  $A = N + Z$  est appelé le nombre de masse, Z le numéro atomique ou nombre de protons ou nombre de charges et N le nombre de neutrons.

Exemples :  ${}^{17}_8\text{O}$  ;  ${}^{13}_6\text{C}$ ...

Le symbole d'un proton est  ${}^1_1p$  et celui d'un neutron  ${}^1_0n$ .

### 3. Isotopie

Un nucléide regroupe un ensemble d'atomes ou d'ions possédant des noyaux identiques : même nombre de protons et même nombre de neutrons.

Exemple : L'atome d'hélium 4 et les ions  ${}^4_2\text{He}^+$  et  ${}^4_2\text{He}^{2+}$  sont des représentations de ce nucléide.

Plusieurs nucléides sont isotopes s'ils ont même numéro atomique (Z) mais des nombres de masse (A) ou de neutrons (N) différents.

Exemples :  ${}^{16}_8\text{O}$  ;  ${}^{17}_8\text{O}$  ;  ${}^{18}_8\text{O}$ .

Tous les éléments présentent le phénomène d'isotopie naturelle ou artificielle.

### 4. L'unité de masse atomique (u)

L'unité de masse atomique u est définie comme la douzième partie de la masse d'un atome de carbone 12.

$$1u = \frac{1}{12} g = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{kg}.$$

La masse d'un nucléon est voisine de l'unité de masse atomique u.

## II - EQUIVALENCE MASSE-ENERGIE

### 1. Relation d'EINSTEIN

Dans sa théorie de la relativité restreinte, Einstein a montré que toute particule de masse m possède, au repos, une énergie  $E_0$  appelée énergie de masse d'expression :

$$E_0 = mC^2 \Rightarrow m = E_0 / C^2$$



Cette dernière expression fait apparaître une nouvelle unité de masse : le MeV/C<sup>2</sup> définie telle que  $1u = 931,5 \text{ MeV}/C^2$

De même toute particule en mouvement possède une énergie E d'expression  $E = mC^2 + Ec$ .

## 2. Stabilité d'un noyau

### a. Défaut de masse d'un nucléide

On appelle défaut de masse  $\Delta m$  d'un noyau, la différence entre la masse des nucléons, séparés au repos, et de la masse du noyau au repos. Pour un nucléide  ${}^A_ZX$  on a :

$$\begin{aligned}\Delta m &= [Zm_p + (A - Z)m_n] - m({}^A_ZX) \\ \Delta m &= [ZM({}^1_1H) + (A - Z)m_n] - M({}^A_ZX)\end{aligned}$$

### b. Energie de liaison $E_L$

Le défaut de masse  $\Delta m$  est l'équivalent d'une énergie appelée énergie de cohésion d'un noyau ou énergie de liaison  $E_L$  des nucléons dans un noyau.

$$E_L = \Delta m C^2$$

$E_L$  est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau au repos pour le dissocier en nucléons isolés et immobiles.

### c. Critère de stabilité d'un noyau

Un noyau est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucléon  $E_L/A$  est grande.

On admet que si  $E_L/A > 8 \text{ MeV}$ , on a un noyau stable.

Les noyaux instables ont tendance soit à évoluer vers un état énergétique stable par désintégration spontanée soit par fusion nucléaire pour les légers soit par fission nucléaire pour les lourds.

La courbe d'Aston ( $E_L/A = f(A)$ ) pour différents noyaux montre que pour la majorité des nucléides  $E_L/A$  est de l'ordre de 8 MeV.

- La courbe d'Aston présente un maximum très aplati pour  $50 < A < 75$ . Dans cette zone nous trouvons les noyaux les plus stables avec  $E_L/A \approx 8,7 \text{ MeV}$ , l'énergie de liaison par nucléon est alors maximale.
- Les nucléides les moins stables sont tels que  $A > 100$  ; il s'agit des nucléides lourds. Cependant il existe des noyaux légers instables.

Cette catégorisation des nucléides à partir de la courbe d'Aston permet d'entrevoir la possibilité de réactions de fusion et de fission nucléaires.

## II – LA RADIOACTIVITE

C'est en 1896 que le Physicien français Henri BECQUEREL (1852 – 1908) constate que des sels d'uranium entreposés dans un tiroir fermé impressionnent des plaques photographiques placées aux voisinages. Il en déduit que ces sels produisent un rayonnement et découvre alors la radioactivité.

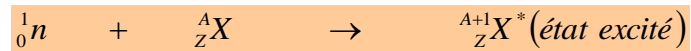
Actuellement la radioactivité est une source d'énergie via les centrales nucléaires, un moyen thérapeutiques dans le traitement de certaines maladies mais aussi une menace sérieuse de l'environnement à cause des déchets nucléaires, des fuites éventuelles des bombes etc...

### 1. Définition

La radioactivité naturelle est la désintégration spontanée et inéluctable de certains noyaux instables appelés radio nucléides indépendamment des conditions externes (température, pression, liaison inter atomique...)

Un nucléide manifeste une radioactivité naturelle lorsque le rapport  $\frac{A-Z}{Z} \geq 1,5$ .

La radioactivité artificielle (découverte par Irène et Frédéric Jolio CURIE (1934)) est la désintégration spontanée d'un nucléide produit d'une réaction nucléaire provoquée par exemple par capture n.



## 2. Loi d'évolution

Soit A un noyau radioactif qui se désintègre pour donner un noyau B stable. L'expérience montre que la vitesse de désintégration est proportionnelle au nombre d'atomes radioactifs N à l'instant considéré. Comme ce nombre diminue on a le signe (-).

D'où  $dN / dt = -\lambda N$  c'est-à-dire  $dN / N = -\lambda dt$

En définitif :  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

$\lambda$  est un coefficient de proportionnalité appelée constante de désintégration radioactive et  $N_0$  le nombre de radionucléides à l'instant initial.

## 3. La période radioactive T ou temps de demi - vie

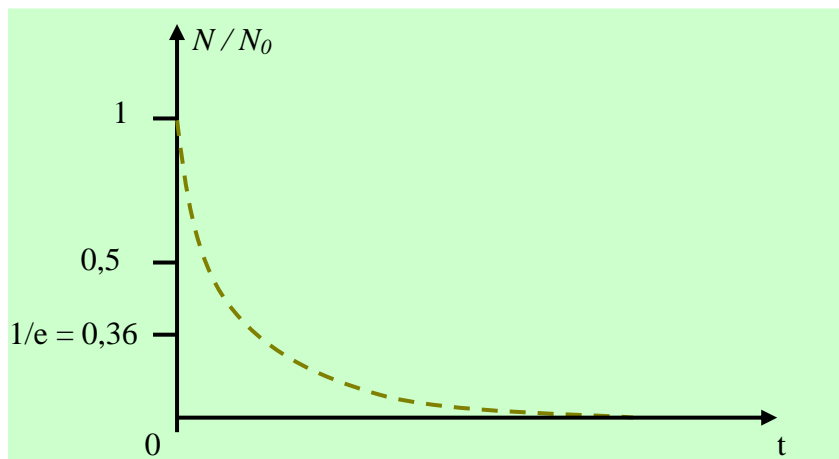
C'est le temps au bout duquel la moitié des radionucléides initiaux sont désintégrés. C'est le temps de demi réaction encore appelé temps de demi - vie.

$N = N_0 / 2 = N_0 e^{-\lambda T}$  d'où  $\lambda T = \ln 2$  avec  $10^{-6} < T < 10^{15}$  ans.

Au bout du temps nT le nombre N de noyaux présents est tel que :  $N(nT) = N_0 / 2^n$

La vie moyenne  $\tau$  d'un radioélément est le temps au bout duquel le nombre initial de radioélément est divisé par e = 2,718. C'est donc l'inverse de la constante radioactive.

$$\lambda \tau = 1$$



## 4. L'activité

L'activité notée A est la vitesse de désintégration d'un radionucléides. Elle est aussi appelée intensité radioactive. Son expression est :  $A = A_0 e^{-\lambda t} = -dN/dt$ . Le signe moins s'explique par le fait que l'activité, dont l'unité dans le système international est le becquerel (Bq) c'est-à-dire une désintégration par seconde (des./s), est toujours positive. Il existe une autre unité le curie (Ci) ;  $1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10}\text{Bq}$  et  $1\text{Bq} = 1\text{des./s}$ .  $A_0 = \lambda N_0$ , on nomme  $A_0$  l'activité initiale.

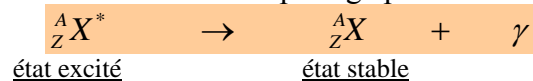
## III – LES DIFFERENTES RADIOACTIVITES

Une source radioactive peut émettre des particules  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ . Au cours de cette émission, il y a conservation du nombre de charge  $Z$  et du nombre de masse  $A$ . L'écriture correcte d'une transformation nucléaire obéit à ces deux lois de conservation.

### 1. L'émission $\gamma$

Il correspond à l'émission de photons. Il accompagne une émission  $\alpha$  ou  $\beta$  pour lesquelles une légère perte de masse peut être mise en évidence.

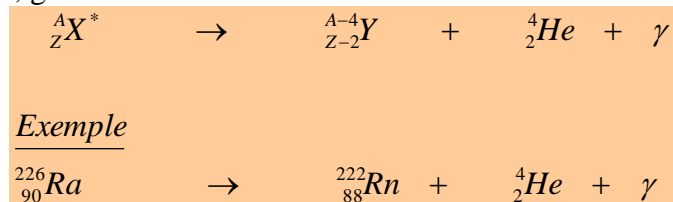
Ce rayonnement est de nature électromagnétique comme la lumière. Il est très pénétrant, peu ionisant et dangereux pour l'Homme. On s'en protège partiellement par un écran de plomb.



### 2. L'émission $\alpha$

Les particules  $\alpha$  sont des noyaux d'atomes d'hélium (hélions  $\text{He}^{2+}$ ) émis à grande vitesse (environ  $20.000\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Elles sont très ionisantes et peu pénétrantes car facilement absorbées par la matière (carton, air ...).

La désintégration  $\alpha$  est observée par des noyaux lourds ( $A$  élevé) instables. On obtient un noyau fils plus léger, généralement dans un état excité.



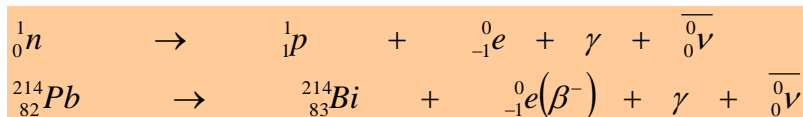
### 3. L'émission $\beta$

#### a- L'émission $\beta^-$

Les particules  $\beta^-$  sont des électrons ( $e^-$ ) émis par des nucléides  ${}^A_Z X$  qui présentent un excès de neutrons. En plus de l'électron émis, il y a aussi émission d'un antineutrino  $\bar{\nu}$  particule neutre de masse quasi nulle.



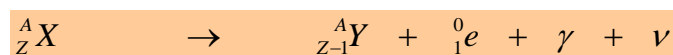
Cette désintégration se ramène à celle d'un neutron du noyau



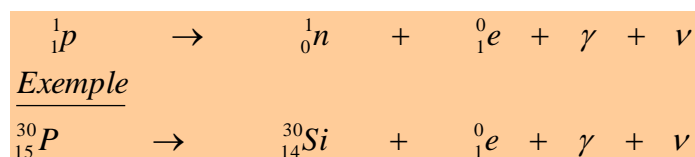
#### b - L'émission $\beta^+$

Les particules  $\beta^+$  sont des positons  $+e$  (conjugué ou antiparticule de l'électron) émis par des nucléides artificiels qui présentent un excès de protons. En plus de l'émission de  $\beta^+$  on a aussi un neutrino  $\nu$  (antiparticule de l'antineutrino).

Une particule et son antiparticule ont la même masse mais des charges électriques opposées.



Cette désintégration se ramène à celle d'un proton du noyau



**Remarques :** Les particules  $\beta$ , émises avec de très grandes énergies cinétiques, sont plus pénétrantes mais moins ionisantes que les particules  $\alpha$ .

## **IV – TYPES DE REACTIONS NUCLEAIRES**

### **1. La fission nucléaire**

C'est une réaction nucléaire au cours de laquelle un noyau lourd cible éclate sous l'impact d'un neutron. L'énergie libérée est de l'ordre de 1MeV par nucléon du noyau fissile. Un noyau fissile n'est pas un noyau fertile.

Exemple

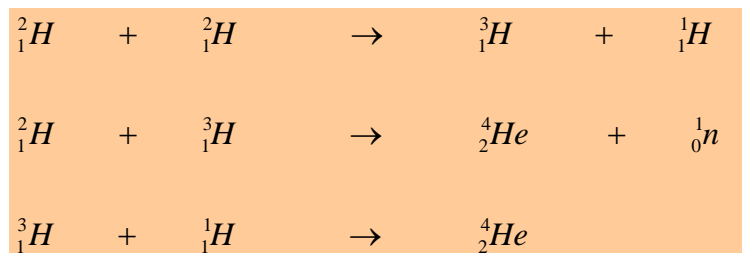


La réaction de fission peut être explosive (principe de la bombe atomique A) ou contrôlée (principe de la pile atomique). Cette possibilité à continuer la réaction est due à la production de neutrons.

### **2. La fusion nucléaire**

C'est une réaction nucléaire provoquée au cours de laquelle deux noyaux légers s'unissent c'est-à-dire « fusionnent », pour former un noyau plus lourd.

L'énergie libérée est de l'ordre de 4MeV à 6MeV par nucléon des noyaux fils produits par la fusion.



La fusion d'atomes tels que (proton)  ${}_1^1\text{H}$ , (deuton)  ${}_1^2\text{H}$  et (triton)  ${}_1^3\text{H}$  intervient dans la bombe à hydrogène (bombe H).

Ces réactions sont également à l'origine de l'énergie rayonnée par le soleil et les étoiles appelée énergie stellaire.

### **Remarques**

*Les conditions de réalisation des réactions nucléaires sont :*

- Capture d'un neutron « lent » par un noyau fertile qui devient fissile
- Une élévation de température considérable pour les réactions de fusion nucléaire (environ 1 million de degré). Ceci pour vaincre les forces de répulsion électrostatique. C'est pourquoi l'explosion d'une bombe A joue le rôle de détonateur dans l'explosion d la bombe H.

## **V – APPLICATIONS**

La radioactivité offre énormément d'applications dans plusieurs domaines parmi lesquels on :

- La datation des objets archéologiques par le carbone 14
- La radiographie, la radiothérapie, le dépistage des maladies, l'imagerie médicale en médecine.
- La production d'énergie électrique à partir des centrales nucléaires.
- La fabrication d'armes nucléaires.

# GENERALITES SUR LES SIGNAUX ET ONDES MECANIQUES

## I. LES ONDES MECANIQUES

### I.1. Définition et exemples de signaux mécaniques

Un signal résulte de la perturbation locale et passagère d'une ou de plusieurs « propriétés » d'un milieu matériel ou non.

Exemples : battre un tam-tam ; jeter un caillou à la surface d'un liquide ; ou un poste radio etc.

**NB** : Un milieu ne transmet un signal que s'il est élastique : il doit pouvoir propager la perturbation et retrouver sa configuration initiale après le passage de celle-ci.

### I.2. Définition et exemples d'ondes

Une onde mécanique est le phénomène de propagation d'une perturbation mécanique dans un milieu, sans transport de matière.

Exemples : onde lumineuse ; onde sonore ; onde mécanique etc.

#### Remarque

Un signal comme une onde comporte trois séquences fondamentales : l'émission (par la source), la propagation (dans le milieu matériel ou non) et la réception ( par le récepteur).

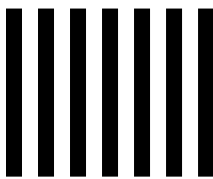
### I.3. Ondes progressives

#### I.3.1. Définitions

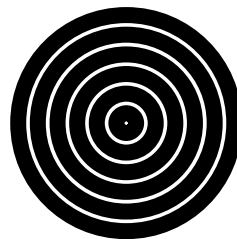
Une onde progressive est une perturbation qui se propage d'un point A à un point B dans un seul sens. Elle peut être transversale ou longitudinale.

Une onde progressive est dite transversale si la modification du milieu et la propagation de l'onde se font dans des directions perpendiculaires entre elles.

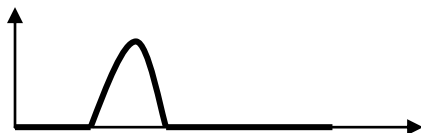
Lorsque la modification du milieu et la propagation se font dans la même direction, l'onde est dite longitudinale.



Ondes rectilignes à la surface de l'eau (transversale)



Ondes circulaires à la surface de l'eau (transversale)



Onde le long d'une corde (transversale)



Onde sonore (longitudinale)

#### I.3.2. Célérité d'une onde

La célérité d'une onde est la vitesse à laquelle elle se propage. Elle est une caractéristique du milieu de propagation.

D'une manière générale, on  $v = d / \tau$ .  $d$  est la distance parcourue par la perturbation et  $\tau$  la durée correspondante.

Dans le cas d'une onde transversale se propageant le long d'une corde de tension  $T$  et de masse linéique ou masse par unité de longueur  $\mu$ , on a :  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ .

### Remarque

La célérité d'une onde dépend des caractéristiques du milieu en particulier de son inertie et de sa rigidité. L'inertie d'un système est la résistance à laquelle ce système s'oppose lorsqu'on veut le mettre en mouvement. La rigidité d'un milieu représente la résistance que ce milieu oppose lorsqu'on cherche à le déformer.

#### I.4. Ondes progressives périodiques

Une onde progressive périodique présente une double périodicité, temporelle et spatiale.

##### I.4.1. Elongation

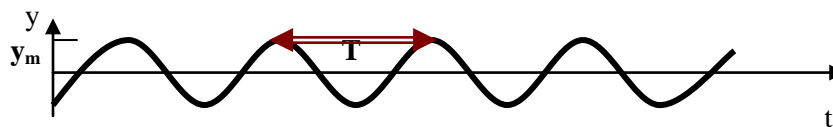
On appelle élancement l'écart à la valeur d'équilibre d'une grandeur qui se propage.

##### I.4.2. Amplitude

On appelle amplitude  $y_m$  le maximum de la valeur absolue de l'élongation.

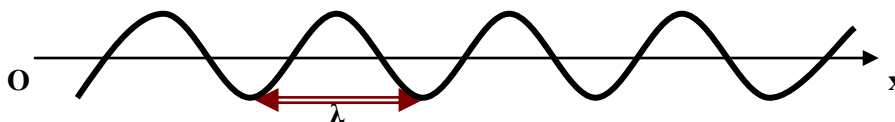
##### I.4.3. Période temporelle

La période temporelle notée  $T$  d'un phénomène est le plus petit intervalle de temps au bout duquel le phénomène se répète identique à lui-même.



##### I.4.4. Période spatiale

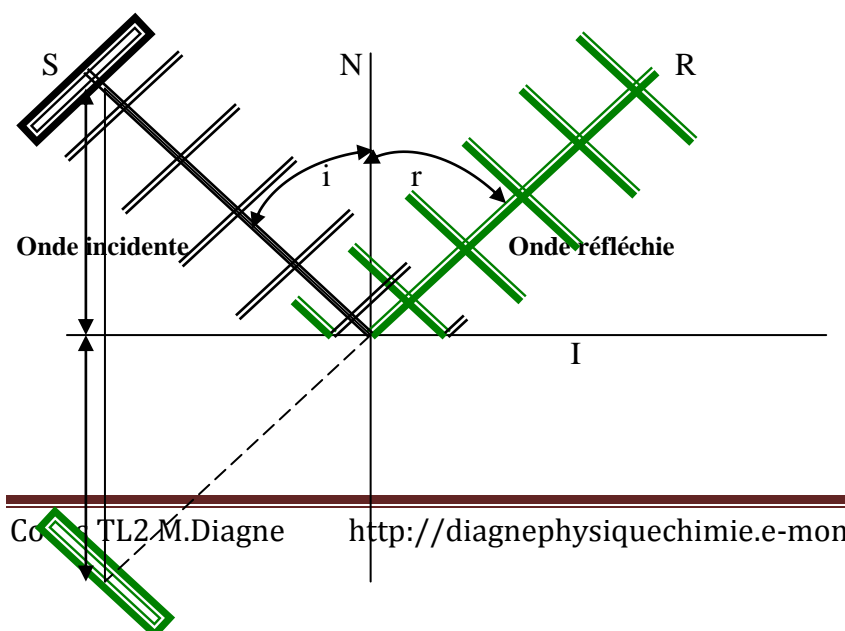
La période spatiale ou longueur d'onde notée  $\lambda$  est la distance parcourue par l'onde pendant une durée égale à  $T$ . C'est la plus petite distance qui sépare deux points dans le même état à tout instant.



## II. REFLEXION, REFRACTION ET DIFFRACTION D'ONDES MECANIQUES

### II.1. REFLEXION D'ONDES MECANIQUES

#### II.1.1. Expériences



Une règle  $S$  vient frapper périodiquement la surface d'un liquide. L'onde rectiligne naît, se propage et subit une réflexion au contact d'une plaque en verre partiellement immergée dans le liquide. L'onde réfléchie semble provenir d'une règle fictive  $S'$  symétrique de  $S$  par rapport à la plaque. Un éclairage stroboscopique permet d'obtenir la figure ci-contre.

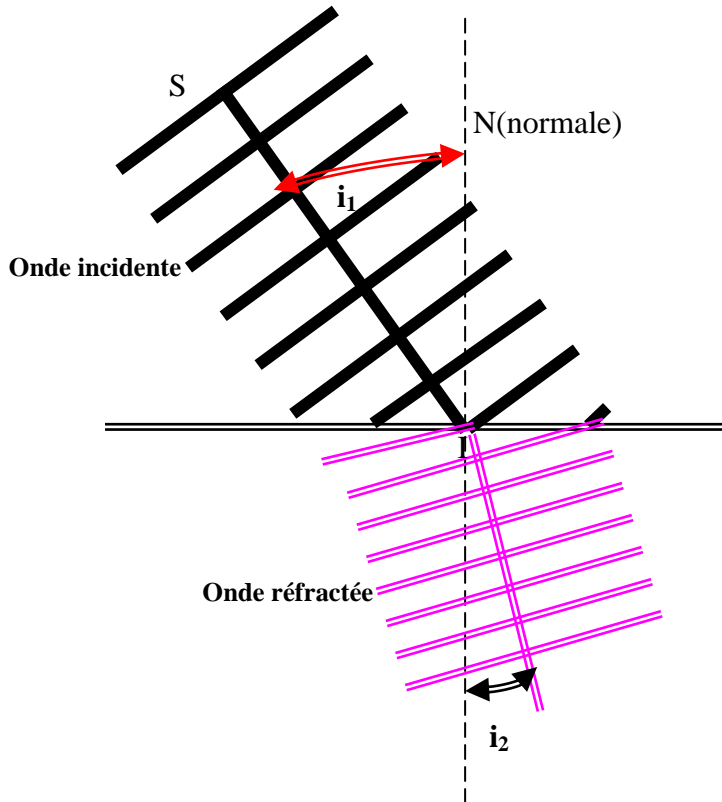
S'

N'

### II.1.2.Lois de la réflexion

L'angle de réflexion r est égal à l'angle d'incidence i.

### II.2.REFRACTION D'ONDES MECANIQUES



Une plaque pleine imperméable divise une cuve contenant de l'eau en deux parties de profondeurs différentes. Une règle frappant périodiquement la surface libre du liquide crée une onde rectiligne dans la partie (1). A la surface de séparation avec le milieu (2) qui est moins profond, il y a réfraction. Le ralenti stroboscopique a permis de reproduire l'image observée ci-contre.

Conclusion :

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Loi fondamentale régissant la réfraction.

### II.3.DIFFRACTION D'ONDES MECANIQUES

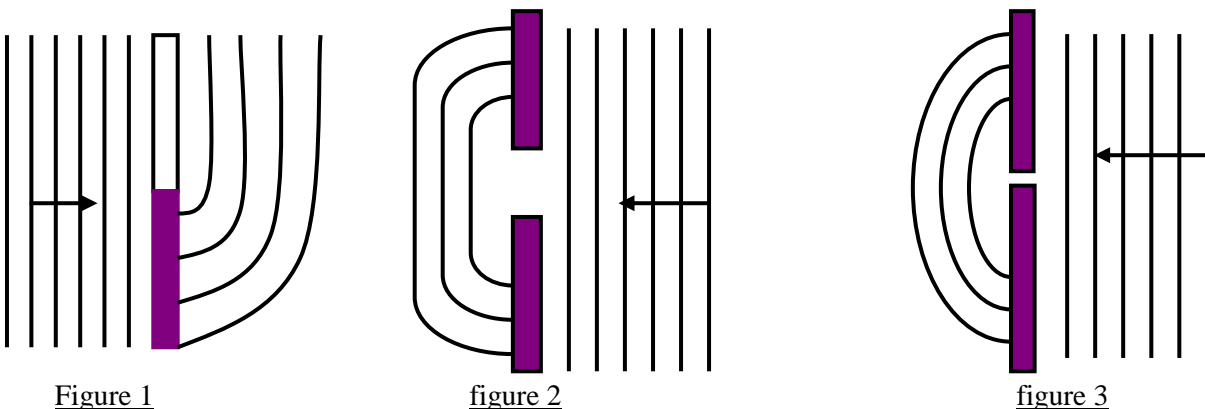


Figure 1

figure 2

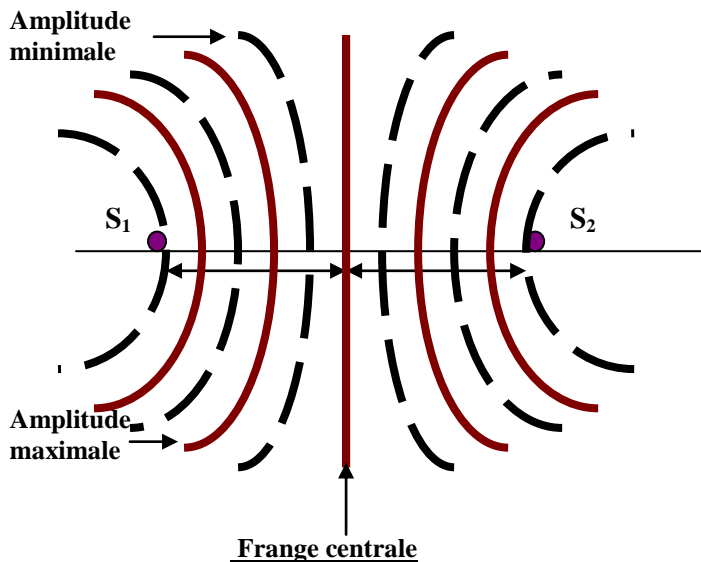
figure 3

Lorsqu'une onde progressive sinusoïdale rencontre une ouverture (figures 2 et 3) ou un obstacle (figure 1) de petite taille, sa propagation est modifiée : l'onde est déformée. La diffraction de l'onde est d'autant plus marquée que les dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle sont petites. Le phénomène de diffraction n'est observable que lorsque les

dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle sont inférieures ou égales à la longueur d'onde de l'onde diffractée. De plus on a :  $\lambda_i = \lambda_d$ .

### III. INTERFERENCES MECANIQUES

#### II.1. Expériences



Un vibreur dont les oscillations sont entretenues électriquement est muni d'une fourche qui frappe la surface libre de l'eau en deux points  $S_1$  et  $S_2$ .

On observe sur la surface libre la formation de rides alternativement claires (amplitude maximale) et sombres (amplitude minimale) en forme d'hyperboles qu'on appelle **franges d'interférences**.

#### II.2. Principe de superposition

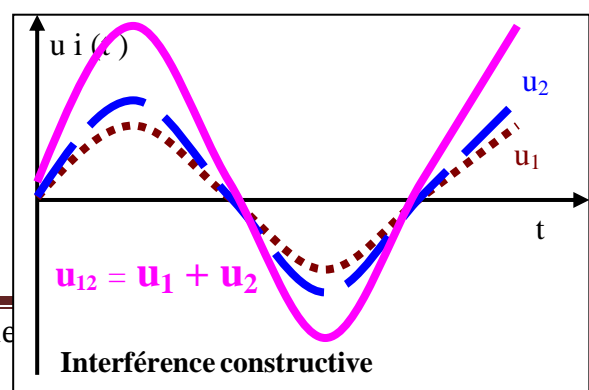
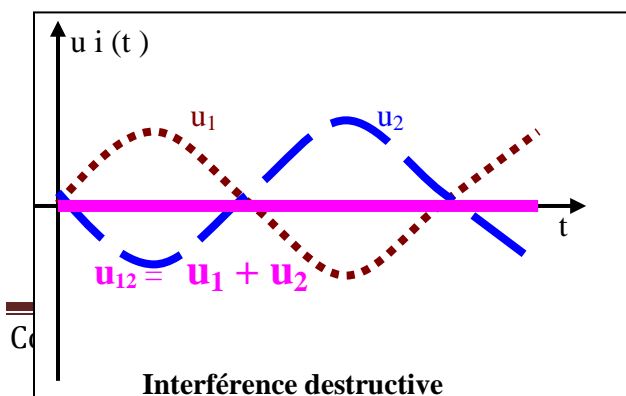
Lorsque plusieurs ondes mécaniques arrivent en même temps sur un même point M, l'amplitude de l'onde résultante  $U$  est égale à la somme des amplitudes de ces différentes ondes.

Par exemple les deux ondes d'amplitudes  $U_1$  et  $U_2$  en se combinant (superposant) en M forment l'onde résultante d'amplitude  $U_{12}$  telle que  $U_{12} = U_1 + U_2$ .

*NB.* : Le principe de superposition ne s'applique pas lorsque les perturbations dues à l'onde sont si importantes que la réponse du milieu à la perturbation n'est plus linéaire.

Si M est un point du champ d'interférence et  $d_1 = S_1M$  et  $d_2 = S_2M$ ,  $|d_2 - d_1| = \delta$  est appelée différence de marche

- Si  $\delta = k \lambda$ , on observe en M une **ride claire** qui correspond à une interférence constructive. Au point M les deux ondes en provenance de  $S_1$  et  $S_2$  vibrent en phase.
- Si  $\delta = (k + 1/2) \lambda$ , on observe en M une **ride sombre** qui correspond à une interférence destructive. Les deux ondes en provenance de  $S_1$  et  $S_2$  vibrent en opposition de phase au point M.





# ASPECTS ONDULATOIRE ET CORPUSCULAIRE DE LA LUMIERE DUALITE ONDE - CORPUSCULE

## I. EMISSION – RECEPTION - PROPAGATION

### I. 1. Sources de lumière

On distingue les sources lumineuses primaires (ou réelles) qui produisent la lumière qu'elles émettent et les sources lumineuses secondaires (ou apparentes) qui diffusent la lumière reçue d'une source primaire dans toutes les directions.

#### Remarque:

Parmi ces sources il y a :

- les sources primaires naturelles comme : le Soleil, la luciole, les étoiles ;
- les sources secondaires naturelles comme : la Lune, les planètes ;
- les sources primaires artificielles comme : la lampe, la bougie ;
- les sources secondaires artificielles comme : écran de cinéma, miroir.

### I. 2. Récepteurs de lumière

Les récepteurs de lumières sont des dispositifs sensibles à la lumière. Ils convertissent les signaux lumineux en signaux d'une autre nature.

Exemples :

- Récepteurs naturels : oeil, végétaux chlorophylliennes ;
- Récepteurs artificiels : pellicules photographiques, photopiles, photo résistances, lunettes photosensibles.

### I. 3. Propagation rectiligne de la lumière

Dans le vide et dans tous les milieux transparents et homogènes, la lumière se propage en ligne droite.

#### I. 3.1. Rayon lumineux

Un rayon lumineux est le trajet suivi par la lumière entre deux points. On schématise un rayon lumineux par une droite donnant la direction et une flèche donnant le sens de propagation.

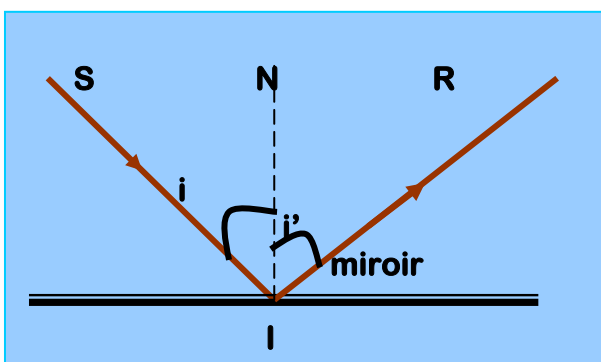
#### I. 3.2. Faisceau lumineux

Un faisceau lumineux est un ensemble de rayons lumineux issus d'une même source. On distingue : les faisceaux parallèles ou cylindriques, les faisceaux divergents et les faisceaux convergents.

## II. REFLEXION, REFRACTION, DIFFRACTION DE LA LUMIERE

### II. 1. Réflexion de la lumière

Il y a réflexion lorsque la lumière frappe une surface lisse (miroir) et est renvoyée dans une direction déterminée.



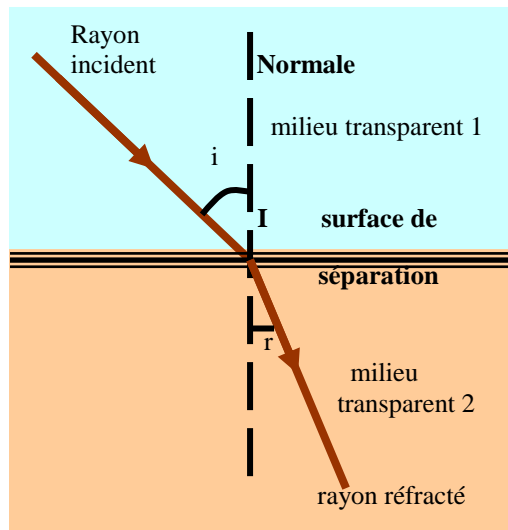
- Le rayon lumineux qui arrive sur la surface lisse (miroir) est le rayon incident. Le point I où le rayon incident arrive sur la surface lisse est le point d'incidence. Le rayon lumineux qui est renvoyé par la surface lisse est appelé rayon réfléchi.
- La droite perpendiculaire en I à la surface lisse est la normale au point d'incidence. L'angle entre le rayon incident et la normale est l'angle d'incidence  $i$  ; l'angle entre le rayon réfléchi et la normale est l'angle de réflexion  $i'$ .
- Le plan contenant le rayon incident et la normale au point d'incidence est le plan d'incidence.

### Lois de la réflexion :

- Le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence.
- L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.

## II. 2. Réfraction de la lumière

On appelle réfraction de la lumière le changement de direction que la lumière subit à la traversée de la surface de séparation entre deux milieux transparents.



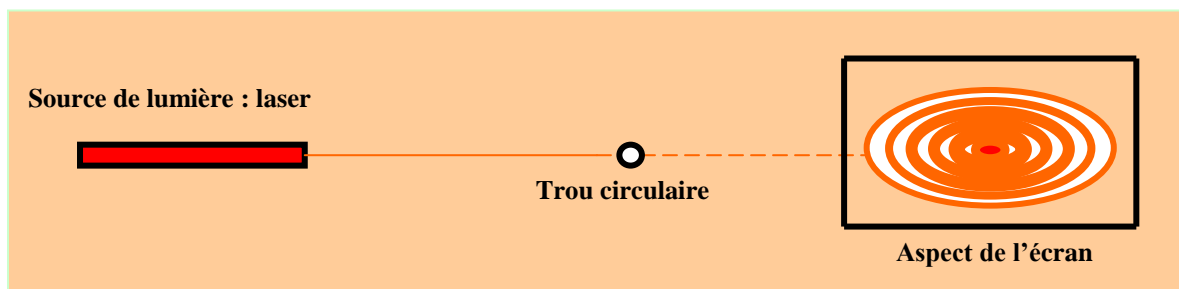
### Lois de la réfraction

- Le rayon réfracté est dans le plan d'incidence.
- Lors d'une réfraction, le sinus de l'angle de réfraction  $r$  et le sinus de l'angle d'incidence  $i$  sont proportionnels :

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

$n_1$  est l'indice de réfraction du milieu transparent 1 et  $n_2$  celui du milieu transparent 2.

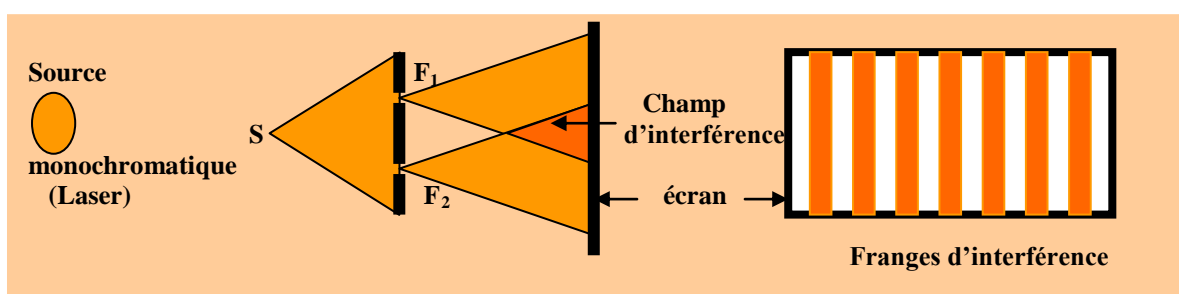
## II.3. Diffraction de la lumière



La diffraction lumineuse est la déviation de la lumière à travers une ouverture. Ce phénomène physique se manifeste toujours et mieux lorsque la taille de l'ouverture (diamètre, largeur) est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde du rayonnement diffracté.

## III. INTERFERENCES LUMINEUSES

### III.1. Expériences des fentes d' YOUNG



Les fentes d'YOUNG sont un ensemble de deux fentes fines  $F_1$  et  $F_2$ , parallèles et très proches l'une de l'autre.

### **III.2. Observations**

En éclairant le trou S par une source monochromatique (laser), il se produit un phénomène de diffraction qui éclaire les deux fentes sources  $F_1$  et  $F_2$ . Ces fentes diffractent encore la lumière diffractée par S.

Sur l'écran il apparaît des bandes étroites colorées (ou brillantes) et noires (ou sombres), équidistantes, parallèles entre elles et parallèles aux fentes ; ce sont les franges d'interférence.

#### **Remarque :**

Pour que se manifeste le phénomène d'interférence, il faut :

- deux images d'une même source ou,
- deux sources cohérentes. On dit que deux sources sont cohérentes si :
  - elles émettent des vibrations de même période (on dit qu'elles sont synchrones) ;
  - elles présentent une différence de phase constante ;
  - le rapport des amplitudes est constant.

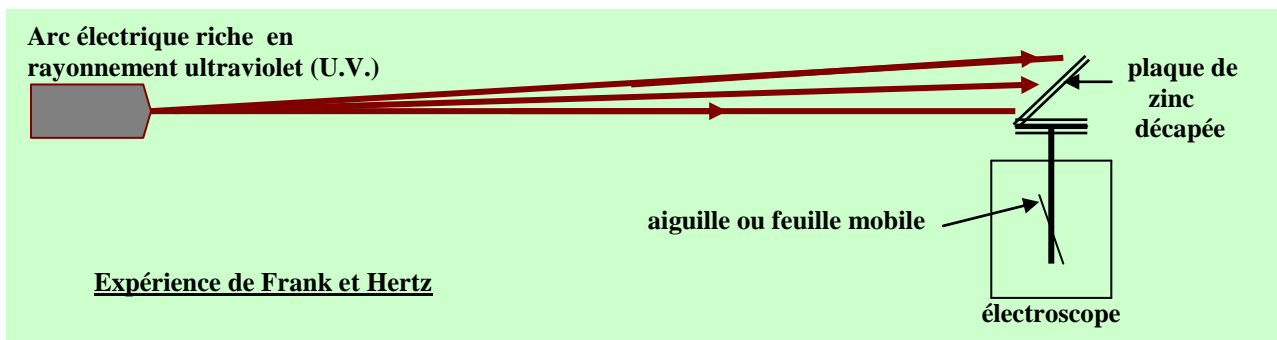
### **IV. CONCLUSION**

La nature ondulatoire de la lumière est prouvée par les expériences de réflexion, de réfraction, de diffraction et d'interférence. La lumière est donc une onde.

## **B. ASPECT CORPUSCULAIRE DE LA LUMIERE**

### **I. EFFET PHOTOELECTRIQUE**

#### **I.1. Mise en évidence expérimentale**



Si l'électroscope est chargé négativement, il se décharge (la feuille métallique tombe) si la plaque de zinc est éclairée par un rayonnement UV. Cet écartement des feuilles reste inchangé si l'électroscope est chargé positivement.

La décharge ou non de l'électroscope est due à l'effet photoélectrique.

#### **I.2. Définition**

L'effet photoélectrique est l'émission d'électrons par des surfaces métalliques convenablement éclairées.

**N.B :** Il n'y a émission photoélectrique que si la fréquence  $\nu$  du rayonnement tombant sur le métal est supérieure ou égale à une valeur limite  $\nu_0$  caractéristique du métal appelée fréquence seuil :  $\nu \geq \nu_0$  ou bien  $\lambda \leq \lambda_0$ .

#### **I.3. Interprétation : la théorie du photon**

Si une lumière est capable d'extraire des électrons d'un métal, c'est qu'elle est constituée de corpuscules qui sont les constituants de base de la lumière. Ces corpuscules sont d'après la théorie des quanta de Max PLANCK appelées photons : particules indivisibles probabilistes de masse nulle. Chaque photon transporte une énergie appelée quantum d'énergie d'expression :  $E = h\nu$ .

- $h$  est appelée la constante de Planck ;
- $\nu$  est la fréquence du rayonnement tombant sur le métal.

- On montre que :  $\nu = \frac{c}{\lambda}$  ; c est la vitesse de la lumière soit  $3.10^8 \text{ms}^{-1}$  et  $\lambda$  la longueur d'onde du rayonnement tombant sur le métal.

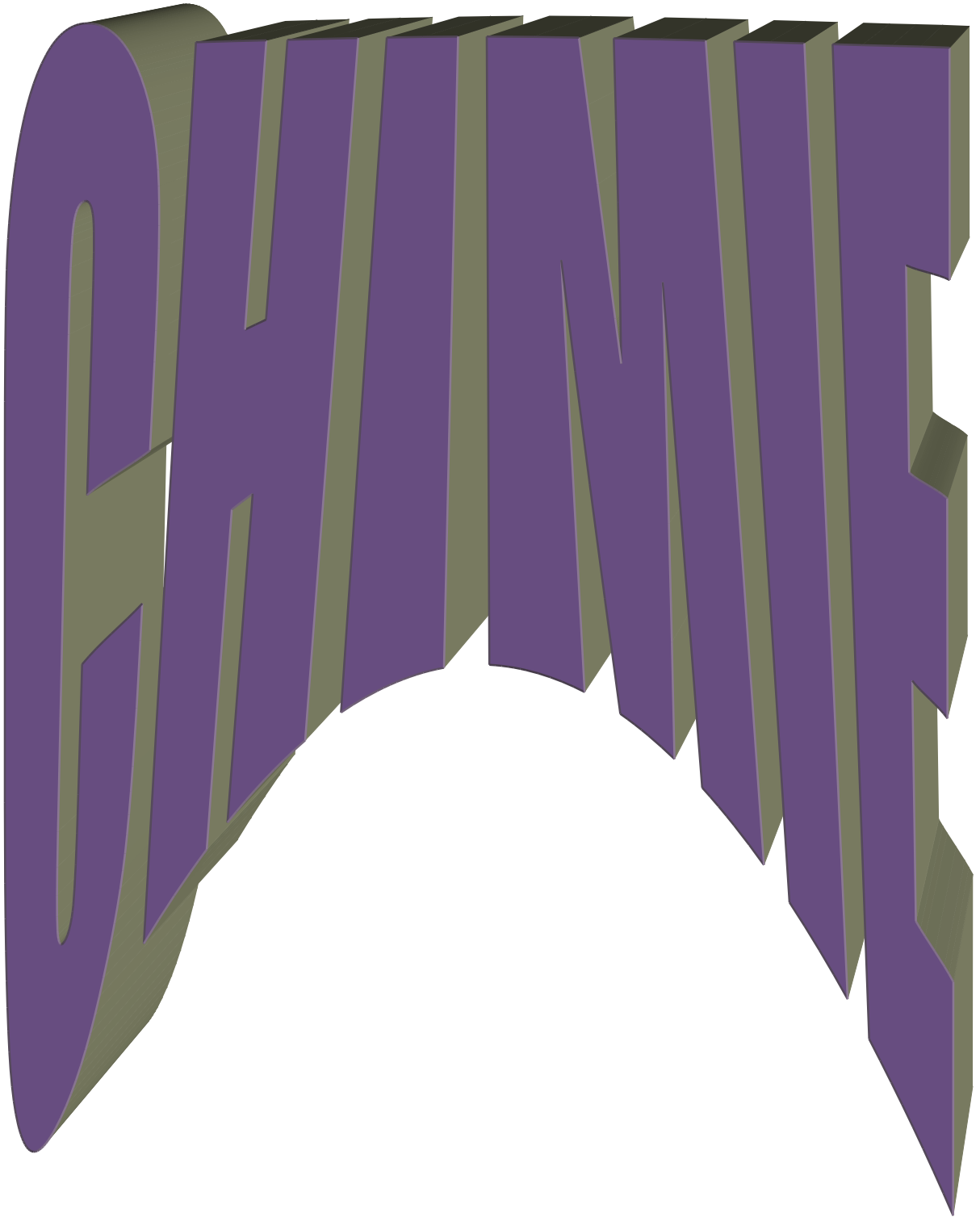
### III. **DUALITÉ ONDE – CORPUSCULE**

La lumière comme toute radiation s'interprète de deux manières :

- soit comme une onde de longueur d'onde  $\lambda$  et de fréquence  $\nu$  (aspect ondulatoire) ;
- soit comme un jet de photons (flux de particules) d'énergie  $E = h\nu$  (aspect corpusculaire)

Ces deux aspects sont complémentaires et non contradictoires car d'après Louis De Broglie (en 1924), toute matière (et pas seulement la lumière) a une nature ondulatoire. Il associa la quantité de mouvement  $p$  d'une particule à une longueur d'onde  $\lambda$ , appelée longueur d'onde de De Broglie :  $\lambda = \frac{h}{p}$ . C'est une généralisation de la relation de Planck – Einstein :  $E = h\nu$ ,

car la quantité de mouvement d'un photon est donnée par :  $p = \frac{E}{c}$ . La lumière comporte alors ce double caractère ondulatoire et corpusculaire comme l'ont prouvé les différentes expériences réalisées par Davisson et Germer (en 1927) puis par Estermann et Otto Stern (en 1929) et enfin en 1999 par des Chercheurs de l'Université de Vienne qui ont fait diffracter du fullerène (molécule en  $C_{60}$ ).



# MATIERES PLASTIQUES

## I - PRESENTATION DES MATIERES PLASTIQUES

### 1. Historique et définition

Autour de nous de nombreux objets sont issus des matières plastiques. Le celluloïd ou nitrate de cellulose fut la première matière plastique obtenue en 1869 (par les frères Hyatt) suivi en 1909 de la bakélite qui est la première entièrement synthétique (par Léo Baekeland). A partir des années 30 on assiste à une augmentation constante de matières plastiques tels que : le nylon, le polychlorure de vinyle, le polyéthylène, le plexiglas, le polystyrène etc.

Actuellement on dénombre plus de 30 matières plastiques différentes.

Les matières plastiques sont des matériaux synthétiques constitués essentiellement de macromolécules organiques et susceptibles d'être modelées ou moulées à chaud et sous pression. Elles sont abusivement appelées plastiques ou polymères à l'exclusion des élastomères et des fibres.

### 2. Les différentes catégories de plastiques

On distingue deux catégories de matières plastiques : les polymères thermoplastiques et les polymères thermodurcissables.

#### a. Les polymères thermoplastiques

Rigides à la température ordinaire ils deviennent fluides à chaud. Ils se moulent facilement et retrouvent leurs propriétés après refroidissement.

Exemples : le polypropylène, le polychlorure de vinyle, le nylon etc.

#### b. Les polymères thermodurcissables

Fluides à la température ordinaire, ils durcissent par chauffage.

Exemples : les phénoplastes, les aminoplastes.

## II – OBTENTION DES MATIERS PLASTIQUES

### 2. La polymérisation

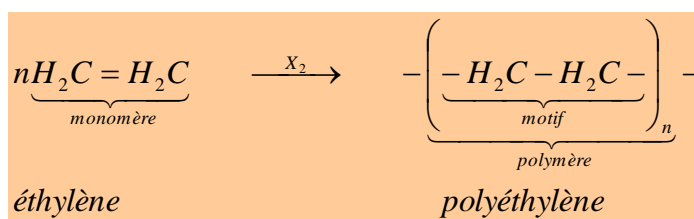
Il s'agit d'une réaction au terme de laquelle le produit appelé polymère résulte de la répétition d'une même unité structurale appelée motif. Le nombre n de ce motif dans le polymère est appelé degré ou indice de polymérisation et pour n supérieur à 100 on parle de macromolécule ou haut polymère.

Les matières plastiques sont obtenues par une polymérisation des molécules insaturées (alcènes et alcynes).

Les alcènes et les alcynes sont des hydrocarbures comportant respectivement dans leur squelette carbonée au moins une double liaison ou une triple liaison. Comme ils ne sont pas saturés ils se prêtent à des réactions de polyaddition et de polycondensation. Les polymères obtenus peuvent être linéaires ou ramifiés.

### 3. Exemples de polymères

#### a. Synthèse du polyéthylène (PE)



X<sub>2</sub> est un catalyseur qui initie la réaction de polymérisation et qui a très peu d'influence sur les propriétés du polymère.

Industriellement il existe deux procédés de préparation de ce polymère : le procédé haute pression et celui basse pression.

- **Le procédé haute pression (H.P.)**

Il consiste à comprimé l'éthylène sous une pression de 1000 à 2500 bars en autoclave ou dans des fours tubulaires et à une température de 250°C en présence de catalyseur. Le polyéthylène haute pression est dit polyéthylène basse densité PEbd (0,91 < d < 0,93). Son indice de polymérisation est de l'ordre de 1000.

- **Le procédé basse pression (B.P.)**

On travaille en solution dans l'heptane en présence de catalyseur. Le polyéthylène basse pression est dit polyéthylène haute densité PEhd (0,94 < d < 0,98). Son indice de polymérisation est supérieur à 10000.

Il existe une troisième variété de polyéthylène : le polyéthylène basse densité linéaire PEbdl.

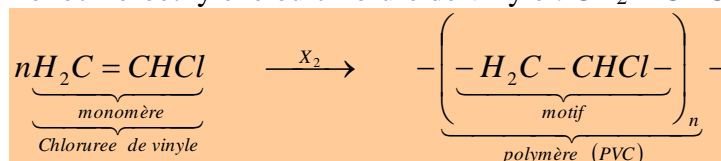
Ces procédés permettent la fabrication de sacs d'emballage, de jouets, de tuyaux souples, de caisses etc. et qui résistent bien aux produits chimiques.

**b. Synthèse du polypropylène (PP)**

Le monomère est le propène. Il se polymérise de façon identique à l'éthylène. La matière obtenue est plus résistante que le polyéthylène. Cette réaction permet la fabrication de récipient alimentaire, de bouteilles de lait, de ficelles, cordes, films pour emballages alimentaires.

**c. Synthèse du polychlorure de vinyle (PVC)**

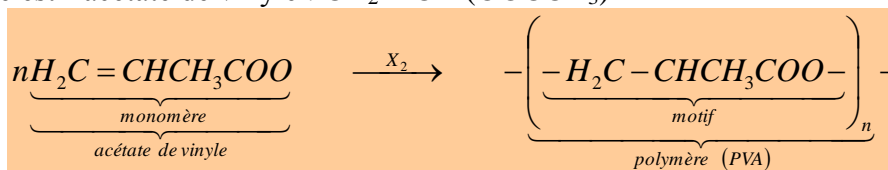
Le monomère est le monochloroéthylène ou chlorure de vinyle : CH<sub>2</sub> = CHCl



Cette réaction permet la fabrication d'objets plastiques assez rigides, peu élastiques : tuyaux de canalisation, bouteilles d'eau et de lait, chaussures etc. Ils offrent une bonne résistance aux produits chimiques.

**d. Synthèse du polyacétate de vinyle (PVA)**

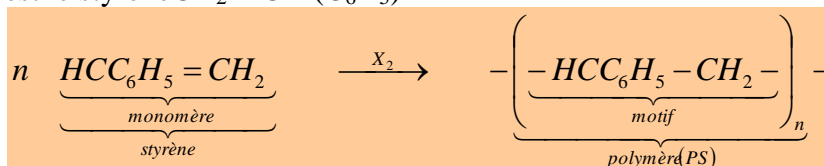
Le polymère est l'acétate de vinyle : CH<sub>2</sub> = CH (OOCCH<sub>3</sub>)



Pour la fabrication des vernis et des verres de sécurité.

**e. Synthèse du polystyrène (PS)**

Le monomère est le styrène CH<sub>2</sub> = CH (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)



Il existe le polystyrène expansé et celui cristal ou standard. Ce polymère sert à la fabrication de pots de yaourts, gobelets à boisson, pinces à linge, plaques isolantes, ustensiles de ménage, cuves de réfrigérateurs etc.

Il existe d'autres variétés de polymères tels que : le poly méthacrylate de méthyle (PMMA) plus connu sous la marque plexiglas dont le monomère est le méthacrylate de méthyle de formule  $\text{CH}_2 = \text{CCH}_3 (\text{COOCH}_3)$  ; le polytétrafluoroéthylène (PTFE) plus connu sous le nom de Téflon et dont le monomère est le tétrafluoroéthylène de formule  $\text{CF}_2 = \text{CF}_2$ . Le PTFE est utilisé dans le revêtement des ustensiles de ménage, prothèses chirurgicales, du matériel de laboratoires et le PMMA sert à fabriquer des phares, des enseignes, des lentilles de contact etc.

### **Exercices d'application**

#### **Exercice 1**

Le fluorure de vinylidène est le 1,1-difluoroéthylène. Il se polymérise pour donner un polymère thermoplastique possédant une bonne résistance aux milieux corrosifs même à température élevée.

2. Rappeler la définition d'un polymère thermoplastique. Indiquer quel est le motif du polymère obtenu.
3. Sachant que la masse molaire de ce polymère est en moyenne de  $85\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ , déterminer le degré de polymérisation.

#### **Exercice 2**

- b. Rappeler les formules de l'acide éthanoïque (acide acétique) et de l'éthyne (acétylène).
- c. Lorsque l'on fait réagir ces deux molécules, on observe une réaction d'addition (l'acide éthanoïque subissant une coupure acide base) ; écrire l'équation bilan et la formule semi développée du monomère obtenu (« l'acétate de vinyle »). Quelle masse d'acide et d'acétylène faut-il utiliser pour préparer 100.000tonnes de monomère si la réaction a un rendement de 96% ?
- d. Ecrire la formule du motif du polymère obtenu à partir de « l'acétate de vinyle ».
- e. Un échantillon de poly acétate de vinyle a pour masse molaire moyenne  $130.000\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , en déduire son degré moyen de polymérisation.

### **III TESTS D'IDENTIFICATION DES MATIERES PLASTIQUES**

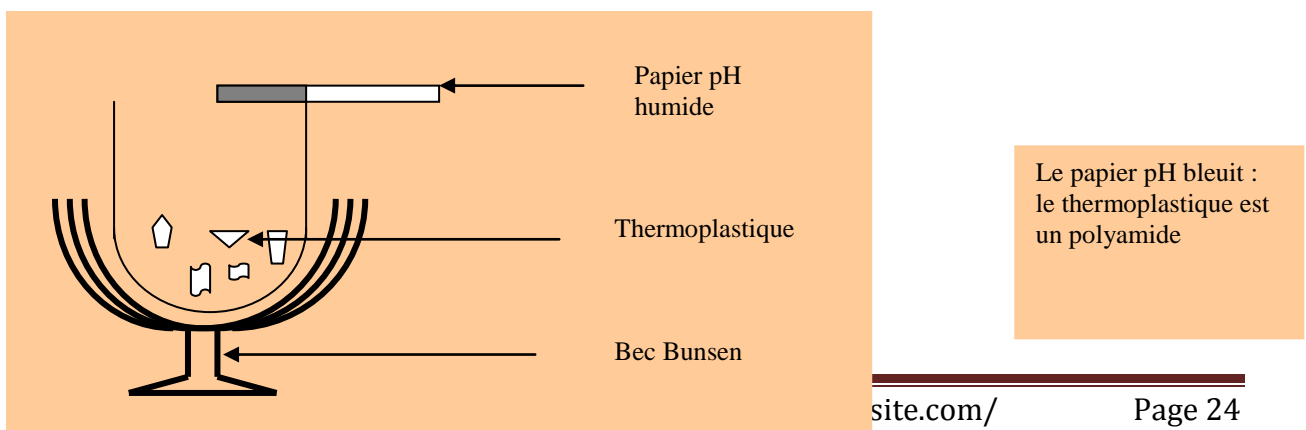
#### **1. Test de densité**

Dans un récipient contenant de l'eau, immergeons quelques échantillons de plastiques non expansés, seuls le polyéthylène et le polypropylène flottent. Leurs densités sont inférieures à celle de l'eau c'est-à-dire 1.

#### **2. Test de Bernstein ou test à la flamme**

Un fil de cuivre nu et enduit d'une fine couche de polychlorure de vinyle mis au contact d'une flamme donne une flamme verte.

#### **3. Test du papier pH**





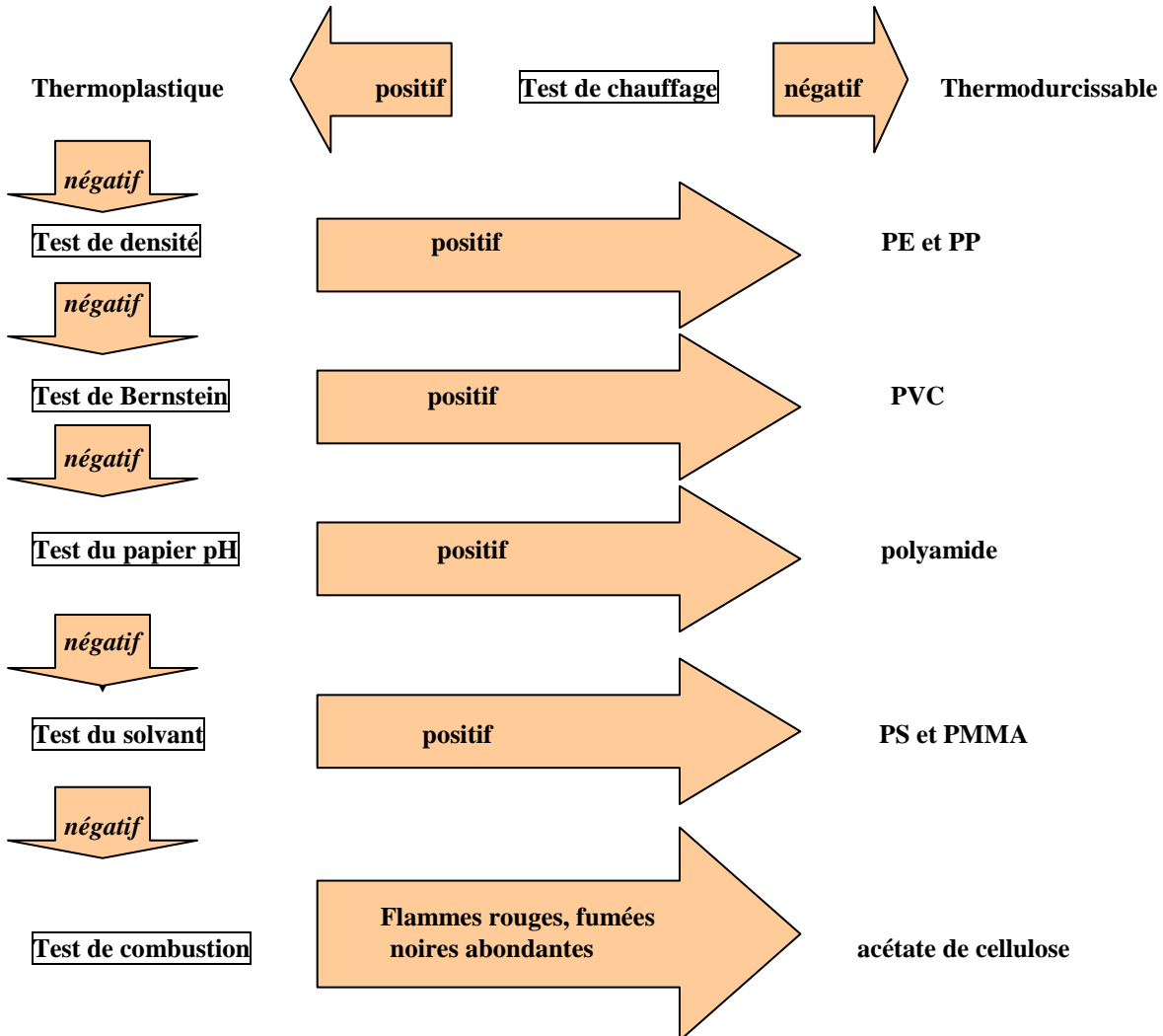
#### 4. Test du solvant

Le polystyrène et le poly méthacrylate de méthyle mis au contact de la propanone donnent une solution qui précipite en présence d'eau.

#### 5. Test de combustion

L'acétate de cellulose produit par combustion une flamme rouge.

### Récapitulation



### **IV - MATIERES PLASTIQUES ET ENVIRONNEMENT**

A cause de leur non biodégradabilité, les matières plastiques constituent une véritable source de pollution terrestre. Cependant on peut les éliminer soit par incinération soit par recyclage.

- L'incinération est une technique qui consiste à brûler les matières plastiques jusqu'à les réduire en cendre. Elle produit beaucoup d'énergie mais présente l'inconvénient de libérer dans l'atmosphère des gaz très nocifs comme le cyanure et le chlorure d'hydrogène.
- Le recyclage consiste à les réutiliser.

## LES MATIERES PLASTIQUES

### Exercice 1:

Compléter les phrases suivantes :

- 1) Les matières plastiques sont des matières contenant tous l'élément .....
- 2) Le polychlorure de vinyle de formule semi-développée ..... et de symbole.....s'obtient par.....de plusieurs molécules.....appelées.....
- 3) Le degré ou.....de polymérisation d'un.....est le nombre moyen de.....que comporte ses macromolécules.
- 4) Les polymères qui à froid retrouvent leur forme initiale après déformation, sont dit .....alors que dans les mêmes conditions les.....restent durs. Ceux qui à chaud se ramollissent sont dits.....
- 5) Les matières plastiques, une fois utilisées posent un problème d'.....Ainsi pour lutter contre cette pollution visuelle ; deux méthodes sont essentiellement utilisées le.....et l'..... La première offre une seconde vie à la matière. Par contre la seconde est une source d'énergie..... dont le seul inconvénient est de rejeter dans l'.....des gaz polluants tel que le..... d'..... pour le polychlorure de vinyle.
- 6) Les matières plastiques ou ..... sont des matériaux organiques synthétiques; ils contiennent donc toujours l'élément ..... Ils sont constitués de ..... dans lesquelles se répète un très grand nombre de fois une unité structurale: le .....
- 7) Toutes les molécules d'alcool contiennent le groupe d'atomes ....., appelé ....., lié à un atome de .....
- 8) L'élimination des matières plastiques peut se faire par .....; cette opération permet d'obtenir de la chaleur.
- 9) La ..... consiste en l'addition les unes aux autres d'un très grand nombre de molécules .....; appelées .....

### Exercice 2 :

- 1) Un polymère a une masse molaire moyenne  $87500 \text{ g.mol}^{-1}$  et pour degré de polymérisation 1400. Son analyse chimique montre qu'il contient en masse : 56,8% de chlore, 38,4% de carbone, le reste étant de l'hydrogène. Déterminer la formule du monomère.
- 2) Calculez le degré de polymérisation du polyéthylène, dont la masse molaire moléculaire vaut  $140 \text{ kg/mol}$ .
- 3) On obtient le PVC à partir d'éthylène et de dichlore ( $\text{Cl}_2$ ). Écrire les réactions conduisant à l'obtention du monomère puis du polymère. Calculez les masses d'éthylène et de dichlore nécessaires pour obtenir 1kg de ce polymère dans où  $n=80000$ .

### Exercice 3:

Un polymère contenant uniquement du carbone et de l'hydrogène présente un degré de polymérisation de 1600. La masse molaire de ce polymère est de  $67,2 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

- 1) Vérifier que la masse molaire de monomère, vaut  $42 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- 2) Le monomère a pour formule :  $\text{R}-\text{CH}=\text{CH}_2$  où R est un groupe alkyle. Déterminer R et donner le nom du monomère.

### Exercice 4:

- 1) La formule générale d'un alcène est  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ . Le pentène est un hydrocarbure linéaire qui possède cinq atomes de carbone.
  - a) Donner sa formule brute.
  - b) Écrire la formule semi-développée du pent-2-ène.
  - c) Calculer la masse molaire moléculaire de cet alcène.
- 2) On effectue la polyaddition du pentène. Le polymère obtenu, de formule  $-(\text{C}_5\text{H}_{10})_x-$  a pour masse molaire moléculaire  $106,050 \text{ kg/mol}$ . Calculer son indice de polymérisation  $x$ .

### Exercice 5:

- 1) La masse molaire moyenne d'un polymère est égale à  $187,5 \text{ kg/mol}$  pour un indice de polymérisation de 3000. Quelle est la masse molaire du monomère.
- 2) Les pourcentages des différents éléments constituant le monomère sont : C : 38,4 % ; H : 4,8 % ; Cl : 56,8 %. Quelle est la formule brute du monomère. Quelle est sa formule développée ?
- 3) Donner la formule brute et la formule développée du chlorure de vinyle ou chloréthylène.
- 4) Il peut par une réaction de polymérisation (polyaddition) conduire à un polymère : le polychlorure de vinyle. Donner le motif de ce polymère.

On donne:  $M(\text{C})= 12 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol}$  et  $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$

## LES TEXTILES

### INTRODUCTION

A l'origine, l'Homme s'est habillé de peaux d'animaux. Il a appris à travailler les poils, la laine puis à utiliser les fibres végétales. Actuellement, la fabrication des matières textiles d'origine chimique (artificielle ou synthétique) a augmenté jusqu'à atteindre les tonnages des fibres naturelles.

On distingue les textiles artificiels et les textiles synthétiques.

### I – LES TEXTILES ARTIFICIELS

#### 1. Définition et exemples

Les textiles artificiels sont des fibres obtenues par traitement chimique d'une matière première naturelle (cellulose du bois ou du coton de la laine etc.) sans aucune opération de synthèse.

Exemples :

Cellulose + acide nitrique  $\longrightarrow$  celluloïd ( matière plastique flexible et inflammable).

Cellulose + acétylation  $\longrightarrow$  acétate de cellulose

Latex naturel + vulcanisation  $\longrightarrow$  caoutchouc

La rayonne (soie), la fibranne et l'acétate de cellulose sont des fibres artificielles.

#### 2. Procédés de fabrication

Ce procédé se résume en trois étapes :

- dissoudre la cellulose ou l'un de ses dérivés dans un solvant pour obtenir des solutions d'une viscosité convenant à la suite du procédé,
- faire passer la solution dans les filières (plaques percées à trous calibrés),
- à la sortie des filières, évaporer ou détruire chimiquement le solvant afin de reconstituer la cellulose ou un dérivé sous forme de fils.

## **II – LES TEXTILES SYNTHETIQUES**

### **1. Définition**

Les textiles synthétiques sont les fibres obtenues par des réactions de synthèse chimique à partir de produits chimiques simples.

### **2. Procédé de fabrication**

Le procédé de fabrication des textiles synthétique fait appel soit à la polymérisation soit à la polycondensation.

#### **2.1. Par polymérisation**

L'addition les unes aux autres de molécules identiques est une polyaddition et quand le nombre de molécules devient important (  $n > 1000$  ), on dit qu'il y a polymérisation.

Exemples : Les chlorofibres ; les acryliques.

#### **2.2. Par polycondensation**

La polycondensation est la réaction les unes avec les autres de composés polyfonctionnels dont la molécules contient au moins deux groupes fonctionnels avec élimination d'une petite molécule telle que l'eau  $H_2O$ , un halogénure d'hydrogène  $HX$  (  $X : Cl, Br, I$  ), l'ammoniac  $NH_3$  ou un alcool  $ROH$ . On aboutit à une macromolécule présentant un motif comme dans le cas de la polymérisation.

#### **Remarque :**

La polycondensation est différente de la polyaddition en ce sens que pour une polycondensation, il se forme d'abord de nombreuses petites molécules plus ou moins polycondensées qui de proche en proche inter réagissent pour former la macromolécule.

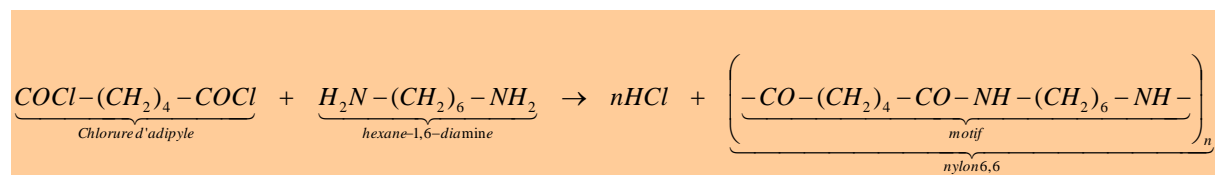
Exemples : Les polyesters ; les polyamides.

### **3. Propriétés et applications de quelques textiles synthétiques**

#### **3.1. Les polyamides (PA)**

Préparation d'une polyamide : le nylon 6,6.

Ce nylon peut être obtenu par polycondensation entre le 1,6-chlorure d'hexanedioyle (ou chlorure d'adipyle) et l'hexane-1,6-diamine.



Les nylons sont très utilisés comme fibres textiles pour la fabrication des vêtements et des fixations de grandes solidité : courroies, filins, ceintures de sécurité, bâches etc.

Le nylon est très résistant à la rupture, infroissable, d'une minceur extrême et très résistant aux lavages répétés

#### **Remarques :**

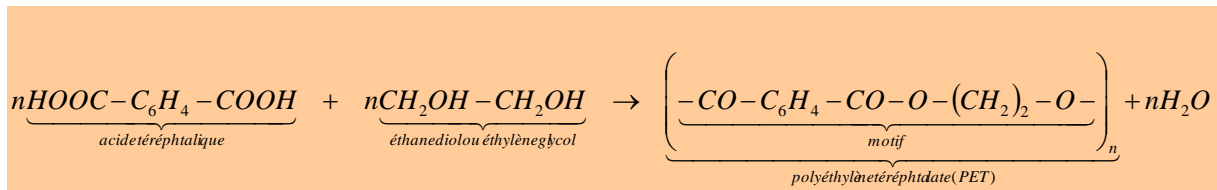
- Il existe d'autres polyamides tels que le polyamide 6 obtenu par polycondensation en solution aqueuse de l'E - caprolactame.

Le PA 6 est utilisé pour la fabrication de fibres synthétiques telles que le Perlon, Celons, Lilion.

- Polyamide II utilisé dans la fabrication du Rilsan.

### 3.2. Les Polyesters

Le plus connu est le polytéréphtalate de glycol ou polyéthylène téréphtalate (PET) qui sert à la fabrication de fibres comme : térylène, Tergal, Trévira, Dacron ou Mylar.



Les fibres polyesters présentent des propriétés mécaniques supérieures à celles des fibres naturelles : leurs résistances à l'étirement et à l'abrasion permet la fabrication de tissus légers infroissables et d'entretien facile.

### 3.3. Les acryliques

Le nom de la fibre est le polyacrylonitrile (PAN) de motif structural :  $-(\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN}))-$

Le PAN est utilisé pour la fabrication de fibres synthétiques comme : Orlon, Crylor, Courtelle, Dralon, Léacril.

Les fibres acycliques présentent des propriétés intéressantes

- résistance mécanique, ténacité et souplesse.
- Résistance à l'eau, à la lumière et au vieillissement.
- Stabilité thermique
- Aptitude à la teinture, commodité du filage

### 3.4. Les chlorofibres

Le nom de la fibre est le polyvinylchlorure (PVC).

Il est utilisé pour la fabrication des fibres synthétique comme le Rhovil

Motif structural :  $-(\text{CH}_2-\text{CHCl})-$

### 3.5. Autres exemples

#### - Elasthane

Nom de la fibre : Polyuréthane (PU)

Fabrication : Lycra

Utilisation : maillot de bain, collants etc.

#### - Aramide

Les Aramides sont cinq fois plus résistants que les aciers.

Fabrication : Kevlar

Utilisation : gilet pare-balle

#### - Polyoléfines

Nom de la fibre : Polypropylène

Fabrication : Méraclon

# LES SAVONS

## I. RAPPELS (cf cours de première sur les composés organiques oxygénés)

## II – PREPARATION ET PROPRIETES D'UN SAVON

### II – 1- Généralités

#### II-1-1. Les corps gras

Les corps gras sont des triesters qui dérivent d'acide gras et du glycérol (ou propan-1, 2,3-triol). Ils sont également appelés triglycérides. Ce sont les huiles et les graisses communément appelées lipides d'origine animale ou végétale.

#### II-1-2. Les acides gras

Les acides gras sont des acides carboxyliques non ramifiés, constitués d'un nombre pair d'atomes de carbone en général compris entre 4 et 22 et comportant une ou plusieurs double liaisons de configuration Z.

#### Exemples d'acides gras

Acides gras (nom usuel ou systématique)	Formule semi développée
Acide butyrique ou acide butanoïque	$C_3H_7COOH$
Acide palmitique ou acide pentadécanoïque	$C_{15}H_{31}COOH$
Acide stéarique ou acide heptadécanoïque	$C_{17}H_{35}COOH$
Acide oléique ou acide (Z)-octadéc-9-énoïque	$C_{17}H_{33}COOH$
Acide linoléique ou Acide (9-Z, 12-Z)-octadéca-9,12-diénoïque	$C_{17}H_{31}COOH$

## II – 2. Préparation d'un savon

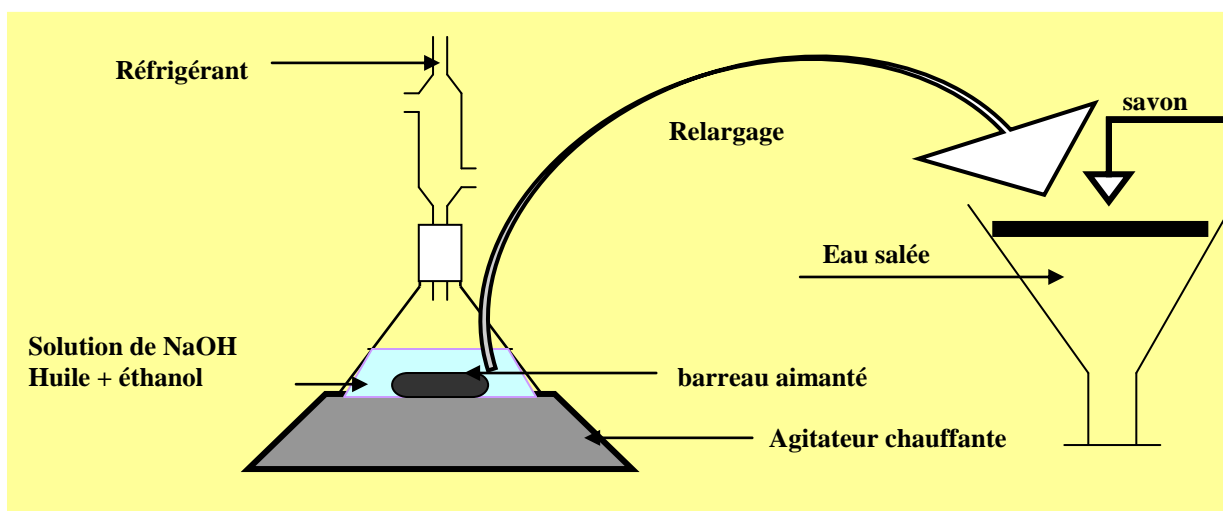
### II – 1-1. Définition

Un savon est un mélange de carboxylates de sodium ou de potassium, de formule  $(R-COO^-, M^+)$ . La chaîne carbonée R dérive d'un acide gras à longue chaîne (10 à 20 atomes de carbone).

Le savon est dur si  $M^+$  est l'ion sodium  $Na^+$  et mou si  $M^+$  est l'ion potassium  $K^+$ .

### II – 1-2. Fabrication

#### II-1-2-1. Au laboratoire



Un mélange d'huile alimentaire, de soude (ou de potasse) et d'éthanol est chauffé à reflux pendant 30mn. Ce mélange est ensuite versé dans une solution concentrée de chlorure de sodium qui entraîne une précipitation du savon. Cette opération est appelée relargage. Le précipité filtré et rincé donne le savon.

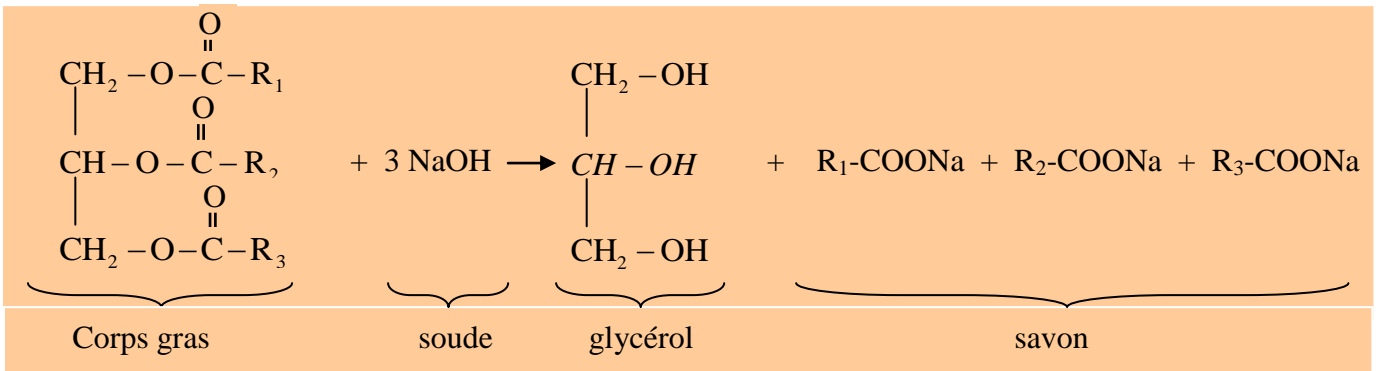
### II-1-2-2. Industriellement

Ce procédé est constitué de trois étapes : saponification, relargage et liquidation

- On mélange de la soude concentrée avec un corps gras et on porte l'ensemble à une température de 120 à 130°C sous une pression de quelques bar : saponification.
- On sépare le savon du glycérol et de l'excès de soude par une solution concentrée de chlorure de sodium et centrifugation : relargage.
- On décante le produit obtenu dans une solution diluée de chlorure de sodium : liquidation.

Le savon obtenu peut être séché éventuellement additionné de colorants et de parfums et conditionné.

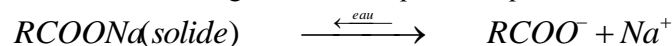
### II-1-3. Equation bilan de la réaction



### II-1-4. Solubilité des savons

L'étude de la solubilité des savons est due à leur utilisation en milieu aqueux.

Ainsi dans l'eau pure, les savons sont partiellement solubles à cause de la formation de liaisons hydrogène. Les solutions obtenues sont légèrement basiques. L'équation bilan de cette réaction est :



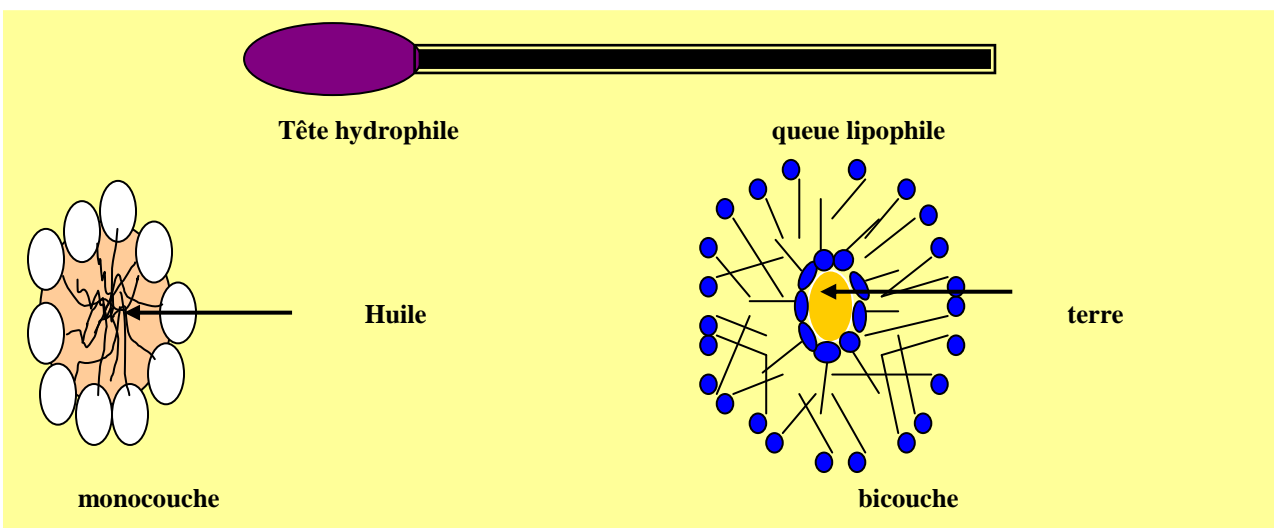
En présence d'alcool, la solubilité augmente. On obtient une solution hydroalcoolique de savon.

Les eaux dures, acides ou salées sont défavorables à l'action d'un savon à cause de la réaction de précipitation. Une eau dure est une eau riche en ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  ou magnésium  $\text{Mg}^{2+}$ . On peut diminuer la dureté de l'eau par adoucissement c'est-à-dire en remplaçant les ions responsables par des ions  $\text{Na}^+$  à l'aide de résines échangeuses d'ions en l'occurrence les résines cationiques.

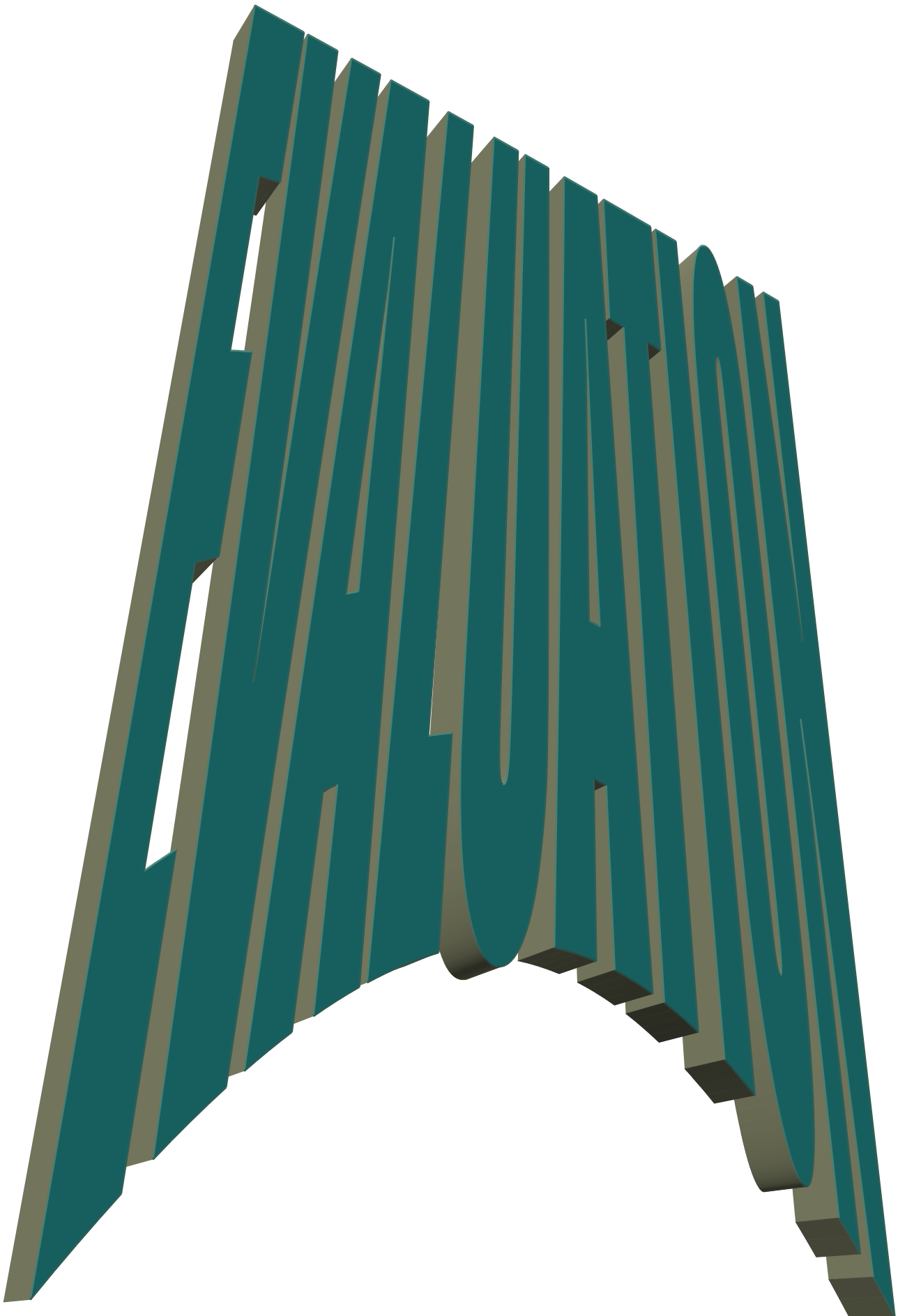
### II-1-5. Mode d'action des savons

Les propriétés détergentes des savons sont dues à la structure des ions carboxylate. En effet, les ions carboxylate sont constitués du groupe carboxylate  $-\text{COO}^-$  et du groupe alkyle R-. Le groupe carboxylate est hydrophile et lipophile à cause sa grande affinité avec l'eau et pas avec les lipides contrairement au groupe alkyle qui est hydrophobe et lipophile.

Ce caractère amphiphile (hydrophile et lipophile) des ions carboxylate explique que les savons soient des agents de surface ou surfactants. Ils moussent facilement et forment des agrégats à l'interface eau air appelés micelles à partir d'une certaine concentration appelée concentration micellaire critique (cmc). Que la salissure soit organique (huile) ou minérale (poussière, terre, rouille) elle est piégée au cœur des micelles puis dispersée avec la contribution des forces de répulsion électrostatiques dues à la couronne d'ions  $\text{Na}^+$  ou  $\text{K}^+$  qui entoure chaque micelle.









## **DEVOIR SURVEILLE N°1** (2 heures)

### **Exercice 1**

**Compléter les phrases suivantes :**

1. La formation des matières plastiques est obtenue grâce à un processus chimique appelé ... . Ce processus est toujours initié par un ... qui crée la rupture de la ... .. carbone – carbone et l'obtention de radicaux libres.
2. Un fil de pêche se ramollit avant de fondre, c'est une matière plastique ...
3. Un transformateur élévateur de tension donne une intensité du courant du secondaire  $I_2$  ... à celle du primaire  $I_1$ .
4. Un alternateur comprend deux parties essentielles : un inducteur appelé ... et un induit appelé ...
5. Si au ... la tension est continue alors au secondaire elle est ... car il n'y a pas de phénomène d'induction.
6. Au cours du transport du courant électrique, il se produit une véritable perte d'énergie par ... .. Pour palier à cela on transporte le courant sous ... ..

### **Exercice 2**

Un polymère uniquement constitué de carbone et d'hydrogène a une masse molaire moyenne de  $260 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ . De plus ce polymère se dissout dans l'acétone et la solution obtenue précipite en présence d'eau.

1. Quel test fait-on allusion ici ?
2. Calculer la masse molaire du monomère sachant que l'indice de polymérisation vaut 2500.
3. Ce monomère contient une double liaison éthylénique.
  - a. Donner la formule spatiale de ce monomère ainsi que son nom.
  - b. Ecrire l'équation bilan de la réaction de polymérisation de ce monomère.
  - c. Ce polymère se présente dans la vie de deux façons. Lesquelles ?
  - d. Citer deux applications importantes de cette matière plastique.

### **Exercice 3**

Les matières plastiques ne sont pas biodégradables. Elles sont de plus en plus utilisées dans l'emballage et le conditionnement d'aliments. Cette prolifération pose de réels problèmes d'environnement et de santé publique. Dans notre pays où les moyens de recyclage sont limités, la gestion des déchets plastiques passera par la formation et la responsabilisation du consommateur.

1. Définir la biodégradabilité.
2. L'incinération des plastiques est dangereuse pour la santé. Pourquoi ?
3. Expliquer pourquoi la formation et la responsabilisation peuvent être une solution aux problèmes posés par les matières plastiques. ( 5 Lignes au maximum)

**FIN !!!**

## Composition 1<sup>er</sup> Semestre

durée : 2heures

### Exercice 1 : (7 points)

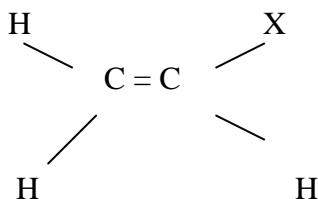
#### Les plastiques et la restauration

On fabrique des barquettes avec les plastiques les plus variés. Le PVC, transparent, convient aux aliments gras, le polystyrène choc aux produits aqueux ; le polystyrène expansé protège les chocs (boîte à oeufs) et isole thermiquement (protection des glaces et sorbets) ; le polyéthylène haute densité (PEhd) est admis au contact de tous les aliments et résiste mieux à la chaleur et aux contraintes mécaniques que les précédents. Avec le polypropylène, on accède aux polymères techniques.

Le PP supporte des température de stérilisation élevées (120 à 130°C pendant une demi-heure) et peut être réchauffé au four micro-ondes car sa température de fusion atteint 160°C ; en outre, il est parfaitement imperméable à la vapeur d'eau et convient pour les conservation à température ordinaire ou basse. Cependant, il médiocrement barrière à l'oxygène et, pour cette fonction, doit être complété par un autre plastique.

*D'après « Plastiques et environnement ».*

1. Le polychlorure de vinyle, le polystyrène, le polyéthylène et le polypropylène (encore appelé polypène) sont des macromolécules formées à partir de molécules mères ayant des structures identiques, de la forme :



Préciser la forme de X pour chaque monomère.

2. Les yaourts ordinaires sont vendus dans des pots en polystyrène qui convient très bien pour cet usage. Mais la mise sur le marché du « bifidus actif » a exigé de revoir la composition de l'emballage, car ce ferment est anaérobie et est détruit par l'oxygène. Pourrait-on utiliser des pots en PP ? Pourquoi ?

### II- Exercice 2 : (6 points)

#### Compléter les phrases suivantes

1. Le kilowatt-heure est une unité ... .
2. Les éléments indispensable au transport de l'énergie du lieu de production aux consommateurs sont : les ... , les ... et les ....
3. Les centrales ... convertissent l'énergie potentielle d'une réserve ... en énergie électrique.

4. Plusieurs noyaux sont dits ... s'ils ont le même numéro atomique mais des nombres de ... différents.
5. La différence entre la masse des nucléons séparés au repos et la masse du noyau au repos s'appelle le ... ..
6. La radioactivité  $\beta^+$  est un phénomène ... alors que la radioactivité  $\beta^-$  est ...

### III- Exercice 3 : (7 points)

Un transformateur comporte deux bobines l'une de 10000 spires, l'autre de 200 spires.

1. Quel est le primaire si on désire élever une tension ?
2. Si on impose au primaire une tension de 220V, quelle est celle aux bornes du secondaire ?
3. D'après vous, ce transformateur peut-il être dit d'isolement ? Pourquoi ?

**FIN !!!**

---

---

## **DEVOIR SURVEILLE n°2** **(2heures)**

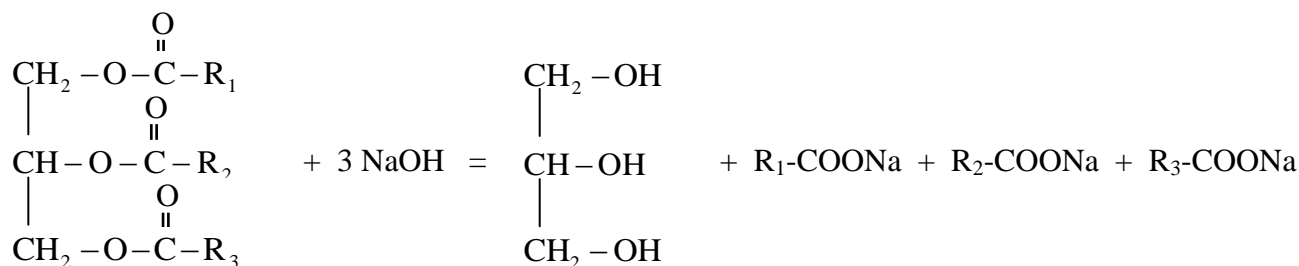
### **Exercice 1 : 10 points**

*Comme la plupart des produits de lavage sont utilisés dans l'eau, le premier facteur qui intervient sur l'efficacité du produit est certainement l'eau elle-même. En effet, l'eau peut être neutre ou légèrement basique ou acide. C'est ainsi que les chimistes se sont rendu compte que si le pH est alcalin (basique) ou neutre, les savons restent bien solubles dans l'eau (avantage). Mais leur hydrolyse étant elle-même alcaline, l'augmentation de la basicité de la solution est la cause du feutrage de la laine et de la dégradation de certaines couleurs (inconvenient). Si l'eau est légèrement acide, le savon précipite en partie, ce qui enlève une partie de son pouvoir nettoyant. Au contraire, la composition des détergents est variable selon les usages, ce qui permet une adaptation plus grande.*

*Il existe un autre problème lié à l'eau (on parle d'une eau dite «dure»), qui réagit avec les savons pour donner des sels de savons insolubles. Ainsi, comme la plupart des eaux sont partiellement calcaires, une partie du savon est perdue par précipitation, ce qui diminue la « dureté » de l'eau. Ce défaut rédhibitoire explique en partie le spectaculaire développement des détergents synthétiques dans le lavage ménager (linge et vaisselle).*

### **I. Synthèse du savon**

La synthèse d'un savon, de formule  $\text{RCO}_2\text{Na}$ , s'effectue par une transformation chimique modélisée par la réaction d'équation chimique ci-après.



1. a. Donner le nom de cette réaction. Nommer les réactifs et les produits.
- b. Donner les conditions expérimentales de la transformation.

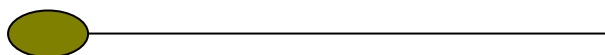
2. Pour obtenir les savons sous forme  $\text{NaRCO}_2$ , on verse la solution obtenue dans une solution d'eau salée saturée. Le savon précipite en surface.

Pourquoi observe-t-on la précipitation du savon ? Quel est le nom de cette opération ?

3. Sachant que le rendement de la transformation est de 88%, quelle quantité de matière de corps gras doit-on utiliser si on veut fabriquer 1,5 tonne de savon ? On supposera que l'hydroxyde de sodium est en excès.

## II. Savon et pouvoir nettoyant

Un ion carboxylate  $\text{RCO}_2^-$  peut être représenté de la façon suivante :



La partie rectiligne symbolise la chaîne carbonée et le petit cercle le groupe carboxylate.

1. Quelle est la partie hydrophile de cet ion ? la partie hydrophobe ?
2. Que signifient les mots hydrophile et hydrophobe ?

## III. Savon et pH

1. En utilisant le texte, indiquer quel est le comportement d'un savon en milieu acide ?
2. Quelle solution à ce problème la revue technique propose-t-elle ?

## IV Savon et eau dure

1. En utilisant le texte, définir une eau dure.
2. Que se passe-t-il si on met en présence des ions carboxylate et des ions  $\text{Ca}^{2+}$  ?

## Exercice 2 : 10 points

Questions à choix multiples : Q.C.M.

Répondre par vrai ou faux. A chaque question, peuvent correspondre aucune, une ou plusieurs propositions correctes.

1.  ${}_{19}^{40}\text{K}$  est le symbole :
  - a. d'un noyau contenant 19 neutrons et 40 protons ;
  - b. d'un noyau contenant 21 neutrons et 19 électrons ;
  - c. d'un noyau contenant 21 neutrons et 19 protons.
2. Les causes possibles de l'instabilité d'un noyau atomique sont :
  - a. trop de nucléons ;
  - b. trop d'électrons par rapport aux protons ;

- c. trop de neutrons par rapport aux protons ;
- d. pas assez de nucléons.

3. Une réaction nucléaire mettant en jeu un noyau père de symbole :  ${}_{38}^{90}\text{Sr}$  et un noyau fils de symbole  ${}_{39}^{90}\text{Y}$ , est du type :

- a. radioactivité  $\alpha$  ;
- b. radioactivité  $\beta^-$  ;
- c. radioactivité  $\beta^+$  ;
- d. radioactivité  $\gamma$ .

4. La constante de désintégration d'un ensemble de noyaux radioactifs, est égale à  $4,113 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$ . La demi-vie de cette population est égale à :

- a. 19,50j ;
- b.  $1,685 \cdot 10^6 \text{ s}$  ;
- c. 468,0h ;
- d.  $2,431 \cdot 10^6 \text{ s}$ .

5. L'activité d'une source radioactive contenant 5,00 mol de polonium 210, de demi-vie gale 138jours, est égale :

- a.  $7,60 \cdot 10^{16} \text{ Bq}$  ;
- b.  $1,51 \cdot 10^{22} \text{ Bq}$  ;
- c.  $3,50 \cdot 10^{16} \text{ Bq}$  ;
- d.  $1,79 \cdot 10^{17} \text{ Bq}$ .

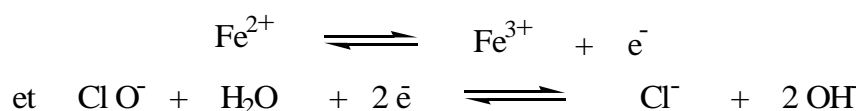
**FIN !!!**

# Antiseptiques et désinfectants

## A) L'EAU DE JAVEL

### EXERCICE 1.

1. Donner le nom de l'ion  $\text{ClO}^-$  qui est le principe actif de l'eau de Javel.
2. Une eau de Javel du commerce a un degré chlorométrique de 48 °chl. Qu'est-ce que cela signifie ?
3. On veut préparer un demi-litre d'eau de Javel ayant un titre 0,48 °chl en utilisant l'eau de Javel du commerce à 48 °chl.  
Décrire ou présenter sous forme de schémas les opérations à effectuer sachant qu'on dispose de pipettes jaugées de 5 mL, 10 mL et 20 mL et d'une fiole jaugée de 500 mL.
4. On verse de l'eau de Javel dans une solution de sulfate de fer (II) de couleur vert pâle ( $\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ ). Le mélange prend une coloration orangée due à la formation d'ions fer (III)  $\text{Fe}^{3+}$ .  
A l'aide des demi-équations électroniques suivantes :



Écrire l'équation-bilan de la réaction chimique qui a eu lieu.

### EXERCICE 2.

1. Le dichlore se dismute en milieu basique pour former l'eau de Javel.
  - 1.1 Quels sont les deux réactifs qui permettent d'obtenir l'eau de Javel ?
  - 1.2 Quel est l'ion responsable des propriétés désinfectantes de l'eau de Javel ?
2. On dispose d'un volume  $V = 250 \text{ mL}$  d'eau de Javel de degré chlorométrique égal à 48 °chl.
  - 2.1
    - a) Quel volume  $V_{\text{Cl}_2}$  de dichlore peut libérer ce volume  $V$  d'eau de Javel dans les conditions normales de température et de pression.
    - b) Quelle est la quantité de matière dichlore  $n_{\text{Cl}_2}$  correspondante (en mol).
    - c) Quelle est la masse  $m_{\text{Cl}_2}$  de dichlore libéré ?
  - 2.2 Quel volume d'eau  $V_e$  faut-il ajouter à ce volume  $V$  d'eau de Javel pour que son degré chlorométrique soit de 12 °chl ?

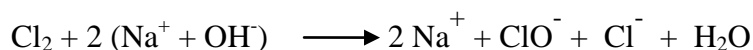
### Données :

Volume molaire dans les conditions normales de température et de pression :  $V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$

Masse molaire atomique du chlore :  $M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

### EXERCICE 3.

1. Pour obtenir de l'eau de Javel, antiseptique très utilisé dans le milieu médical, on fait réagir du dichlore avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium selon l'équation-bilan :



**1.1.** L'un des couples oxydo-réducteurs en présence est le couple  $\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-$ . Identifier l'autre couple rédox mis en jeu.

**1.2.** Préciser le couple qui fournit l'oxydant et celui qui fournit le réducteur lors de la réaction de fabrication de l'eau de Javel.

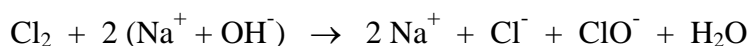
**2.** Sur un flacon de 2 litres d'eau de Javel commerciale on peut lire Eau de Javel à 12 °chl.

**2.1.** Que signifie cette inscription ?

**2.2.** Calculer le volume de gaz, mesuré dans les conditions normales de température et de pression, que l'on pourra obtenir avec ce flacon de volume  $V = 2$  litres.

#### **EXERCICE 4.**

**I.** L'eau de Javel est obtenue par réaction du dichlore sur une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (soude). L'équation-bilan de cette réaction s'écrit :



**1.** Donner le nom des espèces chimiques en solution dans l'eau de Javel.

**2.** En ne faisant pas figurer les ions  $\text{Na}^+$ , qui ne réagissent pas, l'équation-bilan s'écrit :



**a)** La réaction de fabrication de l'eau de Javel est une réaction d'oxydo-réduction. Ecrire les deux couples rédox mis en jeu.

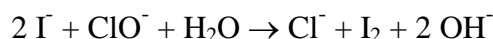
**b)** Cette réaction d'oxydo-réduction est une réaction de dismutation du dichlore. Justifier le terme "dismutation".

**3.** Une dose recharge d'eau de Javel concentrée de volume 250 mL a un degré chlorométrique de 48°chl.

**a)** Définir le degré chlorométrique d'une eau de Javel.

**b)** En déduire le volume de dichlore qui a été nécessaire à la préparation de cette dose recharge dans les conditions normales de température et de pression.

**II.** L'action de l'eau de Javel sur une solution d'iodure de potassium ( $\text{K}^+ + \text{I}^-$ ) met en évidence l'action de l'ion responsable des propriétés désinfectantes de l'eau de Javel. L'équation-bilan de la réaction spontanée s'écrit :



Déduire de l'équation-bilan l'agent actif de l'eau de Javel. Agit-il par oxydation ou réduction ? Justifier.

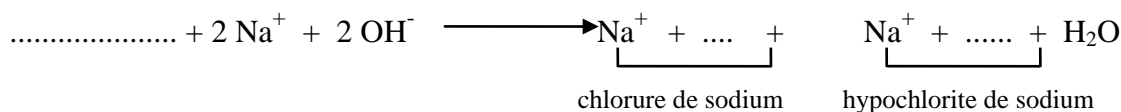
#### **EXERCICE 5.**

Le constituant actif de l'eau de Javel est l'ion hypochlorite qui est un ion oxydant. La concentration d'une eau de Javel s'exprime par son degré chlorométrique.

**1.** Ecrire la formule de l'ion hypochlorite et rappeler la définition d'un oxydant.

2. L'eau de Javel est obtenue par réaction du dichlore sur une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (soude).

a) L'équation-bilan de cette réaction, écrite ci-dessous, comporte des « blancs ».



La recopier sur votre copie et la compléter.

b) Cette réaction est une dismutation du dichlore. Qu'entend-on par là ?

3. Une dose recharge de 250 mL d'eau de Javel a un titre chlorométrique valant 48 °chl. A partir de cette dose recharge, on désire préparer 100 mL d'une solution titrant 4,8 °chl. On dispose uniquement des récipients et appareils ci-après :

- pipette jaugée de 10 mL,
- bécher,
- pissette d'eau distillée,
- fioles jaugées de 500, 200 et 100 mL,
- propipette.

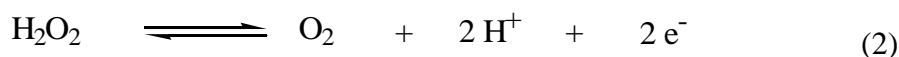
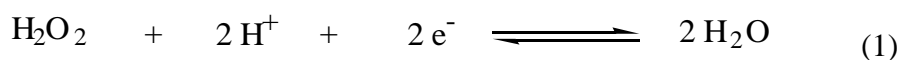
Répondre aux questions suivantes :

- a) Combien de fois faut-il diluer la solution d'eau de Javel de la dose recharge?
- b) A quoi sert la pipette jaugée de 10 mL ?
- c) Pourquoi utilise-t-on une propipette ?
- d) Dans quel récipient effectue-t-on la dilution ? Donner son nom et son volume.

## B) L'EAU OXYGENEE

### EXERCICE 1.

1. L'eau oxygénée, antiseptique d'usage courant, est une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène qui se décompose très lentement à la température ordinaire. Les demi-équations électroniques intervenant dans cette décomposition sont



1.1. A partir des deux demi-équations précédentes, écrire l'équation-bilan de la réaction de décomposition de l'eau oxygénée.

1.2. Justifier le nom de "dismutation" donné à cette réaction de décomposition de l'eau oxygénée.

2. Rappeler la définition du titre ou "concentration en volumes" d'une eau oxygénée.

3. Un flacon est rempli à l'aide d'eau oxygénée fraîchement préparée de concentration molaire égale à 0,89 mol.L<sup>-1</sup>. Calculer la "concentration en volumes" de cette eau oxygénée dans les conditions normales de température et de pression dans lesquelles le volume molaire V<sub>m</sub> = 22,4 L.mol<sup>-1</sup>.



## **EXERCICE 2.**

L'eau oxygénée, ou solution de peroxyde d'hydrogène, possède des propriétés oxydantes dont découle son action antiseptique.

Pour le montrer nous pouvons la faire réagir avec des ions iodure  $I^-$  contenus dans une solution d'iodure de potassium ( $K^+ + I^-$ ). Les ions potassium  $K^+$  ne participent pas à la réaction, ils sont spectateurs. On précise que la réaction doit se faire en milieu acide. Les couples oxydoréducteurs qui interviennent sont :  $H_2O_2 / H_2O$  et  $I_2 / I^-$ .

*Indication : les questions 2 a) et 2 b) sont indépendantes.*

1. L'équation-bilan de cette réaction est :  $H_2O_2 + 2 H^+ + 2 I^- \rightarrow I_2 + 2 H_2O$ .  
Ecrire les deux demi-équations électroniques qui permettent d'y aboutir.
2. Pour réaliser cette réaction on utilise de l'eau oxygénée de concentration molaire en peroxyde d'hydrogène  $H_2O_2$  valant  $C = 1,78 \text{ mol.L}^{-1}$ .
  - a) Le peroxyde d'hydrogène se dismute selon l'équation-bilan :  $H_2O_2 \rightleftharpoons \frac{1}{2} O_2 + H_2O$ .  
Calculer le titre ou "concentration en volumes" de l'eau oxygénée.
  - b) On fait réagir, dans la réaction de la question 1), 10 mL d'eau oxygénée de concentration  $C = 1,78 \text{ mol.L}^{-1}$ . Calculer la masse de diiode  $I_2$  formé.

**Données :** Masses molaires atomiques (en  $\text{g.mol}^{-1}$ ) : H : 1; O : 16; I : 127  
Volume molaire des gaz dans les conditions normales de température et de pression :  $V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$ .

## **EXERCICE 3.**

1. Qu'appelle-t-on titre en volume (ou concentration en "volumes") d'une eau oxygénée ?  
Un flacon d'eau oxygénée porte l'indication 110 volumes. Expliquer ce que cela veut dire.
2. On prélève un volume  $V = 10 \text{ mL}$  d'une solution d'eau oxygénée à 110 volumes. On introduit ces 10 mL dans une fiole jaugée de 100 mL et on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.
  - 2.1. Quels matériels utilise-t-on pour prélever les 10 mL précédents ?
  - 2.2. Calculer la concentration en "volumes" de la solution diluée obtenue.
3. L'eau oxygénée peut subir une réaction de dismutation.
  - 3.1. Qu'appelle-t-on réaction de dismutation ?
  - 3.2. Les deux couples intervenants dans cette dismutation sont  $H_2O_2 / H_2O$  et  $O_2 / H_2O_2$ .  
Ecrire les deux demi-équations électroniques correspondantes.
  - 3.3. Ecrire l'équation-bilan de la dismutation de l'eau oxygénée.

## **EXERCICE 4.**

On désire doser une solution de peroxyde d'hydrogène par manganimétrie.

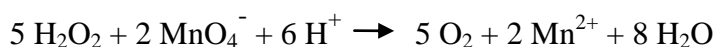
### **A) ETUDE EXPERIMENTALE.**

On dispose du matériel et des solutions suivants : un bécher, une burette graduée, de l'acide sulfurique,  $V_1 = 1$  mL d'eau oxygénée incolore de concentration  $C_1$  inconnue, une solution violette de permanganate de potassium ( $K^+ + MnO_4^-$ ) de concentration molaire  $C_2 = 0,01$  mol.L<sup>-1</sup>.

1. Quel est le but d'un dosage ? Quelle est la solution titrante ? Quelle est la solution à doser ?
2. Faire le schéma annoté du montage expérimental à réaliser.
3. Dans ce dosage, l'eau oxygénée est-elle oxydante ou réductrice ?
4. L'obtention, dans le milieu réactionnel, d'une coloration rose persistante indique la fin du dosage. Comment appelle-t-on cette étape ?

## B) ETUDE THEORIQUE.

L'équation-bilan de la réaction de dosage s'écrit :



1. Retrouvez cette équation-bilan à partir des demi-équations électroniques correspondant aux couples rédox  $MnO_4^- / Mn^{2+}$  et  $O_2 / H_2O_2$ .

On rappelle que la demi-équation électronique correspondant au couple rédox  $MnO_4^- / Mn^{2+}$  s'écrit :

$$MnO_4^- + 8 H^+ + 5 e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4 H_2O.$$

2. Pour avoir l'équivalence, on a dû verser un volume  $V_e = 9,8$  mL de solution de permanganate de potassium.

a) Montrer qu'à l'équivalence on peut écrire  $C_1 V_1 = \frac{5}{2} C_2 V_e$

- b) En déduire la concentration molaire  $C_1$  de l'eau oxygénée.

## EXERCICE 5.

*Rappels : Une solution d'eau oxygénée a un titre ou une "concentration" de n volumes si un litre de cette solution est capable de libérer n litres de dioxygène dans les conditions normales de température et de pression (notées C.N.T.P.).*

*Dans ces conditions le volume molaire vaut  $V_m = 22,4$  L.mol<sup>-1</sup>.*

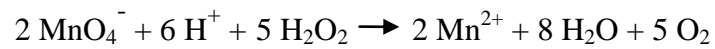
Un flacon employé pour nettoyer et désinfecter les plaies de la peau porte l'indication suivante :

"Eau oxygénée à 10 volumes".

1. Quel est le volume de dioxygène susceptible d'être libéré par un litre de la solution précédente dans les C.N.T.P ?
2. Ecrire l'équation-bilan de la décomposition du peroxyde d'hydrogène  $H_2O_2$  en eau et en dioxygène.
3. Montrer qu'un litre de la solution contenue dans le flacon contient 0,89 mol de peroxyde d'hydrogène.
4. Afin de vérifier le résultat de la question 3, on effectue un dosage d'un volume  $V = 10$  mL de la solution d'eau oxygénée à 10 volumes par les ions permanganate en milieu acide.

**4.1.** Faire une liste du matériel nécessaire pour effectuer ce dosage (les schémas ne sont pas demandés).

**4.2.** La réaction entre les ions permanganate et le peroxyde d'hydrogène s'écrit :



**4.2.1.** Définir ce qu'on appelle l'équivalence lors d'un dosage.

**4.2.2.** Sachant que les ions  $\text{MnO}_4^-$  sont de couleur violette et que les ions  $\text{Mn}^{2+}$  sont incolores, comment peut-on, lors de ce dosage, repérer expérimentalement l'équivalence ?

**4.2.3.** Lors du dosage des 10 mL de cette eau oxygénée, l'équivalence a été obtenue en utilisant  $n = 3,6 \cdot 10^{-3}$  mole d'ions permanganate.

L'équation-bilan indiquant que 2 moles d'ions permanganate réagissent avec 5 moles de peroxyde d'hydrogène, calculer la quantité (nombre de moles) de peroxyde d'hydrogène contenue dans le volume  $V = 10$  mL d'eau oxygénée.

En déduire le nombre de moles de peroxyde d'hydrogène contenues dans un litre d'eau oxygénée, et vérifier que l'on retrouve le résultat de la question 3.