



REPUBLIQUE DU SENEGAL

Un Peuple – Un But – Une Foi

Ministère De l'Éducation Nationale

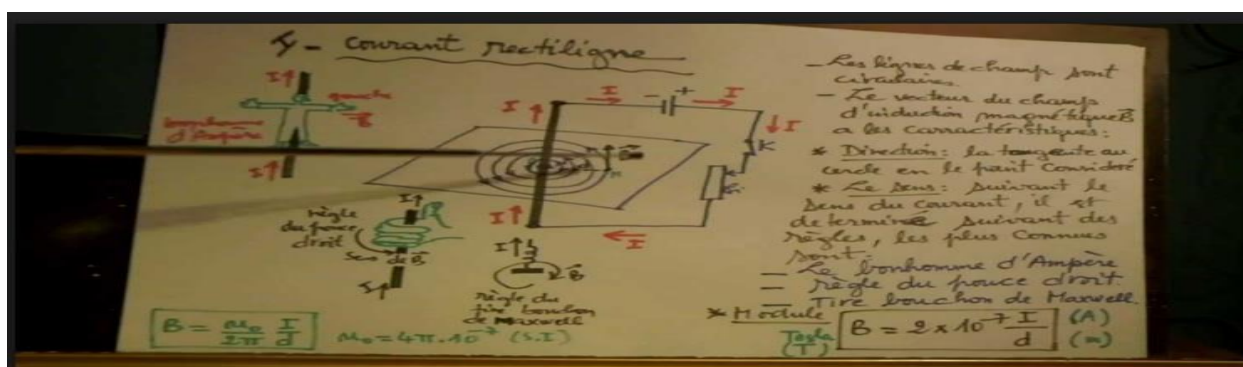
INSPECTION D'ACADEMIE DE KAOLACK

Cellule mixte n°1 de sciences physiques/TL2/2018-2019



# FASCICULE DE SCIENCES PHYSIQUES

## TERMINALE L2



**Dédié aux formateur M. BOUBACAR MBOUP et formatrice Mme SENE au pôle régional de Kaolack**

**COLLECTION : "MBOUPSENE"**

**REPUBLIQUE DU SENEGAL**

Un Peuple – Un But – Une Foi

**Ministère De l'Éducation Nationale**

INSPECTION D'ACADEMIE DE KAOLACK

**Cellule mixte n°1 de sciences physiques/TL2/2018-2019****MEMBRES DE LA CELLULE MIXTE N°1 DE SCIENCES PHYSIQUES-KAOLACK-2018/2019**

| N° | PRENOM           | NOM      | ETABLISSEMENT                    | TELEPHONE | E-MAIL                      |
|----|------------------|----------|----------------------------------|-----------|-----------------------------|
| 1  | Alarba           | KANDE    | Inspecteur de sciences physiques | 775313506 | lirbilarba@gmail.com        |
| 2  | Boubacar         | MBOUP    | Formateur au pôle régional       | 770300004 | boumboup@yahoo.fr           |
| 3  | MBAYE            | SENE     | LYCEE DE KAHONE                  | 776123297 | senembaye39@gmail.com       |
| 5  | OMAR             | NIASS    | LYCEE NGANE SAER                 | 774180450 | omaniyas81@yahoo.fr         |
| 6  | NABA             | SECK     | LYCEE VALDIODIO NDIAYE           | 779051932 | secknaba@yahoo.fr           |
| 7  | SAER             | MBATHIE  | LYCEE VADIODIO NDIAYE            | 776502567 | saermbathielvnd@gmail.com   |
| 8  | GANOUH           | GUEYE    | LYCEE VALDIODIO NDIAYE           | 777510814 | gueyega13@yahoo.fr          |
| 9  | AKHMADOU         | SARR     | LYCEE DE KAHONE                  | 773285786 | garakhmadou@gmail.com       |
| 10 | ELHADJI IBRAHIMA | THIAM    | LYCEE VADIODIO NDIAYE            | 776090814 | Letb7@yahoo.fr              |
| 11 | Pape Ibrahima    | Gueye    | LYCEE NGANE SAER                 | 771568545 | paibra84@yahoo.fr           |
| 12 | THIERNO          | NDIOGOU  | LYCEE VALDIODIO NDIAYE           | 777016268 | Momthernobirahim@yahoo.fr   |
| 13 | BABACAR          | LOUM     | LYCEE HAMID KANE                 | 778271852 | loumbabs@gmail.com          |
| 14 | SOULEYMANE       | LY       | LYCEE HAMID KANE                 | 776181508 | Sileymanely130180@gmail.com |
| 15 | SEGA             | CISSOKHO | LYCEE HAMID KANE                 | 772595784 | Sega6ko@gmail.com           |
| 16 | GUEDJI           | MARONE   | LYCEE NGANE SAER                 | 775541495 | maronesguedji@gmail.com     |
| 17 | SERIGNE DARA     | THIOUB   | LYCEE IBRAHIMA DIOUF             | 775036471 | sdarathioub@yahoo.com       |
| 18 | ARONA            | NDIAYE   | LYCEE VALDIODIO NDIAYE           | 776616741 | ndiayerone@hotmail.fr       |
| 19 | MAMADOU          | DIOUF    | LYCEE VALDIODIO NDIAYE           | 779302055 | mamadou19diouf76@gmail.com  |
| 20 | ABDOULAYE        | POUYE    | LYCEE IBRAHIMA DIOUF             | 772079095 | apouye51@yahoo.com          |
| 21 | Doyen Babou      | Konaté   | LYCEE VALDIODIO NDIAYE           | 770969236 | baboukona59@gmail.com       |
| 22 | Doyen Abdoulaye  | DIAW     | LYCEE VALDIODIO NDIAYE           | 778537192 |                             |
| 23 | Bachir           | Thiam    | LYCEE VALDIODIO NDIAYE           | 781568261 | Bachirthiam37@gmail.com     |

**Le coordonnateur**

M. OMAR NIASS



**REPUBLIQUE DU SENEGAL**

**Un Peuple – Un But – Une Foi**

**Ministère De l'Éducation Nationale**

INSPECTION D'ACADEMIE DE KAOLACK

Cellule mixte n°1 de sciences physiques/TL2/2018-2019



## **PREFACE**



## PROGRESSION HARMONISEE POUR LA TERMINALE L2 EN SCIENCES PHYSIQUES

### SOMMAIRE DU PROGRAMME DE TERMINALE L2

*HORAIRE : 2 h /élève*

Le tableau ci-après donne un récapitulatif de l'horaire hebdomadaire / élève pour l'ensemble des séries.

| CLASSE           | HORAIRE HEBDOMADAIRE / ELEVE(h) |                          |                |                |                            |                |                |
|------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------|
|                  | Cycle moyen                     | Cycle secondaire général |                |                | Cycle secondaire technique |                |                |
| 4 <sup>ème</sup> | 2                               | S <sub>1</sub>           | S <sub>2</sub> | L <sub>2</sub> | S <sub>3</sub>             | T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> |
| 3 <sup>ème</sup> | 2                               |                          |                |                |                            |                |                |
| 2 <sup>ème</sup> |                                 | 5                        | 5              | 2              | 5                          | 6              | 6              |
| 1 <sup>ère</sup> |                                 | 5                        | 5              | 2              | 5                          | 4              | 4              |
| Tle              |                                 | 6                        | 6              | 2              | 6                          | 3              | 3              |

#### PROGRAMME DE PHYSIQUE.

| CHAPITRE       |   | Horaire   |
|----------------|---|-----------|
| Numéro         | Titre   |           |
|                | <b><u>THEME 1: ENERGIE</u></b>                                |           |
| P <sub>1</sub> | Production, transport, utilisation de l'énergie électrique    | 5         |
| P <sub>2</sub> | Energie nucléaire : réactions spontanées, fusion et fission   | 4         |
|                | <b><u>THEME 2 : PHENOMENES VIBRATOIRES</u></b>                |           |
| P <sub>8</sub> | Généralités sur les signaux et ondes mécaniques               | 5         |
| P <sub>4</sub> | Aspect ondulatoire de la lumière.                             | 4         |
| P <sub>5</sub> | Aspect corpusculaire de la lumière ; Dualité onde-corpuscule. | 4         |
| <b>Total</b>   |   | <b>22</b> |

#### PROGRAMME DE CHIMIE

| CHAPITRE       |  | Horaire |
|----------------|--|---------|
| Numéro         | Titre  |         |
|                | <b><u>THEME 1: MATIERES PLASTIQUES ET TEXTILES</u></b> |         |
| C <sub>1</sub> | Matières plastiques                                    | 5       |
| C <sub>2</sub> | Les textiles.  | 4       |
|                | <b><u>THEME 2: COMPOSES OXYGENES.</u></b>              |         |
| C <sub>3</sub> | Les savons   | 5       |
| C <sub>4</sub> | Les lessives, les antiseptiques et les désinfectants   | 3       |
|                | <b><u>THEME 3 : POLLUTION</u></b>                      |         |



**REPUBLIQUE DU SENEGAL**

**Un Peuple – Un But – Une Foi**

**Ministère De l'Éducation Nationale**

INSPECTION D'ACADEMIE DE KAOLACK

Cellule mixte n°1 de sciences physiques/TL2/2018-2019



|                |                                   |           |
|----------------|-----------------------------------|-----------|
| C <sub>5</sub> | La pollution de l'air et de l'eau | 4         |
| <b>Total</b>   |                                   | <b>21</b> |



## Progression .

L'année scolaire au Sénégal est courte. Compte tenu de la rentrée tardive, des périodes d'interruption (congés scolaires, fêtes religieuses ou culturelles), des jours fériés, des périodes des conseils de classe, voire des compositions et sans compter d'éventuelles grèves, il est difficile de travailler plus de 25 semaines. Il est donc important de planifier l'année scolaire pour finir le programme dans ces conditions.

Voici un calendrier d'avancement possible pour 2 h hebdomadaire (qui ne reste qu'une proposition). N'est pris en compte dans ce tableau que l'horaire élève : soit 2 h par semaine.

| Semaine    | Chapitre de physique                            | Chapitre de chimie        | TD et Evaluation    |
|------------|---|---------------------------|---------------------|
| Semaine 1  | Production, transport, En. electric. (2 h)      |                           |                     |
| Semaine 2  | Production, transport (1 h) En. nucléaire (1 h) |                           |                     |
| Semaine 3  | Energie nucléaire.... (2 h)                     |                           |                     |
| Semaine 4  |   |                           | Devoir N°1 (2 h)    |
| Semaine 5  |   | Matières plastiques (1 h) | Correction D1 (1 h) |
| Semaine 6  |   | Matières plastiques (2 h) |                     |
| Semaine 7  |   | Les textiles (2 h)        |                     |
| Semaine 8  |   | Les textiles (1 h)        | TD (1 h)            |
| Semaine 9  |   |                           | Devoir N°2 (2 h)    |
| Semaine 10 | Généralités sur les signaux... (1 h)            |                           | Correction D2 (1 h) |
| Semaine 11 | Généralités sur les signaux... (2 h)            |                           |                     |
| Semaine 12 | Aspect ondulatoire de la lumière (2 h)          |                           |                     |
| Semaine 13 | Aspect ondulatoire de la lumière (1 h)          |                           | TD (1 h)            |
| Semaine 14 | Aspect corpusculaire de la lumière (2 h)        |                           |                     |
| Semaine 15 | Aspect corpusculaire de la lumière (1 h)        |                           | TD (1 h)            |
| Semaine 16 |   |                           | Devoir N°3 (2 h)    |
| Semaine 17 |   | Les savons (1 h)          | Correction D3 (1 h) |
| Semaine 18 |   | Les savons (2 h)          |                     |
| Semaine 19 |   |                           | Devoir N°4 (2 h)    |
| Semaine 20 |   | Lessives antiseptiques1 h | Correction D4 (1 h) |
| Semaine 21 |   | Lessives antiseptiques.2h |                     |



**REPUBLIQUE DU SENEGAL**

**Un Peuple – Un But – Une Foi**

**Ministère De l'Éducation Nationale**

INSPECTION D'ACADEMIE DE KAOLACK

Cellule mixte n°1 de sciences physiques/TL2/2018-2019



|            |  |                    |                |
|------------|--|--------------------|----------------|
| Semaine 22 |  | La pollution (2 h) |                |
| Semaine 23 |  | La pollution (1 h) | Révision (1 h) |
| Semaine 24 |  | Révision (2 h)     |                |
| Semaine 25 |  | Révision (2 h)     |                |



**REPUBLIQUE DU SENEGAL**

**Un Peuple – Un But – Une Foi**

**Ministère De l'Éducation Nationale**

INSPECTION D'ACADEMIE DE KAOLACK

Cellule mixte n°1 de sciences physiques/TL2/2018-2019



# PHYSIQUE TL2





## COURS P1 : Production, transport et utilisation d'énergie électrique

### Introduction

L'homme ne peut pas créer de l'énergie, il ne peut pas la détruire mais il la transforme.

L'énergie que nous utilisons provient de la nature (vent, soleil, pétrole, charbon) : énergie primaire.

L'énergie électrique provient de la transformation d'une énergie primaire, c'est une énergie secondaire.

Il existe plusieurs formes d'énergie telle que l'énergie éolienne, solaire, chimique, mécanique, nucléaire, électrique, calorifique (énergie thermique).

Il ya toujours possibilité de transformation d'énergie en une autre forme.

L'énergie joue un rôle fondamental sur terre : électricité, transport, télécommunication.

### I. Généralité sur l'énergie.

**I.1 Définition:** Un corps possède de l'énergie lorsqu'il peut fournir du **travail** ou de la **chaleur**.

### I.2 Quelques sources d'énergie.

- Les sources fossiles : il y a le pétrole, le charbon et les gaz naturels
- Les sources renouvelables : il y a l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique
- Les sources nucléaires : il y a l'uranium, le polonium (Po)

### I.3 Les différentes formes d'énergie.

L'énergie peut se présenter sous des formes très diverses :

- l'énergie mécanique qui se présente sous deux formes :
  - . Cinétique si les corps sont en mouvement (l'eau qui tombe d'un barrage)
  - . Potentielle si l'énergie est en réserve (l'eau stockée derrière un barrage)
- l'énergie thermique ou calorifique
- l'énergie chimique
- l'énergie rayonnante ou lumineuse
- l'énergie nucléaire
- l'énergie électrique

L'énergie peut passer, dans certaines conditions, d'une forme à une autre et vice versa : on dit qu'il y a transformation ou conversion d'énergie.

### I.4 Unités d'énergie.

L'énergie, comme le travail qu'elle peut produire, se mesure en **Joules (J)**. Elle se note **W**.

Dans certains cas, on utilise d'autres unités :

- la calorie : 1 cal = 4,18 J.
- la thermie : 1 Th = 1000000 cal =  $10^6$  cal
- le wattheure : 1 Wh = 3 600 J -> le Kilowattheure : 1 KWh = 1000 Wh = 3 600 000 J
- la tonne- équivalent- pétrole (tep) :  $4,2 \cdot 10^{10}$  J

### I.5 Quelques expressions :

-Energie cinétique : c'est l'énergie liée à la vitesse d'un objet de masse donnée, elle est donnée par la relation  $E_c = \frac{1}{2} m v^2$  ; v en m/s, m en kg et  $E_c$  en joule(J)

-Energie potentielle de pesanteur : c'est l'énergie liée à la position de l'objet par rapport à la terre.

$E_{pp} = mgh$ , m en kg, g en N/kg, h en m et  $E_{pp}$  en joule (J)

Energie mécanique c'est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle.

$E_m = E_{pp} + E_c$  donc en joule.

-Energie calorifique ou thermique : pour un corps pur de masse(m), toute variation de température conduit soit à une absorption de chaleur ou une perte de chaleur.

$E = Q = mc(tf - ti)$  en joule ; m en kg, c en J/kg/°c

-Energie électrique

### I.6 Expression de l'énergie électrique

#### I.6.1 Définition

L'énergie électrique  $E$  reçue par un dipôle soumis à une tension  $U$  et traversé par un courant d'intensité  $I$  pendant un temps  $t$  est donnée par  $E = UIt$  où  $U$  en volt (V),  $I$  en ampère (A),  $t$  en seconde (s) et  $E$  en joule (J)

Si le dipôle est un résistor alors  $U = RI \rightarrow E = RI^2t$  où  $R$  est la résistance en ohm ( $\Omega$ ) et l'énergie est appelée énergie par effet joule.

### I.6.2 Notion de puissance : puissance apparente et puissance moyenne

**Puissance apparente :**  $P_a = UI$  où  $P_a$  en watt (W),  $U$  en volt (V) et  $I$  en ampère (A)

Si le dipôle est un résistor alors  $P_a = RI^2$  puissance dissipée par effet joule.

**Puissance moyenne :**  $P_m = KUI$  où  $K$  est le facteur de puissance de qualité du dipôle  $\leq 1$ ,  $P_m$  en watt(W).

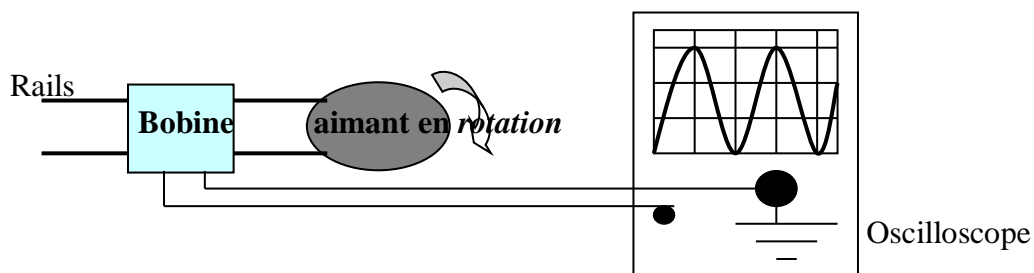
Pour un conducteur ohmique  $K=1$  et pour une bobine ou un condensateur il est nul.

## II. Production de l'énergie électrique.

### II.1 Mise en évidence du phénomène d'induction

#### II.1.1 Expérience :

On fait tourner un aimant droit devant une bobine fixe dont les bornes sont reliées à un oscilloscope



Lorsque l'aimant tourne, il apparaît sur l'écran de l'oscilloscope une tension électrique 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.

#### II.1.2 Définition d'un alternateur

Un alternateur est appareil qui convertit l'énergie mécanique de rotation en énergie électrique (exemple : l'ensemble bobine + aimant constitue un alternateur). Il produit une tension périodique alternative : c'est un générateur de tension alternative. Nous pouvons citer les alternateurs à vélo, les alternateurs industriels,...

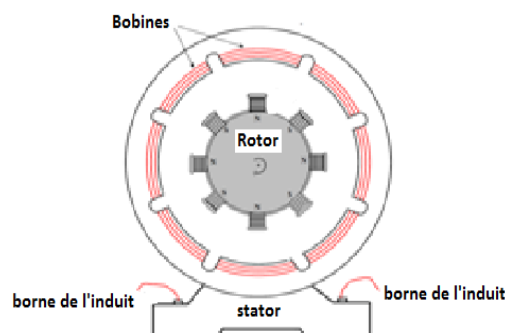
N.B : L'alternateur à bicyclette permet d'allumer ses lampes.

Dans certains modèles, l'aimant est mobile et la bobine fixe, dans d'autres, c'est le contraire. La partie mobile est appelée *le rotor*. La partie fixe est appelée *le stator*.

#### II.1.3 Description

Les alternateurs industriels permettent une production d'énergie à grande échelle. Ils sont constitués de deux parties :

- Le **rotor** : c'est la partie mobile de l'alternateur (l'inducteur). Il est constitué de plusieurs aimants.
- Le **stator** : c'est la partie fixe de l'alternateur.



3

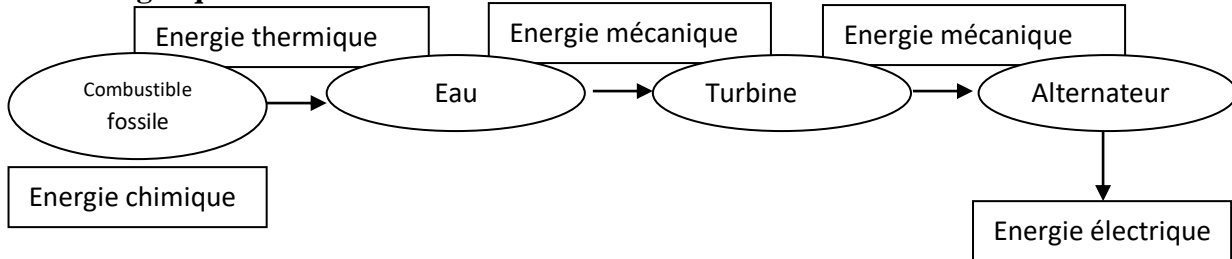
## II.2 Les centrales électriques :

Les centrales sont donc classées en fonction de la source d'énergie dite énergie primaire utilisée. Ainsi, il existe cinq principaux types de centrales électriques :

### II.2.1 les centrales à combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) dites centrales thermiques classiques

La combustion de combustibles fossiles (ou de biomasse) permet de chauffer de l'eau, de la vaporiser, la vapeur fait ensuite tourner une turbine qui fait tourner un alternateur.

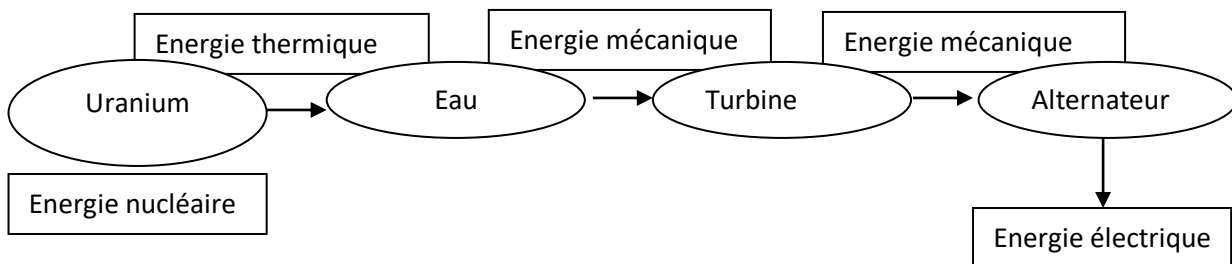
**Bilan énergétique :**



### II.2.2 les centrales nucléaires.

Les centrales nucléaires qui sont également des centrales que l'on peut qualifier de Thermiques : Une réaction nucléaire dégage de la chaleur qui va permettre de vaporiser de l'eau, la vapeur obtenue fait tourner une turbine qui fait tourner un alternateur.

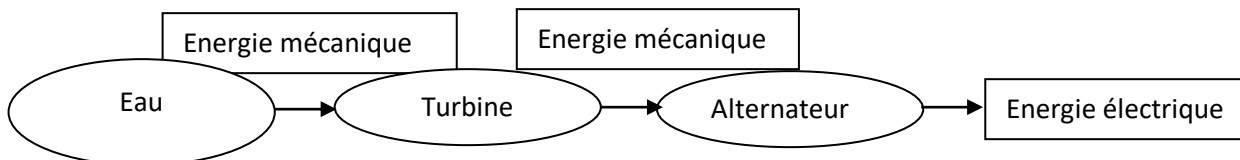
**Bilan énergétique :**



### II.2.3 les centrales hydroélectriques

L'eau qui s'écoule fait tourner une turbine qui fait tourner un alternateur.

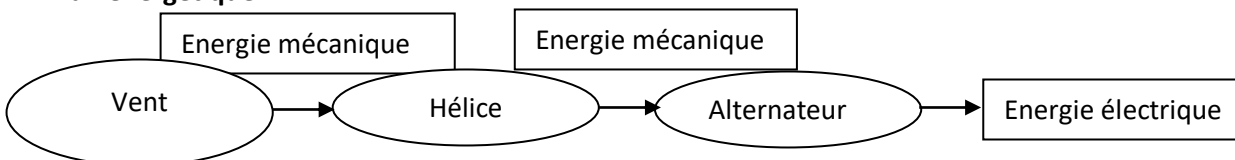
**Bilan énergétique :**



### II.2.4 les centrales éoliennes

Les pales de l'éolienne sont mise en mouvement par le vent, elles entraînent avec elles un axe qui fait tourner l'alternateur.

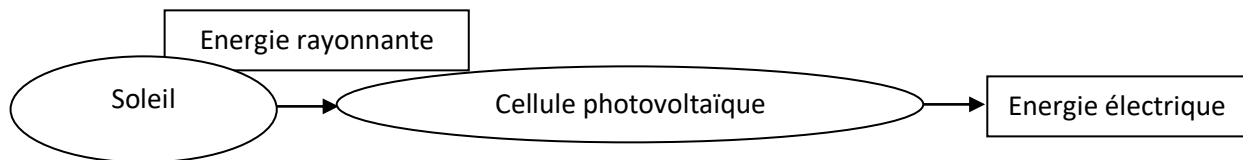
**Bilan énergétique :**



### II.2.5 la centrale solaire ou photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque transforme le rayonnement solaire directement en électricité.

**Bilan énergétique :**



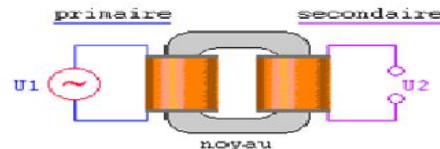
## II.3 Les transformateurs

**II.3.1 Définition :** Un transformateur est un appareil qui permet d'élever la tension alternative qu'il reçoit ou de l'abaisser.

### II.3.2 Constitution du transformateur.

Il est constitué de deux bobines :

- Le primaire B1 comporte  $n_1$  spires ;
- Le secondaire B2 comporte  $n_2$  spires.



### II.3.3 Symbole d'un transformateur.



### II.3.4 Relation entre la tension de sortie $U_2$ et d'entrée $U_1$ d'un transformateur.

Lorsqu'on applique une tension alternative  $U_1$  au primaire, on recueille une tension alternative  $U_2$  au secondaire de même fréquence que  $U_1$ . Les tensions  $U_1$  et  $U_2$  sont proportionnelles :  $U_2 = KU_1$  ;  $K$  est appelé rapport de transformation et est donné par la relation  $K = N_2/N_1$

D'où la relation  $U_2/U_1 = N_2/N_1 = I_1/I_2$

- . Si  $K < 1$ , alors  $U_2 < U_1$  : le transformateur est abaisseur de tension
- . Si  $K > 1$ , alors  $U_2 > U_1$  : le transformateur est élévateur de tension
- . Si  $K = 1$ , alors  $U_2 = U_1$  : le transformateur est isolateur de tension (protection des appareils)

### II.3.5 Rendement d'un transformateur.

Un transformateur reçoit une puissance  $P_1$  au primaire et fournit une puissance  $P_2$  au circuit branché au secondaire. Son rendement  $R$  est donnée par :  $R = P_2/P_1 = U_2 I_2 / U_1 I_1 = N_2 I_2 / N_1 I_1$

**Remarque :  $R < 1$ , toujours, à cause des pertes d'énergie par effet joule dans les bobinages. La puissance perdue par effet joule est donnée par :  $P_J = P_1 - P_2$**

## III. Transport de l'énergie électrique.

Après production, l'électricité est transportée à haute tension mais elle est utilisée à domestique à basse tension. On utilise alors après le groupe turbo-alternateur de la centrale un transformateur élévateur de tension et avant l'utilisation domestique, on utilise un transformateur abaisseur de tension.

**III.1 Lignes de transport** Nous distinguons deux types de lignes électriques : les lignes de transports et les lignes de distribution.

### III.1.1 Lignes de transport

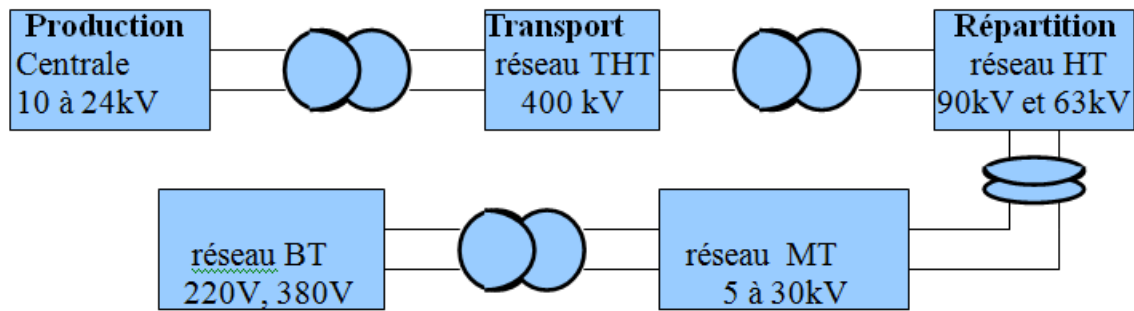
Elles ont une très haute tension (THT)(150 à 400KV) ou bien une haute tension HT (60 à 90KV).

### III.1.2 Lignes de distribution

Elles ont une moyenne tension (15 à 25 KV) ou une tension faible (220V à 300V).

### III.2 Les pertes en ligne

Pendant le transport de l'énergie électrique, il y a des pertes d'énergie par effet joule. Ces pertes dépendent de la résistance totale du câble et de la longueur des câbles utilisées. La puissance perdue par effet joule est donnée par la relation :  $P_J = RI^2$  avec  $R$  résistance totale du câble en ohm ( $\Omega$ ) et  $I$  intensité efficace en ampère (A).



**IV- 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) et est maintenue 220V 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.
- Les fisibles
- Chaque appareil est monté en parallèle dérivation directement ou par l'intermédiaire d'une prise de courant sur les fils de distribution. Ceci rend les appareils indépendants les uns des autres

**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.

Le non respect des prescriptions et textes réglementaires peuvent être la cause :

- De graves accidents pour les personnes qui peuvent avoir pour conséquence :
  - Des électrisations : réactions du corps dues à un contact accidentel avec l'électricité.
  - Des brûlures de contact et internes.
  - Des brûlures thermiques par arc électrique ou projection de métal en fusion.
  - L'électrocution : c'est l'électrisation qui débouche sur une issue fatale.
- De détériorations de matériel par casse mécanique, incendie ou explosion.

**Exercice d'application : Facturation exercice bac 2010**

- Après production au niveau de la centrale, l'électricité fournie par la Société nationale d'électricité du Sénégal « Sénélec » est transportée à haute sur de très longue distance par des câbles mais elle est utilisée à domestique à basse tension.
  - Expliquer pourquoi le courant électrique est transporté à haute tension de la centrale de production vers les utilisateurs ?
  - Utilise- t- on un transformateur abaisseur de tension ou élévateur de tension au sortir de la centrale électrique ?
- La facture d'électricité délivrée par la Sénélec 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'un « goorgoorlu » se présente comme suit :

| Tranche                  | Consommation (kWh) | Tarifs (CFA /kWh) | Montant |
|--------------------------|--------------------|-------------------|---------|
| 1 <sup>ère</sup> tranche | 160                | 106,4             |         |

|                          |     |       |  |
|--------------------------|-----|-------|--|
| 2 <sup>ème</sup> tranche | 106 | 114,2 |  |
| 3 <sup>ème</sup> tranche | 96  | 117,3 |  |
| Total                    |     |       |  |

- a) Sur la facture, l'énergie électrique est exprimée en kWh.
  - Rappeler le nom et symbole de l'unité d'énergie dans le système international (SI)
  - Convertir 1kWh en unité SI.
- b) Quelle est la consommation totale du « goorgoorlu » en kWh et quel est le montant en CFA 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 920F et le taxe sur la valeur ajoutée (TVA) dont le montant est 18% hors taxe. Calculer la somme nette que ce « goorgoorlu » doit à la Sénélec.

### Solution proposée

- 1) a- le courant électrique est transporté à haute tension de la centrale de production vers les utilisateurs pour minimiser les pertes d'énergie par effet joule.
  - b- on utilise un transformateur élévateur de tension au sortir de la centrale électrique.
- 2) a- nom de l'unité d'énergie SI : joule ; son symbole est (J) ;  
 $1\text{kWh}=10^3\text{Wh}=3600.10^3\text{J}=3600\text{kJ}$ .
  - b- Consommation totale du goorgoorlu en kWh et montant hors taxe.  
 Consommation totale : 362kWh ; montant hors taxe en CFA : 40390F
  - c- Somme due à la Sénélec = montant hors taxe + taxe communale + redevance + TVA  
 $=40390+1009,75 + 920 + 7270,2 = 49589,95 \text{ FCFA}$



**Série P1 : Production, transport et utilisation d'énergie électrique**

**Exercice 1 : Compléter les phrases suivantes**

- 1/ Un alternateur est une machine génératrice de ..... Il transforme de ..... en .....
- 2/ On trouve dans un alternateur une partie fixe appelée ..... et une partie mobile appelée .....
- 3/ Un aimant en mouvement devant une bobine et dont les bornes se relient sur un milliampèremètre provoque le passage d'un courant électrique. Ce phénomène est nommé ....  
et le courant mis en évidence est appelé.....
- 4/ Une centrale thermique classique produit de..... à partir de..... obtenue en brûlant un combustible. Sous l'action de la chaleur dégagée par le combustible, l'eau se concentre en .... qui atteint une forte pression. La détente de cette ..... fait tourner la ..... qui à son tour entraîne ..... de l'alternateur, d'où la production du.....
- 5/ L'énergie  $E$  consommée par un appareil électrique est liée à sa puissance  $P$  et à la durée  $t$  de fonctionnement par la relation : .....
- 6/ Un appareil de chauffage permet de transformer l'énergie électrique consommée en .....
- 7/ Un appareil comportant un moteur permet de transformer l'énergie électrique consommée en .....

**Exercice 2 : Cocher la bonne réponse.**

- 1/ Dans l'expression  $P = UI \cos \phi$ , le facteur de puissance est :    **a)  $UI$**             **b)  $\cos \phi$**
- 2/ Le kilowattheure (KWh) est une unité de :  
**a) Puissance**                            **b) Énergie**                            **c) Résistance**
- 3/ Dans un transformateur le rapport des nombres de spires est tel que :  $N_2/N_1 = 1$ .                            Le transformateur est alors dit :  
**a) élévateur**            **b) d'isolement**            **c) abaisseur**
- 4/ Une bobine est branchée aux bornes d'un oscilloscope. Dans quel(s) cas le spot bouge-t-il ?  
**a) On approche l'aimant**  
**b) On maintient l'aimant immobile devant la bobine**  
**c) On retire l'aimant**
- 5/ Aux bornes d'un stator d'un alternateur industriel la tension est : **a) continue**    **b) alternative.**
- 6/ Le rotor d'un alternateur comporte :    **a) des aimants**            **b) des électroaimants**
- 7/ La tension efficace aux bornes du stator vaut environ : **a) 6V**            **b) 220V**            **c) 15000V**

**2.3-** On fait tourner un aimant droit devant une bobine fixée et dont les bornes sont reliées à un microampèremètre:  
a) le phénomène d'induction électromagnétique est mis en évidence ; b) un courant circule dans les spires de la bobine c) dans le dispositif expérimental, l'aimant joue le rôle de stator et la bobine celui de rotor ; d) l'expérience réalisée illustre le principe des alternateurs

**Exercice 3 :**

Un chauffe eau électrique, alimentée en courant alternatif sinusoïdal sous une tension de valeur efficace  $U = 220V$  est traversé par un courant d'intensité efficace  $I = 8,2A$ .

- 1/ Avec quels appareils mesure-t-on la tension et l'intensité du courant électrique ?
- 2/ Définir la puissance apparente et la calculer pour le chauffe eau.
- 3/ L'énergie électrique consommée par le chauffe eau pour une durée de 6h est  $E = 1,7 \cdot 10^7 J$ .  
En déduire la puissance moyenne et le facteur de puissance du récepteur.

**Exercice 4 :**

Un transformateur comporte un nombre de spires  $N_1 = 2000$  au primaire et  $N_2 = 500$  au secondaire. On applique au primaire, une tension alternative sinusoïdale de fréquence  $f = 50Hz$  et de valeur efficace  $U_1 = 10V$ .

- 1/ Quelle est la nature de la tension au secondaire ? Quelle est sa fréquence ?
- 2/ Le transformateur est-il élévateur ou abaisseur de tension ? Justifier.
- 3/ Calculer la valeur efficace  $U_2$  de la tension au secondaire.
- 4/ Si l'intensité du courant dans le secondaire est  $I_2 = 5A$ , calculer l'intensité du courant dans le primaire.

**Exercice 5 :**

Une ligne de transport de résistance  $R$  alimente une installation électrique. Soit  $U$  la valeur efficace de la tension au départ de la ligne et  $I$  la valeur efficace de l'intensité du courant.

Le facteur de puissance de l'ensemble constitué de la ligne et de l'installation est  $\cos \phi = 0,9$ .

- 1/ Donner l'expression de la puissance fournie par le poste de distribution.
- 2/ Calculer la puissance dissipée par effet joule pour une ligne de résistance  $0,5\Omega$  alimentée par un alternateur délivrant une puissance de 20KW pour  $U = 220V$  puis  $U = 5000V$ .
- 3/ Sur quelle grandeur peut-on intervenir pour limiter les pertes en lignes ?

**Exercice 6 : Analyse d'un texte scientifique.**

Au début du 18<sup>e</sup> siècle, plusieurs physiciens ont tenté d'établir un lien entre les phénomènes électriques et magnétiques. C'est ainsi qu'en 1820, un nommé d'OERSTED trouva qu'un courant électrique produisait un champ magnétique ceci grâce à une aiguille aimantée dont il observait la déviation. On chercha alors à démontrer expérimentalement la réciproque de ce phénomène: peut-on avec un champ magnétique induire un courant électrique ?

En 1825, le physicien COLLADON ayant fabriqué une bobine de fils avec un grand nombre de spires et l'ayant branché sur un galvanomètre sensible cherchait à détecter le courant que produisait la présence d'un aimant à proximité ou à l'intérieur de ce solénoïde (bobine).

Scrupuleux de ses recherches pour que l'aimant ne perturbe pas le galvanomètre, il plaça son instrument de mesure dans la pièce voisine reliée à la bobine par de longs fils électriques. Il introduisait l'aimant dans la bobine puis rejoignait l'autre pièce pour lire sur l'appareil de mesure. Toutes les expériences furent négatives. C'est ainsi que ce physicien passa à côté d'une découverte scientifique fondamentale qui allait bouleverser le monde.

### QUESTIONS :

- 1/ COLLADON introduisait un aimant dans une bobine. Quel phénomène physique ce physicien voulait-il observer ?
- 2/ Ces expériences furent sans résultats. Est-ce la seule présence de l'aimant dans la bobine qui engendre le phénomène ? Qu'aurait-il fallu faire ?
- 3/ Pourquoi prendre un grand nombre de spires pour la bobine ?
- 4/ Citer un appareil fonctionnant grâce à ce phénomène physique découvert par la suite ?
- 5/ Si COLLADON avait tourné son aimant devant ou dans la bobine, qu'aurait-il observé sur son appareil de mesure ?

### Exercice 7 :

Soit un transformateur comprenant un circuit primaire et un circuit secondaire.

$P_1$  = puissance électrique à l'entrée du primaire

$P_2$  = puissance électrique à la sortie du secondaire

Les mesures ont donné les résultats consignés dans le tableau ci-dessous :

| $I_1$ (A) | Circuit primaire |           |                | circuit secondaire |           |           |                |
|-----------|------------------|-----------|----------------|--------------------|-----------|-----------|----------------|
|           | $U_1$ (V)        | $P_1$ (W) | $N_1$ (spires) | $I_2$ (A)          | $U_2$ (V) | $P_2$ (W) | $N_2$ (spires) |
| 0,5       | 220              | 99        | 1000           | 0,75               | 12        | 8,55      | 60             |

- 1) Calculer les facteurs de puissance  $k_1$  et  $k_2$  de chacun des circuits.
- 2) Le transformateur est-il abaisseur ou élévateur de tension ? justifier.
- 3) Comparer  $\frac{U_2}{U_1}$  et  $\frac{N_2}{N_1}$ . Conclure.
- 4) Calculer le rendement du transformateur
- 5) Indiquer la nature des pertes de puissance dans ce transformateur.

### Exercice 8 :

Un transformateur de laboratoire supposé idéal porte l'indication suivante: 220V / 48V – 300 V.A.

3.1 Quelles sont les grandeurs électriques précisées par cet indication?

3.2 Faire le schéma normalisé du transformateur en y indiquant les valeurs efficaces et les sens des intensités et tensions dans les enroulements primaires et secondaires.

3.3 Calculer l'intensité efficace dans l'enroulement primaire et le nombre  $n_2$  de spires dans l'enroulement secondaire si le nombre de spires dans l'enroulement primaire  $n_1 = 1000$ .

### Exercice 9 :

Un groupe turboalternateur délivre une puissance électrique  $P_1 = 1080\text{MW}$  sous une tension alternative de fréquence  $f = 50\text{Hz}$  et valeur efficace  $U_1 = 24\text{V}$ .

On suppose tous les facteurs de puissance égaux à 1. Le groupe est branché à un alternateur élévateur de tension de rendement  $\eta = 0,95$ , possédant  $N_1 = 100$  spires au primaire. La tension de sortie au secondaire est  $U_2 = 480\text{KV}$ . Déterminer :

- 1) La valeur de l'intensité efficace du courant électrique circulant au primaire du transformateur.
  - 2) Le rapport de transformation et le nombre de spires au secondaire.
  - 3) La puissance électrique  $P_2$  disponible à la sortie du transformateur.
  - 4) L'intensité efficace  $I_2$  du courant dans le secondaire.
  - 5) La perte de puissance due à l'alternateur, en déduire la perte de chaleur en 1 heure de fonctionnement.
- On rappelle  $1\text{MW} = 1000000\text{W}$  et  $1\text{KV} = 1000\text{V}$ .





**COURS P2 : ENERGIE NUCLEAIRE : REACTIONS SPONTANÉES ; FUSION ET FISSION**

**I. LE NOYAU ATOMIQUE**

**I.1. L'atome et son noyau**

- L'atome comprend deux parties :

Un noyau chargé positivement et des électrons chargés négativement en mouvement autour du noyau.

- L'atome est électriquement neutre : le nombre de charges positives est égal au nombre de charges négatives.
- Un noyau est constitué de Z protons et N neutrons. La somme  $A = Z + N$  est le nombre de nucléons. Le noyau porte la charge électrique  $Q = +Ze$  Coulomb où  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$  est la charge élémentaire.
- Le nuage électronique renferme Z électrons. Il porte la charge électrique  $Q = -Ze$

**Remarque :**

- On appelle nombre de masse d'un noyau son nombre de nucléons A.
- On appelle numéro atomique ou nombre de charges d'un atome, son nombre de protons Z.

**I.2. Les nucléides**

Un nucléide est un ensemble d'atomes ou d'ions possédant un noyau identique (même nombre de protons et de neutrons). Il est caractérisé par son nombre de nucléons A et son nombre de protons Z. On les note  ${}^A_ZX$  où X est le symbole de l'élément correspondant. Exemple :

L'Uranium  ${}^{238}_{92}\text{U}$

**I.3. Les isotopes**

On appelle isotopes des nucléides différents d'un même élément. Les noyaux des isotopes diffèrent par le nombre de neutrons.

Exemples:  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^2_1\text{H}$  et  ${}^3_1\text{H}$  sont des isotopes de l'élément Hydrogène.

${}^{12}_6\text{C}$ ,  ${}^{13}_6\text{C}$  et  ${}^{14}_6\text{C}$  sont des isotopes de l'élément Carbone

${}^{235}_{92}\text{U}$ ,  ${}^{238}_{92}\text{U}$  et  ${}^{239}_{92}\text{U}$  sont des isotopes de l'élément Uranium

**NB :** L'abondance isotopique ou teneur isotopique ou abondance naturelle d'un isotope est son pourcentage massique dans le mélange naturel de l'élément correspondant.

Exemple :  ${}^{12}_6\text{C}(98,99\%)$  ;  ${}^{13}_6\text{C}(1,11\%)$  et  ${}^{14}_6\text{C}(\text{traces})$

**I.4. L'unité de masse atomique. (u)**

La masse du noyau peut être exprimée en unité de masse atomique (u).

Par définition, l'unité de masse atomique est le  $\frac{1}{12}$  de la masse d'un atome de carbone 12.

$$1u = \frac{1}{12} \frac{M(\text{C})}{N} \quad \text{AN: } 1u = \frac{1}{12} \times \frac{12}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{g} ; \quad \underline{1u = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}}$$

Exemples : Proton :  $m_p = 1,0073u$  ; neutron :  $m_N = 1,0087u$  ; électron :  $m_e = 0,00056u$ .

Remarque : La masse du noyau diffère peu de la masse de l'atome correspondant (la masse des électrons est souvent négligée)

**I.5. Défaut de masse**

La masse m d'un noyau est toujours inférieure à la somme des masses des nucléons qui le constituent ( $m < Zm_p + Nm_n$ ).

Cette différence de masse est appelée défaut de masse et est notée :

$$\Delta m = [ Zm_p + (A - Z)m_n - m ]$$

### I.6. Equivalence masse-énergie

La conservation de la masse a été prévue par la théorie d'ALBERT EINSTEIN.

Elle stipule que tout système de masse  $m$  possède une énergie propre appelée énergie de masse définie par :

$$E = mC^2 \quad \text{où } C = 3.10^8 \text{m/s} \text{ est la célérité de la lumière (sa vitesse dans le vide)}$$

### I.7. Energie de liaison

Au défaut de masse  $\Delta m$ , il correspond une énergie de liaison  $E_L$  définie par :

$$E_L = [Zm_p + (A - Z)m_N - m_{\text{noyau}}]C^2$$

Par définition, l'énergie de liaison  $E_L$  est l'énergie qu'il faut fournir au noyau de masse  $m$ , pour le séparer en nucléons isolés et immobiles.

### I.8. Stabilité des noyaux

La stabilité d'un noyau est mesurée par l'énergie de liaison par nucléons  $E_A$  définie par :

$$E_A = \frac{E_L}{A}$$

Un noyau est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucléon est élevée.

L'énergie de liaison par nucléon des noyaux les plus stables est environ **8MeV/nucléon**. Leur nombre de masse est tel que  $20 < A < 195$ . Ils sont surtout groupés autour du nickel ( $Z = 60$ )

### I.9. Autre unité de masse.

L'énergie de repos d'une particule de masse  $m = 1u$  est :

$$E = mC^2 = 1 * 1,67 \cdot 10^{-27} * (3.10^8)^2 = 1,50.10^{-19} \text{J} = 939 \text{MeV}$$

Nous pouvons écrire que la particule a une masse  $m = \frac{E}{C^2} = 939 \text{MeV}/C^2$ .

Des calculs plus exacts montrent que l'énergie correspondant à  **$1u = 931,5 \text{MeV}/C^2$**  valeur utilisée le plus souvent.

### I.10. La cohésion des noyaux

Les interactions répulsives entre les protons chargés positivement devraient conduire à l'éclatement du noyau. On admet donc l'existence d'une interaction forte attractive qui unit l'ensemble des nucléons et qui prédomine devant l'interaction électrique.

Néanmoins, dans certains cas, la cohésion est insuffisante ; les noyaux sont alors instables et se désintègrent spontanément : ils sont **radioactifs**.

Les nucléides radioactifs sont aussi appelés les **radionucléides**.

## II. RADIOACTIVITE : REACTIONS NUCLEAIRES SPONTANEEES.

### II.1. Définition :

Certains noyaux de faible énergie de liaison par nucléon, se transforme (se désintègrent) spontanément en émettant des particules et / ou un rayonnement électromagnétique .

Ce phénomène est appelé **radioactivité naturelle ou réactions nucléaires spontanées**.

Lors d'une désintégration nucléaire, le noyau instable appelé noyau père donne un noyau différent appelé noyau fils.

Le noyau fils est dans un état momentanément instable appelé **état excité** : il possède un excédent d'énergie ; il devient stable en libérant cet excédent d'énergie sous forme de rayonnement gamma ( $\gamma$ ). On dit qu'il **se désexcite**.

Le rayonnement gamma est très pénétrant. On s'en protège avec des écrans en plomb.

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

### II.2 Propriétés :

La radioactivité a été découverte par **BECQUEREL** en **1896**. Elle est :

- Indépendante de la combinaison chimique qui contient l'élément radioactif
- Aléatoire
- Inéluçtable (se manifeste à toute circonstance)
- Indépendante de la température, la pression et l'éclairement.

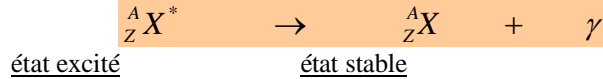
**II.3. DIFFERENTES DESINTEGRATIONS NUCLEAIRES SPONTANEEES.**

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.

**II.3.1. 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.

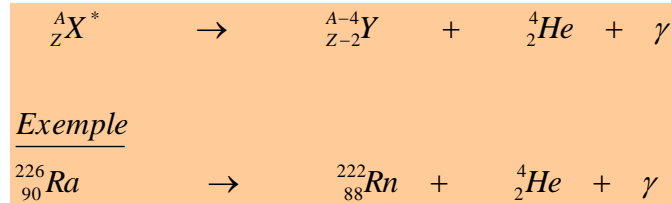
Ce rayonnement est de nature électromagnétique comme la lumière. Il est très pénétrant, peu ionisant et dangereux pour l'Homme. On s'en protège partiellement par un écran de plomb.



**II.3.2. L'émission  $\alpha$**

Les particules  $\alpha$  sont des noyaux d'atomes d'hélium (héliions  $He^{2+}$ ) émis à grande vitesse (environ  $20.000km.s^{-1}$ ). 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 noyaux fils plus léger, généralement dans un état excité.



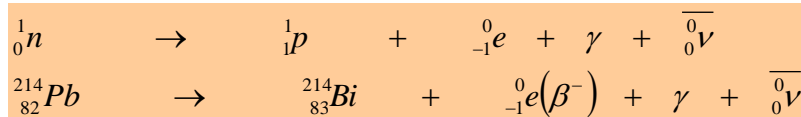
**II.3.3. L'émission  $\beta$**

**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.



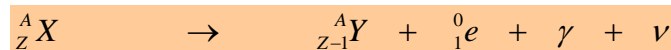
Cette désintégration se ramène à celle d'un neutron du noyau



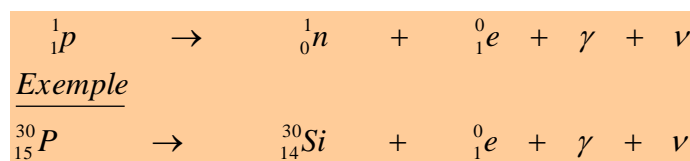
**b - L'émission  $\beta^+$**

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  $\alpha$ .

### II.4 Lois de conservation de Soddy

Les réactions nucléaires obéissent à deux principes de conservations :

- **La conservation du nombre de nucléons A** : le nombre de masse du noyau père est égal à la somme des nombres de masse du noyau fils et de la particule émise.
- **La conservation du nombre de protons Z** : le nombre de charge du noyau père est égal à la somme algébrique de la charge électrique du noyau fils et de la particule émise.

### II.5 Décroissance radioactive

#### II.5.1- Loi de la décroissance radioactive

Soit X un noyau radioactif qui se désintègre pour donner un noyau Y 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.

#### II.5.2- PERIODE RADIOACTIVE

##### a) Définition

La période radioactive ou demi-vie **T** d'un élément radioactif est la durée nécessaire à la désintégration de la moitié des noyaux radioactifs.

##### b) Etude de la courbe de désintégration radioactive $N = f(t)$

Cette courbe traduit l'évolution du nombre  $N_0$  de noyaux radioactifs dans un échantillon en fonction du temps.

Soit  $N_0$  le nombre de noyaux radioactifs à  $t = 0$ .

A  $t = T$ , la moitié des noyaux radioactifs s'est désintégrée ; il reste  $\frac{1}{2} N_0$  noyaux radioactifs.

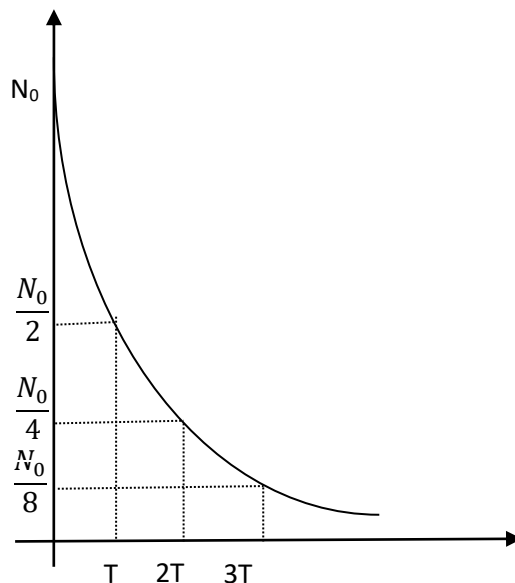
A  $t = 2T$ , il reste la moitié de la moitié des noyaux existants à l'instant T :

$$\text{soit } \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} N_0 = \frac{1}{2^2} N_0$$

A  $t = 3T$ , il reste alors  $\frac{1}{2^3} N_0$  de noyaux radioactifs.

A  $t = nT$ , il reste  $\frac{1}{2^n} N_0$  alors de noyaux radioactifs.

Construction de la courbe  $N = f(t)$



Remarque :

La fonction  $N = f(t)$  est décroissante. La période  $T$  est caractéristique de chaque noyau.

Exemples :  $T(^{14}\text{C}) = 5780$  ans ;  $T(^{232}\text{Th}) = 1,4 \cdot 10^{10}$  ans ;  $T(^{131}\text{I}) = 8$  jours

**Remarque :** 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 :  $\lambda \tau = 1$

**II.5.3 Activité d'une source radioactive**

L'activité ( $A$ ) d'une source radioactive est le nombre de désintégrations qui s'y produisent par seconde.  $A = \lambda \times N$  d'où  $A = A_0 e^{-\lambda t}$  avec  $A_0 = \lambda N_0$ , on nomme  $A_0$  l'activité initiale. L'unité légale de mesure d'activité est le Becquerel (Bq).

1Bq=1désintégration /seconde.

**Autre unité :** le Curie (Ci) ; 1Ci=3,7.10<sup>10</sup>Bq= 3,7.10<sup>10</sup> désintégrations/s

**Remarque :**

- Plus l'activité d'une source est grande plus elle est dangereuse.
- L'activité est toujours positive

**II.6 ENERGIE LIBEREE AU COURS DES REACTIONS NUCLEAIRES SPONTANES**

Considérons la radioactivité alpha suivante :  $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{222}_{86}\text{Rn} + ^4_2\text{He}$

Comparez les masses des noyaux avant et après réaction.

On donne :  $m(^{226}_{88}\text{Ra}) = 225,9971\text{u}$  ;  $m(^{222}_{86}\text{Rn}) = 221,9703\text{u}$  ;  $m_\alpha = 4,0015\text{u}$ .

Réponse :

$$m_{\text{avant}} = m(^{226}_{88}\text{Ra}) = 225,9971\text{u}$$

$$m_{\text{après}} = m(^{222}_{86}\text{Rn}) + m_\alpha = 221,9703 + 4,0015 = 225,9718\text{u}$$

Conclusion : La masse après réaction est inférieure à la masse d'avant réaction.

Généralisation : Dans une réaction nucléaire spontanée, la masse des noyaux après réaction est toujours inférieure à la masse des noyaux avant réaction.

- **Perte de masse :**

On appelle perte de masse la différence entre la masse totale avant réaction et la masse totale après réaction.

Faire l'AN pour l'exemple précédent. **AN :**  $\Delta m = (225,9971 - 225,9718) = 0,0253\text{u}$

- **Energie libérée**

La perte de masse est à l'origine de l'énergie nucléaire libérée au cours d'une réaction nucléaire. D'après la relation équivalence masse-énergie d'EINSTEIN, cette énergie libérée se calcule par :

$$\Delta E = \Delta m C^2.$$

Où  $\Delta E$  est l'énergie libérée et  $\Delta m$  est la perte de masse.

Application

En se référant à l'exemple précédent, calculer en MeV puis en joule l'énergie libérée par la réaction. On donne :  $1\text{u} = 931,5\text{MeV}/C^2$  et  $1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13}\text{joule}$ .

Réponse :  $\Delta E = \Delta m C^2$  **AN :**  $\Delta E = 0,0253 \cdot 931,5 = 23,57\text{MeV}$

$$\Delta E = 23,57 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 37,7 \cdot 10^{-13}\text{joule}$$

**III. Réactions nucléaires provoquées : Fission et fusion.**

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

Une réaction nucléaire est dite provoquée ou artificielle si la transformation est obtenue par choc d'un neutron sur un noyau lourd ou par choc entre deux noyaux légers.

**III.1. Réaction de fission**

La fission est une réaction nucléaire provoquée résultant de la division d'un noyau lourd ( $A > 200$ ) sous l'impact d'un neutron.

Exemple : Considérons la réaction de fission suivante :



La perte de masse est :  $\Delta m = [(m_U + m_n) - (m_{Xe} + m_{Sr} + 2m_n)]$

Et l'énergie libérée est :  $\Delta E = \Delta m C^2$ .

Faire l'application numérique.

On donne :  $m_U = 235,124u$  ;  $m_n = 1,009u$  ;  $m_{Xe} = 138,995u$  ;  $m_{Sr} = 94,945u$

**AN :**  $\Delta m = [(235,124 + 1,009) - (138,995 + 94,945 + 2*1,009)] = 0,175u$

$\Delta E = 0,175*931,5 = 163,01MeV$

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

**Remarque :**

- Un noyau fissile est un noyau qui peut subir une réaction de fission nucléaire sous l'effet de neutrons lents. Exemple :  ${}^{235}_{92}U$

- un nucléide fertile est un nucléide qui à la suite de réaction nucléaire peut engendrer un noyau fissile. Exemple :  ${}^{238}_{92}U$  est fertile car peut être transformé en neptunium qui  ${}^{239}_{93}Np$  est fissile.

**Réaction en chaîne :**

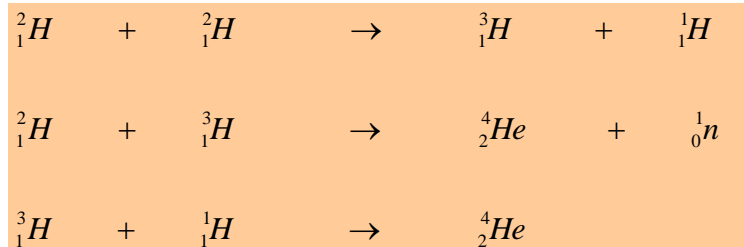
En même temps que les deux fragments de fission se produisent, il y a émission de deux ou trois neutrons. Chacun d'eux réagit à son tour sur un nouvel atome (noyau) d'Uranium provoquant sa fission. Il en résulte une réaction en chaîne. L'énergie dégagée devient très vite considérable, sans précaution, la réaction en chaîne conduit à l'explosion : c'est l'effet d'une bombe atomique. Si elle est convenablement maîtrisée, elle peut constituer la source d'énergie au fonctionnement d'une centrale nucléaire.

**III.2. Réaction de fusion**

**Définition :**

La fusion est une réaction nucléaire provoquée au cours de laquelle deux noyaux légers (faible nombre de masse) s'unissent (se fusionnent) pour former un noyau plus lourd.

**Exemples :**



La fusion d'atomes tels que (proton)  ${}^1_1H$ , (deutérium)  ${}^2_1H$  et (tritium)  ${}^3_1H$  intervient dans la bombe à hydrogène (bombe H).

L'énergie que possède le soleil (les étoiles de manière générale) provient de la réaction de fusion nucléaire (cycle de Bethe).

Résumé :  $4{}^1_1H \rightarrow {}^4_2He + 2{}^0_1e + 2{}^0_0\gamma$

Le soleil est un gigantesque réacteur thermonucléaire.

L'homme n'est pas encore en mesure de fabriquer un réacteur thermonucléaire : la fusion nucléaire n'est pas encore domestiquée. Ce pendant les recherches dans ce domaine progressent.

Pertes de masse :

Elle se calcule en faisant la somme des masses des produits moins la somme des masses des réactifs.

• 1<sup>ère</sup> équation :  $\Delta m = [m({}_1^3\text{H}) + m({}_1^1\text{H}) - [(m({}_1^2\text{H}) + m({}_1^2\text{H}))]]$

• 2<sup>ème</sup> équation :  $\Delta m = [m({}_2^4\text{He}) + m({}_0^1\text{n}) - [(m({}_1^2\text{H}) + m({}_1^2\text{H}))]]$

On donne:  $m({}_1^2\text{H}) = 2,013u$  ;  $m({}_2^4\text{He}) = 4,001u$  ;  $m({}_0^1\text{n}) = 1,008u$ .

Calculer la perte de masse de l'équation 2.

**AN** :  $\Delta m = [4,001 + 1,008 - (2,013 + 2,013)] = 0,983u$

**Energie libérée** :  $\Delta E = \Delta m C^2$ .

Faire l'AN pour l'équation 2 :  $\Delta E = 0,983 \cdot 931,5 = 915,7\text{MeV}$

### **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.

## **IV- Avantages et dangers de la radioactivité**

### **IV.1- Avantages**

La radioactivité connaît aujourd'hui des applications pratiques nombreuses et variées tel que :

- La datation : les méthodes de datation par le carbone 14 ou par d'autres nucléides permettent de déterminer avec une bonne approximation l'âge d'objet ancien (Archéologie).
- La radiothérapie : elle permet de soigner certaines maladies telles que le cancer (« bombe » au cobalt).
- Les traceurs radioactifs : Ils permettent de suivre l'évolution d'un élément dans un organisme vivant.
- Le marquage isotopique : Il permet, en chimie, de connaître le mécanisme d'une réaction chimique.

### **IV.2-Dangers de la radioactivité**

Parmi ces dangers on peut noter :

- Les catastrophes nucléaires telles que l'accident de Tchernobyl en Avril 1986.
- L'irradiation : l'exposition prolongée aux rayonnements radioactifs produit des lésions cellulaires très graves pouvant même entraîné la mort à court , moyen ou long terme si la dose reçue est très importante.
- Problème d'évacuation des déchets toxiques (puits en béton pour les sauvegarder).

Remarque : Au niveau des centrales nucléaires des dispositions de protection sont utilisées par exemple utilisation de matériels télécommandés, entourer l'enceinte d'un mur de béton...



SERIE P2 : ENERGIE NUCLEAIRE : REACTIONS SPONTANEEES ; FUSION ET FISSION

**Exercice 1:**

- Définir le phénomène de la radioactivité.
- Quelles sont les différentes catégories de particules émises par les corps radioactifs ?
- Comment appelle-t-on le rayonnement émis par les corps radioactifs ?
- Attribuer à chaque symbole le nom qui lui correspond :  ${}^1_0n$  ;  ${}^0_{-1}e$  ;  ${}^1_1p$  ;  ${}^0_1e$  ;  $\gamma$  ;  $\nu$  ;  $\bar{\nu}$  ?
- Donner la définition de l'activité d'un échantillon.
- Donner le nom et le symbole de l'unité d'activité.
- Qu'appelle-t-on période radioactive ou demi-vie d'un nucléide ?
- Sous quelles formes est libérée l'énergie produite au cours d'une réaction nucléaire ?
- Définir l'énergie de liaison d'un nucléide  ${}^A_ZX$ .
- Qu'est ce que la fission nucléaire ? Donner un exemple de noyau fissile.
- Quel est le projectile utilisé pour provoquer la fission d'un noyau d'Uranium ?
- Qu'est ce qu'une réaction nucléaire en chaîne ? A quelle condition a-t-elle lieu ?
- Qu'est ce que la fusion nucléaire ? Donner un exemple.
- Nommer un système naturel étant le siège de réactions de fusion.
- Entre la fission et la fusion laquelle de ces réactions produit-elle plus d'énergie par gramme de matières.
- Dans un réacteur nucléaire, quel est le rôle des barres de Cadmium ?

**Exercice 2 :**

- Le noyau de l'atome de Chlore contient 17 protons et 18 neutrons. Donner la représentation de ce nucléide.
- Le noyau d'Uranium 238 a pour représentation  ${}^{238}_{92}U$ . Calculer le nombre de protons et de neutrons qu'il contient.
- Sachant que la masse réelle de l'Uranium 238 est 238,0860 u.
  - Calculer son défaut de masse en kg et en u.m.a (u)
  - En déduire la valeur de son énergie de liaison en Joule puis en MeV.

Données :  $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} kg = 931,5 MeV/c^2$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 m/s$  ;  $m_p \approx m_N = 1,67 \cdot 10^{-27} kg$

**Exercice : 3** La masse atomique du plomb  ${}^{208}_{82}Pb$  est égale à  $m = 207,9766 u$ .

- Définir l'énergie de liaison du noyau. Calculer cette énergie pour ce noyau en J et en MeV.
- Calculer l'énergie de liaison par nucléon.

**Exercice : 4** Le potassium  ${}^{40}_{19}K$  est radioactif. Il se désintègre pour donner de l'argon  ${}^{40}_{18}Ar$ .

- Ecrire l'équation de la désintégration.
- La demi-vie du nucléide  ${}^{40}_{19}K$  est de  $1,3 \cdot 10^9$  ans. Au bout de combien d'années l'activité d'une roche volcanique contenant ce radioélément sera-t-elle divisée par deux.

**Exercice : 5** Le nucléide  ${}^{52}_{23}V$  est radioactif  $\beta^-$ . Le noyau fils correspondant à l'élément chrome. Il y a aussi émission d'un rayonnement.

- Ecrire l'équation bilan de la désintégration.
- A l'aide d'un compteur, on détermine le nombre moyen de désintégration  $\ddot{N}$  pendant une durée constante  $t = 5 s$ . Les mesures sont effectuées toutes les deux minutes. On a obtenu les résultats suivants (t la date moyenne d'une mesure) :

|            |      |      |     |     |     |     |     |
|------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| T (min)    | 0    | 2    | 4   | 6   | 8   | 10  | 12  |
| $\ddot{N}$ | 1586 | 1075 | 741 | 471 | 355 | 235 | 155 |

- Quelle est l'activité de l'échantillon à l'instant  $t = 0$  ?
- Calculer pour chaque valeur de t, le rapport des activités  $A(t)/A_0$ .
- Tracer la courbe  $A(t)/A_0$  en fonction de t. En déduire la période de désintégration.

**Exercice : 6** On dispose à la date  $t = 0$  d'un échantillon de polonium  ${}^{210}_{84}Po$ , qui renferme  $N_0$  noyaux. On détermine à des dates t le nombre de noyaux N non désintégrés. On obtient les résultats suivants :

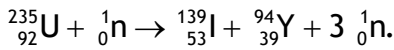
|           |   |      |      |      |      |      |      |
|-----------|---|------|------|------|------|------|------|
| T (jours) | 0 | 40   | 86   | 120  | 160  | 200  | 240  |
| $N/N_0$   | 1 | 0,82 | 0,67 | 0,53 | 0,49 | 0,37 | 0,30 |

- Tracer la courbe  $-\ln(N/N_0) = f(t)$ . Echelle : 1 cm pour 0,1 ; 1 cm pour 20 jours.
- En déduire la constante radioactive  $\lambda$  du polonium et la période T.
- Au bout de combien de temps 99% des noyaux sont-ils désintégrés ?

**Exercice : 7** L'un des modes de fission nucléaires de l'uranium 235 est le suivant :



2



1. Calculer en unité de masse atomique, puis en kg, la perte de masse accompagnant la réaction précédente. Données :  $M({}_{92}^{235}\text{U}) = 235,04393 \text{ u}$  ;

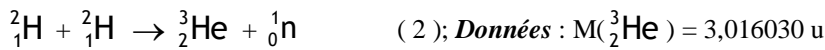
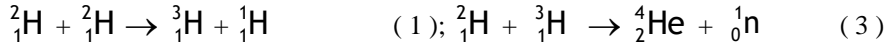
$$M({}_{53}^{139}\text{I}) = 138,926 \text{ u} ; M({}_{39}^{94}\text{Y}) = 93,91159 \text{ u}.$$

2. Calculer en MeV puis en J l'énergie libérée au cours de cette réaction.

3. Sous quelle forme apparaît cette énergie libérée ?

4. Cette réaction peut-elle engendrer une réaction en chaîne ?

**Exercice 8** Dans les étoiles, en particuliers dans le soleil, les réactions de fusion suivantes libèrent une très grande quantité d'énergie :



$$; M({}^2_1\text{H}) = 2,01410 \text{ u} ; M({}^3_1\text{H}) = 3,01605 \text{ u} ; M({}^4_2\text{He}) = 4,00260 \text{ u}.$$

1) Calculer le défaut de masse pour chaque réaction nucléaire.

2) Calculer en MeV l'énergie libérée par chaque réaction nucléaire.

**Exercice 9** :

1. On dispose d'un échantillon de Plomb 206 ( ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ ) de masse  $m = 4,14\text{g}$ .

a. Calculer à la date ( $t = 0$ ), le nombre de noyaux  $N_0$  présents dans cet échantillon.

b. Ecrire la loi de décroissance radioactive et en déduire le nombre  $N(t)$  de noyaux présents dans cet échantillon à la date ( $t = 138 \text{ jours}$ ). Conclure.

Données :  $M(\text{Pb}) = 207\text{g/mol}$  ;  $\lambda = 5,81 \cdot 10^{-8}\text{s}^{-1}$  ;  $\mathcal{N} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

2. Un échantillon de Polonium radioactif contient à la date ( $t = 0$ ),  $N_0 = 4 \cdot 10^{22}$  noyaux. La demi-vie du polonium est  $T = 1,19 \cdot 10^7\text{s}$ .

a. Définir la « demi-vie » et calculer la constante radioactive  $\lambda$  correspondante en  $\text{s}^{-1}$ .

b. Quelle est l'activité  $A_0$  de cet échantillon à la date  $t = 0\text{s}$ . L'exprimer en Bq et en Ci.

c. Déterminer le nombre de noyaux présents dans l'échantillon à la date  $t = 2T$ .

**Exercice 10**:

La fission d'un noyau d'Uranium 235 bombardé par un neutron, fournit divers produits. Parmi les réactions qui se produisent, on peut citer :  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{144}_{54}\text{Xe} + {}^{95}_{26}\text{Sr} + 2 {}^1_0\text{n}$  ;  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{148}_{57}\text{La} + {}^{87}_{35}\text{Br} + 3 {}^1_0\text{n}$  ;  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{144}_{54}\text{Xe} + {}^{95}_{35}\text{X} + 4 {}^1_0\text{n}$

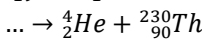
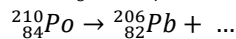
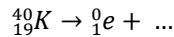
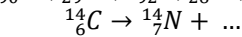
1. Déterminer A, Z, A', Z', A'' et Z''.

2. A partir des résultats obtenus, déduire la nature de X.

**Exercice 11** :

Compléter les équations-bilan suivantes. Chacune d'elles ne fait intervenir qu'une seule désintégration  $\alpha$ ,  $\beta^-$  ou  $\beta^+$ . On donne les

éléments suivants :  ${}_{90}\text{Th}$ ,  ${}_{29}\text{Cu}$ ,  ${}^{234}_{92}\text{U}$ ,  ${}_{26}\text{Fe}$ ,  ${}^{14}_{28}\text{Ni}$ ,  ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ ,  ${}_{93}\text{Np}$ ,  ${}_{18}\text{Ar}$



**Exercice 12** :

Frédéric Joliot et Irène Curie ont utilisé le Polonium 210, élément naturellement radioactif, comme source de particule  $\alpha$ .

1. Définir un noyau radioactif.

2. Qu'est ce qu'une particule  $\alpha$ .

3. A l'aide du tableau de données ci-dessus, réaction nucléaire pour une émission alpha noyau est caractérisé par  ${}^{210}_{84}\text{Po}$ .

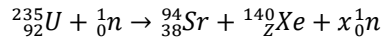
| Mercure                  | Plomb                    | Radon                    | Radium                   |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ${}^{208}_{80}\text{Hg}$ | ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ | ${}^{214}_{86}\text{Rn}$ | ${}^{212}_{88}\text{Ra}$ |

écrire l'équation de la du Polonium 210 dont le

4. Sous quelle forme apparait l'énergie libérée au cours de cette réaction ?

**Exercice 13** :

Dans une « pile atomique », une des réactions courantes est la suivante :



1. Déterminer, en les justifiant, les valeurs de  $x$  et de  $Z$ .

2. Calculer la perte de masse.

3. Calculer en Joule et en MeV, l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'Uranium 235.

4. Calculer l'ordre de grandeur de l'énergie libérée par la fission de 5g d'Uranium.

5. Sachant que la combustion d'un kilogramme de pétrole produit une énergie de  $42 \cdot 10^6\text{J}$ , calculer la masse de pétrole libérant par combustion la même énergie que celle produite par les 5g d'Uranium. Conclure ? Et dites pourquoi, certains pays ont recours à l'énergie nucléaire.

Données :  $m({}^{235}_{92}\text{U}) = 235,04392 \text{ u}$  ;  $m({}^{94}_{38}\text{Sr}) = 93,91536 \text{ u}$  ;  $m({}^{140}_{54}\text{Xe}) = 139,91879 \text{ u}$  ;  
 $m({}^1_0\text{n}) = 1,0086611 \text{ u}$  ;  $1 \text{ MeV} = 1,602 \cdot 10^{-13}\text{J}$  ;  $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$  ;  
 $\mathcal{N} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .



**COURS P3 : GENERALITES SUR LES SIGNAUX ET ONDES MECANIQUES**

**Introduction :**

Les phénomènes ondulatoires figurent parmi les phénomènes les plus observés dans la nature. Il n'y a presque aucune action que l'on effectue sans qu'elle soit accompagnée ou qu'elle produise un phénomène ondulatoire. Parmi les plus courants, on peut citer le son, les rides à la surface d'un liquide, les vagues etc.

**I. LES SIGNAUX ET ONDES MECANIQUES**

**I.1. Définition d'un signal mécanique :**

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 d'une onde mécanique :**

Une onde mécanique est le phénomène de propagation d'une perturbation mécanique d'un milieu matériel qui se propage dans ce 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).

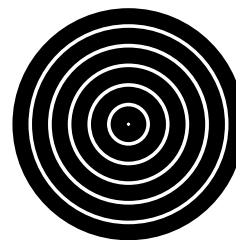
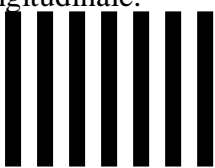
**I.3. Ondes progressives**

**I.3.1. Définition**

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 :

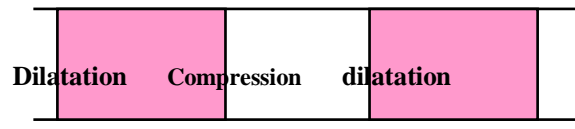
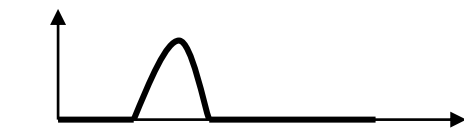
- Une onde progressive est dite transversale si la modification du milieu et la propagation de l'onde se font dans des directions perpendiculaires entre elles.

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



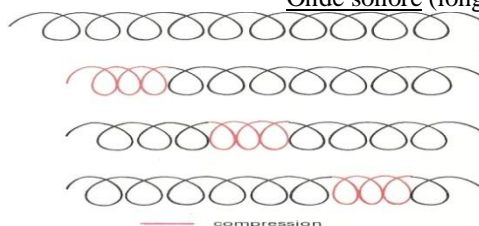
Ondes rectilignes à la surface de l'eau (transversale)

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



Onde le long d'une corde (transversale)

Onde sonore (longitudinale)



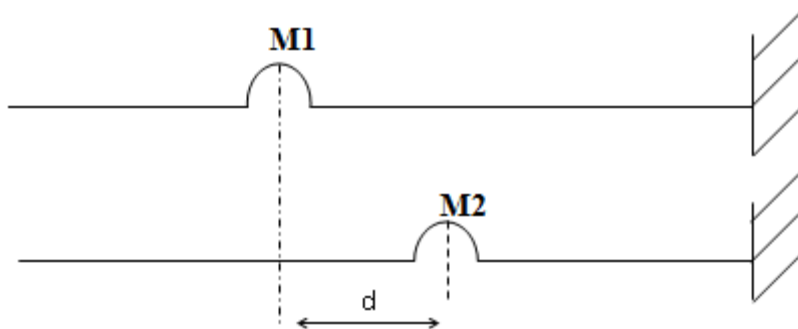
- Onde le long d'un ressort (longitudinale)

**I.3.2. Célérité d'une onde progressive :**

2

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

D'une manière générale :  $c = \frac{d}{t} = \frac{M_1 M_2}{t_2 - t_1}$  ; d est la distance parcourue par la perturbation et  $\tau$  la durée correspondante



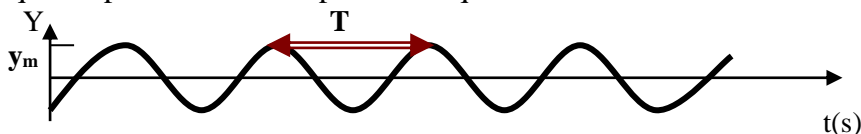
**Remarque :** Dans le cas d'une onde transversale se propageant le long d'une corde de tension  $\vec{T}$  et de masse linéique (masse par unité de longueur)  $\mu$ , on a :  $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

**I.3.3 Ondes progressives périodiques**

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

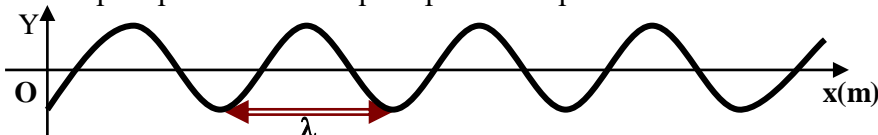
**a. Période temporelle**

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



**b. 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.  $\lambda = C.T$



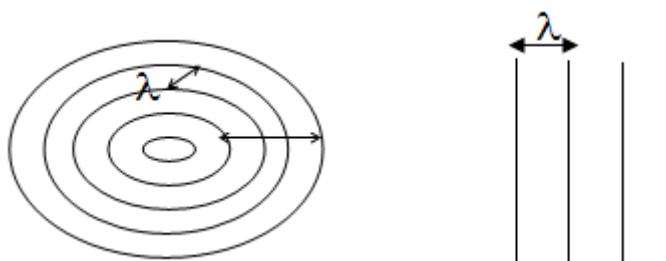
**I.3.4 Elongation et amplitude d'une onde :**

**a. Elongation**

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

La distance entre deux cercles consécutifs (pour l'onde circulaire) ou entre deux lignes consécutives (pour l'onde rectiligne) correspond à la longueur d'onde  $\lambda$  ou période spatiale.  $\lambda$  est par ailleurs la distance parcourue pendant une période T :

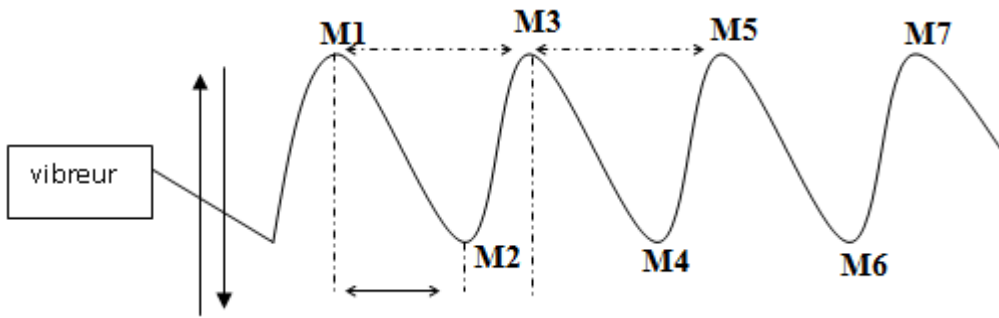
$$\lambda = c.T$$



**b. Amplitude**

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

**I.3.5 Comparaison des mouvements de deux points d'une corde qui vibre**



Des points de la corde qui effectuent le même mouvement à une date donnée vibrent en phase.

*Exemple :*  $M_1M_3M_5M_7$  vibrent en phase de même que  $M_2M_4M_6$ .

**Des points vibrent en phase si la distance qui les sépare est un multiple de la longueur d'onde  $\lambda$ .**

$$d = k\lambda \text{ avec } k \in \mathbb{N}^*$$

Des points de la corde qui effectuent des mouvements opposés à une date donnée vibrent en opposition de phase.

*Exemple :*  $M_1M_2$ ,  $M_1M_4$  ou  $M_1M_6$  vibrent en opposition de phase.

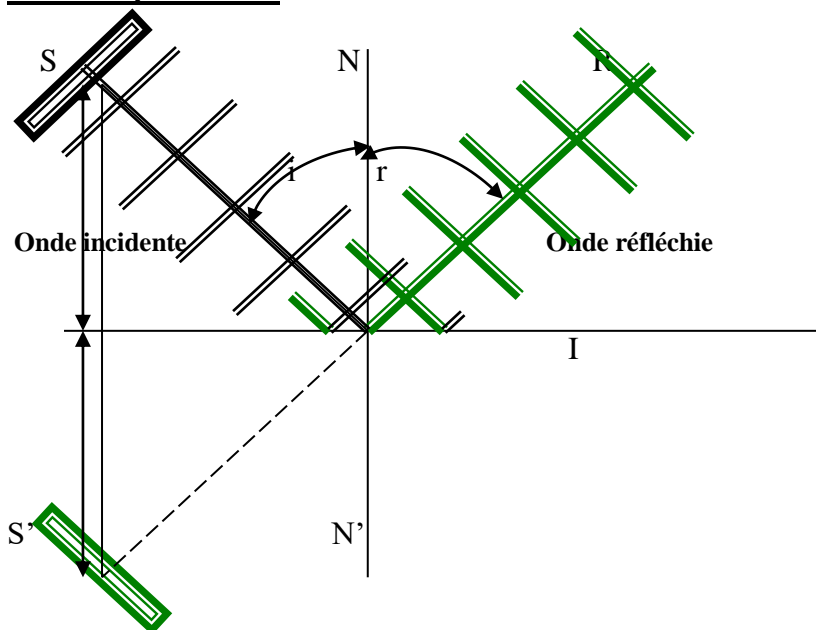
**Des points vibrent en opposition de phase si la distance qui les sépare est égale à un nombre impair de demi-longueur d'onde.**

$$d = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \text{ avec } k \in \mathbb{N}$$

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

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

**II.1.1. Expériences :**



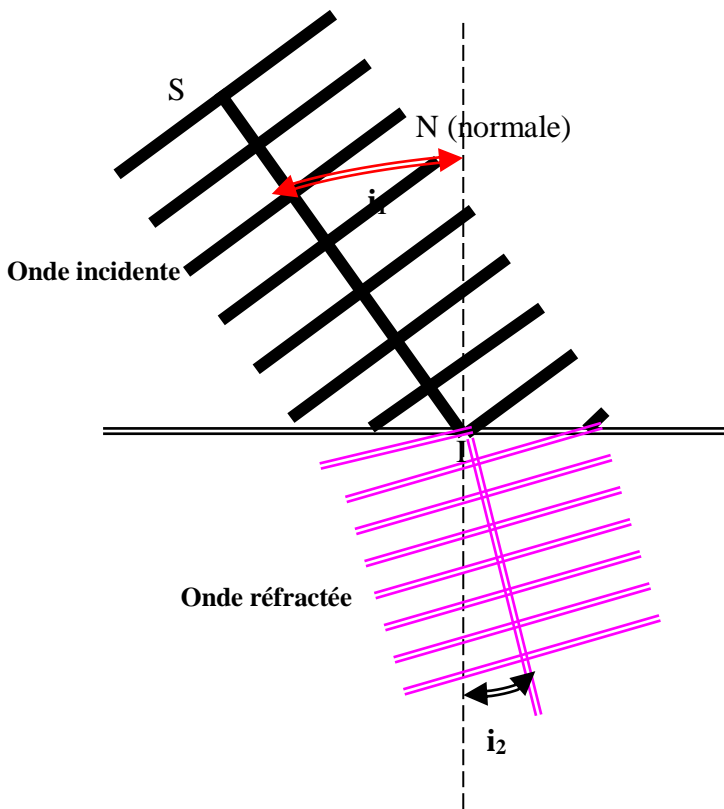
Une règle S vient frapper périodiquement la surface d'un liquide. L'onde rectiligne naît, se propage et subit une réflexion au contact d'une plaque en verre partiellement immergée dans le liquide. L'onde réfléchie semble provenir d'une règle fictive S' symétrique de S par rapport à la plaque. Un éclairage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

**II.1.2. Lois de la réflexion**

- L'angle de réflexion r est égal à l'angle d'incidence i.
- L'observateur montre que l'onde réfléchie est rectiligne et que sa longueur d'onde est égale incidente ( $\lambda_i = \lambda_r$ )
- L'onde incidente et l'onde réfléchie se propagent à la même célérité.

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

4



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.

**Remarques :**

- Les ondes changent de direction en passant du milieu 1 (air) au milieu 2 (eau).
- Les ondes réfractées et incidentes n'ont pas la même longueur d'onde ( $\lambda_1 > \lambda_2$ )
- Les ondes incidentes et réfractées n'ont pas la même célérité.
- Le changement de direction de propagation de l'onde incidente lors du passage d'un milieu à un autre est appelé réfraction.

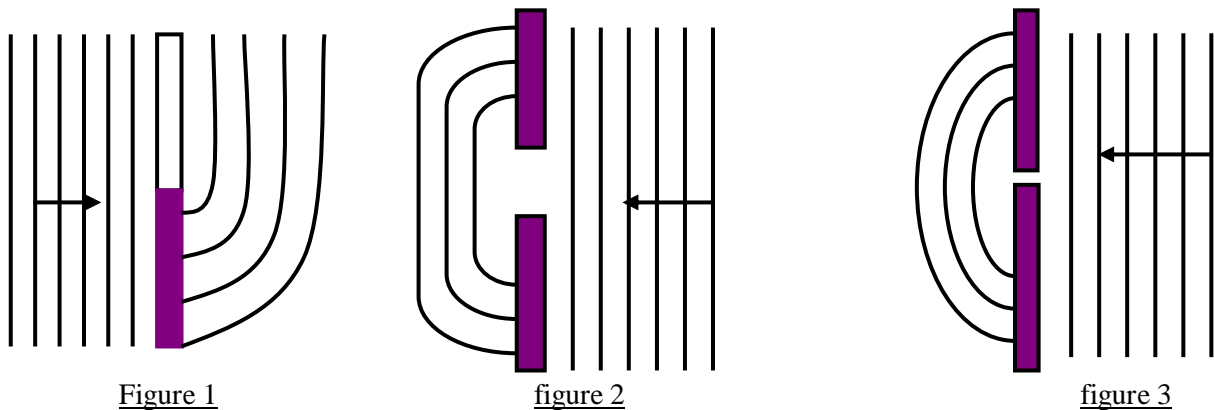
$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

$i_1$  est l'angle incident formé par le rayon incident et la normale ;

$i_2$  est l'angle de réfraction formé par le rayon réfracté et la normale

$n_1$  est l'indice du milieu 1 et  $n_2$  est l'indice du milieu 2

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

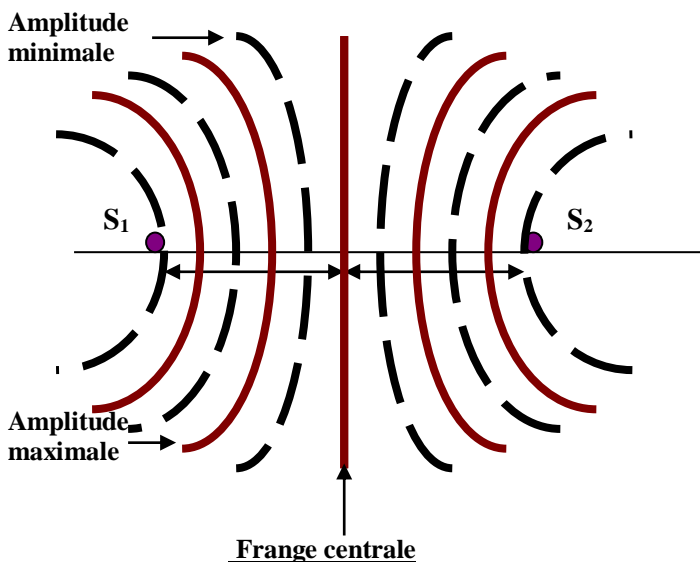


Lorsqu'une onde progressive sinusoïdale rencontre une ouverture (figures 2 et 3) ou un obstacle (figure 1) de petite taille, sa propagation est modifiée : l'onde est déformée. La diffraction de l'onde est d'autant plus

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 :  $\lambda_i = \lambda_d$ . Cette égalité justifie que la célérité est la même.

### 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.1.2. Principe de superposition

Lorsque plusieurs ondes mécaniques de même nature 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.

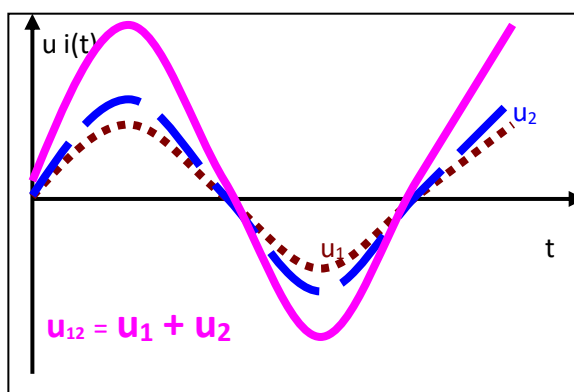
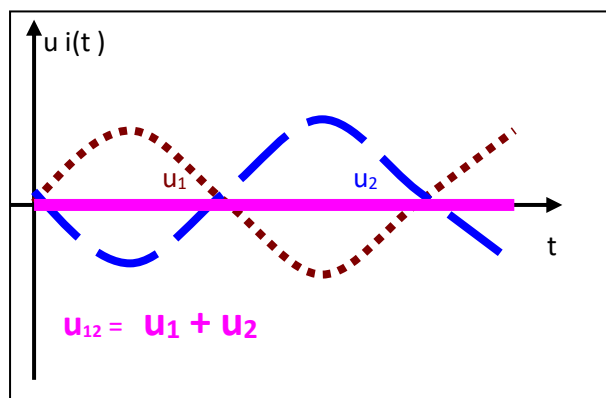
Par exemple les deux ondes d'amplitudes  $U_1$  et  $U_2$  en se combinant (superposant) en M forment l'onde résultante d'amplitude  $U_{12}$  telle que  $U_{12} = U_1 + U_2$ .

*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.*

#### III.2 Différence de marche :

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  $\delta = k \lambda$ , alors M se trouve **frange 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  $\delta = (k + 1/2) \lambda$ , alors se trouve 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.





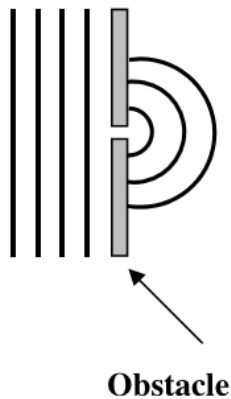
**SERIE P3 : GENERALITES SUR LES SIGNAUX ET ONDES MECANIQUES**

**Exercice 1 :**

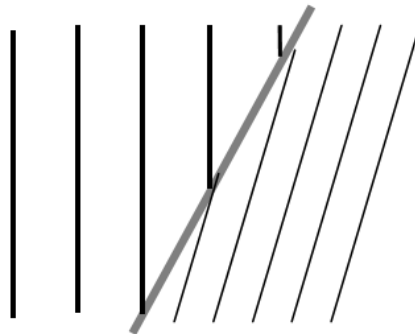
En travaux pratiques un groupe d'élèves a réalisé des expériences sur la propagation des ondes à la surface libre d'un liquide à l'aide d'une cuve à ondes. Les résultats obtenus mettent en évidence les phénomènes de réflexion, de réfraction et de diffraction des ondes. Ci-après ils ont reproduit, dans un ordre quelconque, les schémas relatifs à ces phénomènes.

1. Pour chacune des figures 1, 2 et 3 précisez le phénomène mise en évidence.
2. Par exploitation de la figure qui met en évidence le phénomène de réfraction, déterminer la valeur de la longueur d'onde de l'onde réfractée et celle de l'onde incidente (l'échelle du document est 1/5).
3. La célérité de l'onde réfractée est elle plus grande ou plus petite que celle de l'onde incidente ? Justifier la réponse.

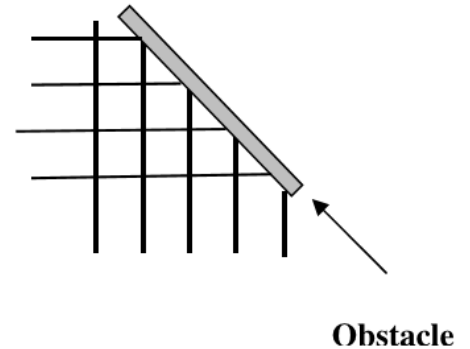
**Figure 1**



**Figure 2**



**Figure 3**



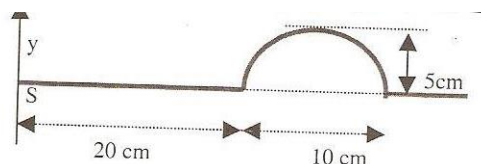
**Exercice 2 :**

On imprime à la date 0 à l'extrémité S d'une corde élastique un signal unique. On photographie la corde à la date 0,06s. Le document obtenu est reproduit ci-dessous (la déformation est équivalent à un demi-cercle).

- 1)- Calculer la célérité du signal.
- 2)-A la date 0,06s, on se propose de déterminer les élongations y de certains points de la corde.

Compléter le tableau qui suit en calculant à chaque fois y pour les valeurs marquées des abscisses x.

|       |   |    |    |    |      |    |    |    |  |
|-------|---|----|----|----|------|----|----|----|--|
| X(cm) | 0 | 10 | 20 | 25 | 27,5 | 30 | 40 | 50 |  |
| Y(cm) |   |    |    |    |      |    |    |    |  |



**Figure 4 : PHOTOGRAPHIE DE LA CORDE**

**Exercice 3 :**

Une échelle de perroquet comprend 40 barreaux. La distance entre deux barreaux consécutifs est de 40cm.

- 1) On mesure le temps mis par un signal entre le barreau n°5 et le barreau n°30 on trouve 2,5s. Calculer la célérité c du signal
- 2) Une onde de période 0,5s se propage maintenant le long de l'échelle. Préciser la position des barreaux qui vibrent en phase avec le barreau n°5. On suppose qu'à la date t<sub>1</sub> tous les barreaux son entrés en vibration.

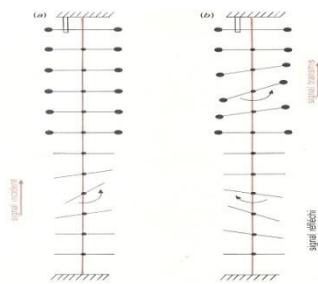


Figure 5

**Exercice 4 :**

1) Deux signaux transversaux S1 et S2 identiques se propagent l'un vers l'autre le long d'une corde avec une célérité  $c = 10\text{m/s}$ . La figure ci-dessous représente les deux signaux à la date  $t=0$ .

Echelle : 1 division pour un mètre suivant l'axe des  $x$  et 1 division pour deux cm suivant l'axe des  $y$ .

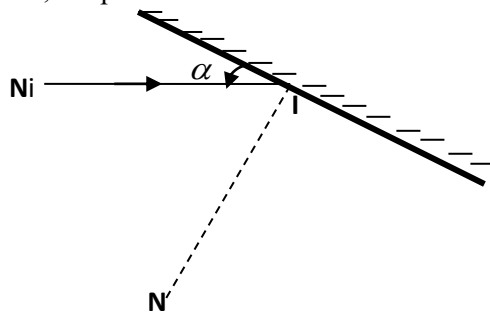
a) A quelle date a-t-on une amplitude maximale pour le signal résultant ? Que vaut cette amplitude maximale ?

b) Quelle est la durée de la superposition des deux signaux ?

2) On refait la même expérience, mais avec le signal S2 renversé. Montrer qu'à un instant  $t$ , dont on déterminera, il existe des points de la corde où l'élongation est nulle.

**Exercice 5 :** Sur une cuve à ondes, on produit une onde rectiligne. Un obstacle plan est placé sur le trajet des ondes ; il empêche toute propagation au-delà de lui-même. Il fait un angle  $\alpha = 30^\circ$  avec la ligne d'onde. La distance entre deux crêtes est  $d_1$ . La fréquence de la source est  $N = 12,5\text{Hz}$ .

1. Que représente la distance  $d_1$  pour l'onde ?
2. Définir et déterminer l'angle d'incidence  $i$  ?
3. Tracer la normale à l'onde réfléchi. ( $N_r$ )
4. Dessiner, en le justifiant, l'aspect de la surface de l'eau.



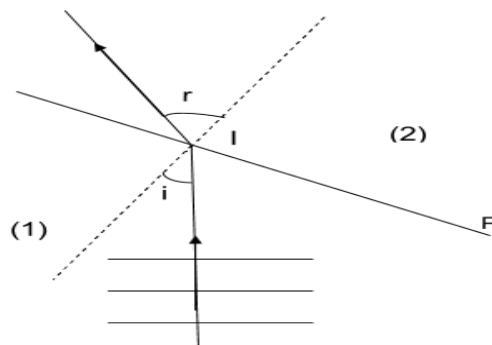
Comparer leurs valeurs puis énoncer la 2<sup>ème</sup> loi de Descartes relative à la réflexion.

**Exercice 6 :**

Une onde incidente arrive à la surface de séparation plane de deux milieux notés (1) et (2) ; l'angle d'incidence est noté  $i$  et l'angle de réfraction  $r$  (schéma). Les célérités des deux ondes dans les milieux (1) et (2) sont notées respectivement  $C_1$  et  $C_2$  et les longueurs d'ondes  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  respectivement. On donne la relation :  $\frac{C_1}{C_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

1. Déterminer la longueur d'onde  $\lambda_2$  de l'onde de réfractée sachant que sur la figure la distance séparant deux crêtes consécutives de l'onde incidentes vaut  $1\text{cm}$ . On prendra  $C_1 = 14\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$  et  $C_2 = 20\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$

2. Reproduire le schéma et tracer les faisceaux de l'onde réfléchi et de l'onde réfractée.

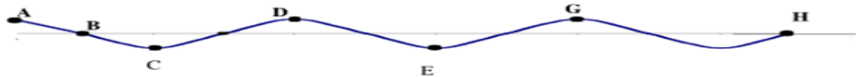
**Exercice 7 :**

Une source envoie une onde sinusoïdale transversale le long d'une corde de grande longueur fixée à son autre extrémité. La fréquence de l'onde est  $f = 100\text{Hz}$ .



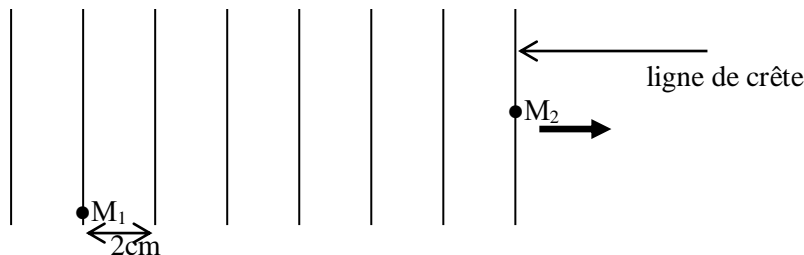
Ci-après est reproduit l'aspect de la corde (sinusoïdale en trait plein, échelle non reportée) à un instant où le point A lié à la source possède une élongation maximale.

1. Parmi les points B, C, D, E, G et H de la corde, quels sont ceux qui vibrent en phase avec le point source A ? Quels sont les points en opposition de phase avec A ?
2. La plus petite distance séparant deux points en phase est  $d = 10\text{cm}$ . Quelle est la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  ? Donner en fonction de  $\lambda$ , l'expression générale de la distance séparant deux points en phase.
3. Calculer la célérité de l'onde de la corde.
4. Sachant que la célérité est donnée par l'expression  $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ , calculer la masse linéique  $\mu$  de la corde tendue par la force  $F = 2\text{N}$  (non représentée sur la figure)  
NB : On néglige la réflexion d'ondes.



### Exercice 8 :

Une réglette plane frappe la surface de l'eau, perpendiculairement à cette surface, à la fréquence de 10 Hz. Elle donne naissance à la propagation d'une onde rectiligne. La figure ci-dessous représente l'aspect de la surface de l'eau, vue de haut, à un instant donné.



- 1-Déterminer la longueur d'onde et la célérité de l'onde.
- 2-Un point P, situé sur le rayon d'onde passant par  $M_2$ , est à 5 cm à gauche de  $M_2$ . Comparer, à chaque instant, les mouvements de  $M_1$  et  $M_2$  puis, les mouvements de P et  $M_1$ .

### EXERCICE 9 : COMPREHENSION DE TEXTE

<<...Si un son est caractérisé par la ou les fréquences qu'il contient, il l'est aussi par les longueur d'onde qui leur correspondent. La vitesse du son dans l'air étant 340 mètres par seconde ; sa longueur d'onde est de 34cm. On en déduit que les ondes audibles sont décimétriques pour les sons les plus graves et centimétriques pour les sons les plus aigus.

Le son audible, lorsque sa longueur d'onde est plus grande que l'objet, contourne l'objet et envahit sans problème tout l'espace. On entend le son d'une pièce voisine dont la porte est ouverte.

De surcroît, le son se réfléchit de nombreuses fois sur les parois d'une pièce ; pire, le son est transmis d'une pièce à l'autre en traversant les parois, d'où les problèmes de voisinage,...

Les ondes ultrasonores ont de faibles longueurs d'onde, et pour ausculter des objets de plus en plus petits, il faut prendre des fréquences de plus en plus élevées. L'industrie microélectronique espère prochainement utiliser des ultrasons de fréquence  $10^{12}$  Hz et de durée extrêmement courte pour étudier les propriétés de couches métalliques, d'épaisseur 10 nm, déposées sur la galette de silicium des puces électroniques. Cette technique est appelée échographie picoseconde >>>.

*Pour la Science, dossier H.-S. Juillet/octobre 2001*

- 1) Donner un titre à ce texte.
- 2) Définir les mots soulignés.
- 3) D'après le texte, quel est le domaine des longueurs d'onde des sons audibles ?
- 4) Le son est-il une onde transversale ou longitudinale ? Justifier.
- 5) Quelle phrase du texte montre que le son se propage dans les solides ?
- 6) Que se passe-t-il lorsqu'une onde sonore rencontre un obstacle présentant une ouverture dont :
  - Le diamètre est de l'ordre de 32,9cm.
  - Le diamètre est de l'ordre de 65,8cm.
- 7) Déterminer la fréquence du son dans l'air.



## COURS P4-P5 : ASPECTS ONDULATOIRE ET CORPUSCULAIRE DE LA LUMIERE. DUALITE ONDE-CORPUSCULE

### Introduction :

La lumière a toujours eu un côté mystérieux qui a interpellé les physiciens du 19<sup>ème</sup> siècle. Tour à tour onde ou corpuscule, elle semble échappée à toute représentation une et entière.

Les physiciens du 19<sup>ème</sup> siècle comme Louis de Broglie ont parlé de "complémentarité" et de "dualité" pour rendre compte de ces deux aspects qui s'excluent l'une sur l'autre.

#### A) Aspects ondulatoires de la lumière

### 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 lumière sont des dispositifs sensibles à la lumière. Ils convertissent les signaux lumineux en signaux d'une autre nature.

Exemples :

- Récepteurs naturels : œil, végétaux chlorophylliens ;
- 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.

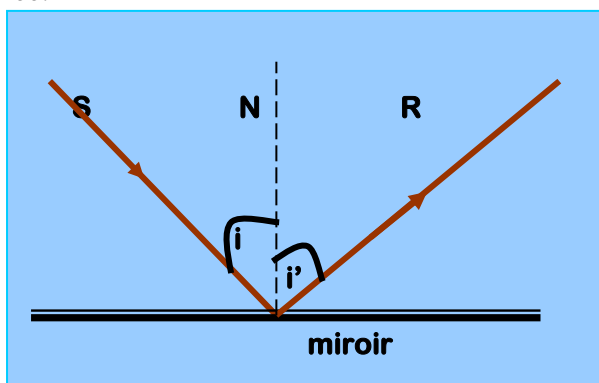
##### I. 3.2. Faisceau lumineux

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.



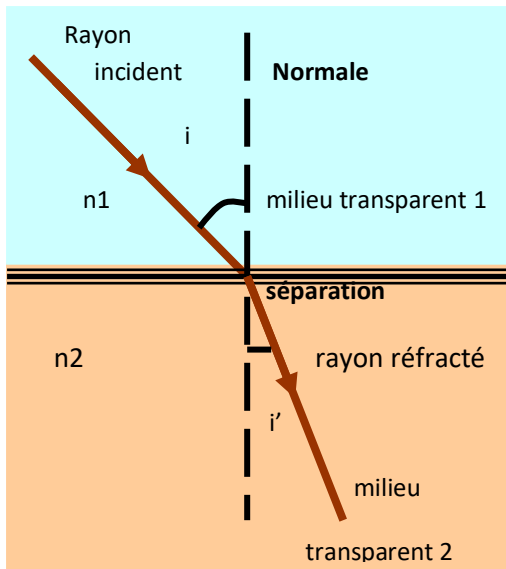
- Le rayon lumineux qui arrive sur la surface lisse (miroir) est le rayon incident. Le point I où le rayon incident arrive sur la surface lisse est le point d'incidence. Le rayon lumineux qui est renvoyé par la surface lisse est appelé rayon réfléchi.
- La droite perpendiculaire en I à la surface lisse 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**

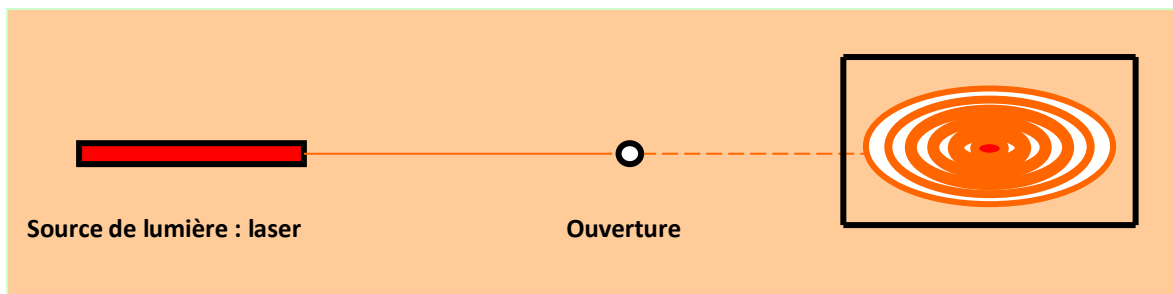
- Le rayon réfracté est dans le plan d'incidence.
- Lors d'une réfraction, le sinus de l'angle de réfraction  $i'$  et le sinus de l'angle d'incidence  $i$  sont proportionnels :

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin i'$$

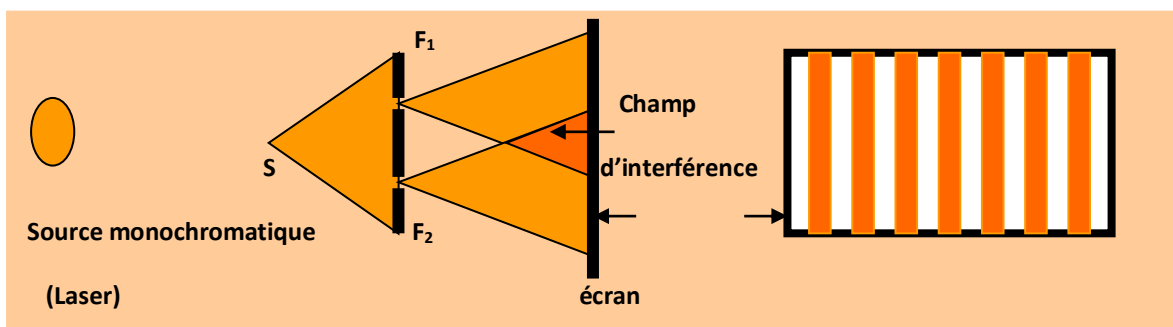
$n_1$  est l'indice de réfraction du milieu transparent 1 et  $n_2$  celui du milieu transparent 2.

**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.



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 périodes (on dit qu'elles sont synchrones) ;
  - elles présentent une différence de phase constante ;
  - le rapport des amplitudes est constant.

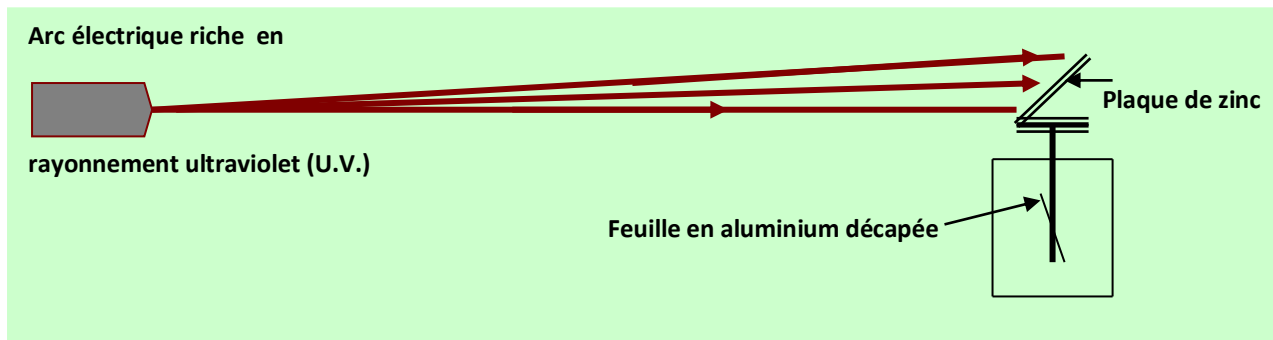
### IV. CONCLUSION

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



- L'électroscope étant chargé négativement (écartement de la feuille), il se décharge (la feuille métallique tombe) si la plaque de zinc est éclairée par un rayonnement UV.

- Cet écartement de la feuille 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.

#### I.3. Interprétation : la théorie d'Einstein

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 et d'Einstein appelées photons : particules indivisibles, probabilistes et de masse nulle. Chaque photon transporte une énergie appelée quantum d'énergie d'expression :  $W = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ .

- $h$  est appelée la constante de Planck :  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  J.s
- $\nu$  est la fréquence du rayonnement tombant sur le métal. Il s'exprime en Hertz (Hz).
- On montre que :  $\nu = \frac{c}{\lambda}$  ; où  $c$  : est la vitesse de la lumière soit  $3 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$  et  $\lambda$  la longueur d'onde du rayonnement tombant sur le métal.

Il y a un seuil photoélectrique caractérisé par l'énergie de seuil (ou énergie d'extraction) du métal :  $W_0 = h\nu_0 = h \frac{c}{\lambda_0}$  où  $\nu_0$  = fréquence de seuil du métal et  $\lambda_0$  = longueur d'onde de seuil du métal.

***Lois de l'effet photoélectrique***

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 :  $W \geq W_0$  ou bien  $\nu \geq \nu_0$  ou bien  $\lambda \leq \lambda_0$ .

Après extraction, les électrons se déplacent avec une énergie cinétique maximale :

$$E_{c_{\max}} = h(\nu - \nu_0) = hC \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

Ainsi la vitesse maximale des électrons est se déduit de la formule :  $E_{c_{\max}} = \frac{1}{2} m V_{\max}^2$

**C. *DUALITE 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  $W = h\nu$  (aspect corpusculaire)

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

La lumière comporte alors ce double caractère ondulatoire et corpusculaire comme l'ont prouvé les différentes expériences réalisées par Davisson et Germer (en 1927).



SERIES P4-P5 : ASPECTS ONDULATOIRE ET CORPUSCULAIRE DE LA LUMIERE. DUALITE ONDE-CORPUSCULE

Exercice 1:

A. Recopier et compléter les phrases suivantes en soulignant les mots manquants.

- 1. La distance parcourue par l'onde pendant une période temporelle est dite .....
2. Une onde correspond à une propagation de la..... et non à un transport de.....
3. Lorsqu' une onde sinusoïdale rencontre une ouverture ou obstacle de ..... taille, sa ..... est modifiée : c'est le phénomène de .....

B. Choisir la bonne réponse.

- 1. Une onde vibratoire se propage le long d'une corde avec une période T = 0,01 s . La célérité de l'onde est 8 m.s^-1. La longueur d'onde vaut : a) lambda = 0,08 m b) lambda = 800 m c) lambda = 12,5m
2. Le signal qui arrive à la limite d'un milieu est le signal : a) Incident ; b) réfléchi ; c) réfracté
3. La relation entre la période spatiale et la période temporelle est : a) lambda=C x T b) lambda=C/T c) lambda=C x N
4. L'angle incident et l'angle réfléchi sont relie par la relation suivante :a) n1 sin(i1)=n2 sin(i2) ; b) i= r ; c) n1 i = n2 r
5. L'angle incident et l'angle réfracté sont relie par la relation suivante : a) n1 sin(i1)=n2 sin(i2) ; b) i= r ; c) n1 i = n2 r
6. La distance qui sépare deux points vibrant en en phase est :a) d=k lambda b) d=( 2k +1) lambda c) d=(2k+1)/2 lambda
7. la distance qui sépare deux points en opposition de phase est : a) d=k lambda b) d=( 2k +1) lambda c) d=(2k+1)/2 lambda

C. Vrai ou Faux.

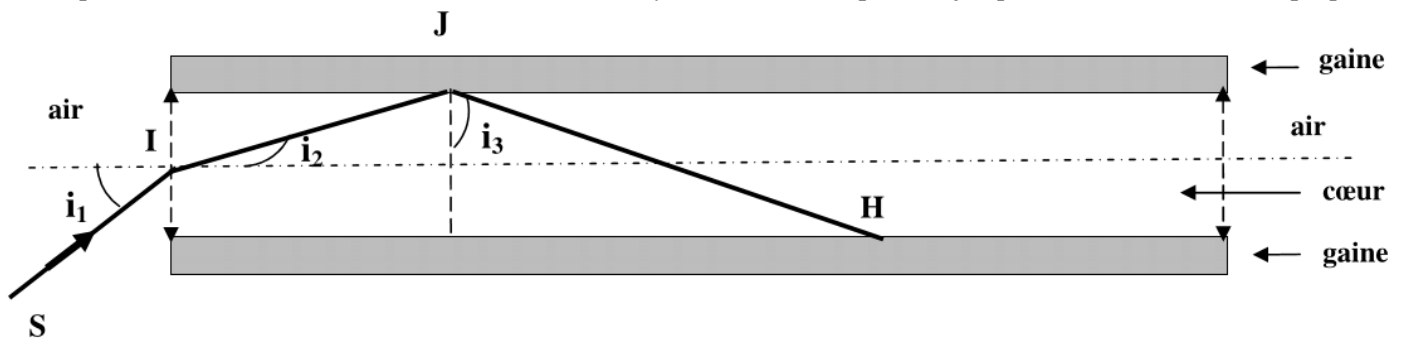
- 1. Lors de la réfraction d'une onde, la longueur d'onde incidente est égale à la longueur d'onde réfractée.

Exercice 2 :

La fibre optique associée à un laser permet de détruire des tumeurs cancéreuses. En endoscopie, elle éclaire l'intérieur du corps et transmet les images au médecin. Dans les télécommunications, elle permet de réaliser des réseaux haut débit (image, son, texte, ...) et ceci grâce a un transport de lumière par succession de réflexions totales entre des milieux d'indices de réfraction différents sur une longue distance.

Le schéma ci-dessous représente une fibre optique, laquelle est constituée d'un cœur et d'une gaine qui se comporte un miroir plan.

- 1. La surface de séparation entre deux milieux est appelée dioptre. Identifier les différents dioptres rencontrés par le rayon lumineux. Nommer les rayons SI, IJ et JH ainsi que les angles i1, i2 et i3.
2. Compléter le schéma en traçant le cheminement du rayon lumineux du point H jusqu'à la sortie de la fibre optique.



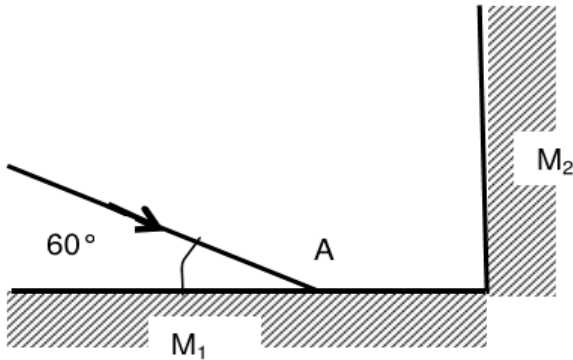
Exercice 3 :

On dispose de deux miroirs plans (M1) et (M2) perpendiculaires. Un rayon lumineux arrive sur (M1) en un point A comme indiqué sur le croquis ci-contre. Ce rayon fait un angle de 60° avec le miroir (M1).

- 1. Quel est l'angle d'incidence du rayon sur le miroir (M1) ?

2

- Soit B le point de rencontre du rayon réfléchi par (M<sub>1</sub>) avec le miroir (M<sub>2</sub>). Représenter le rayon AB réfléchi par (M<sub>1</sub>).
- Trouver la valeur de l'angle d'incidence sur le miroir (M<sub>2</sub>). Représenter le rayon BC réfléchi par le miroir (M<sub>2</sub>).
- Trouver l'angle formé par le rayon incident sur le miroir (M<sub>1</sub>) et le rayon réfléchi par le miroir (M<sub>2</sub>).



**Exercice 4 :** Un pinceau lumineux SI se propageant dans l'air arrive en I sur la surface de séparation de l'air (indice  $n_1 = 1$ ) et de l'eau (indice  $n_2 = 1.33$ ) avec un angle d'incidence  $i_1 = 40^\circ$

- Faire un schéma de la situation
- Enoncer les lois de la réflexion
- Représenter un rayon réfléchi en précisant la mesure de l'angle réflexion  $r$
- Enoncer les lois de la réfraction
- Représenter un rayon réfracté après avoir calculer l'angle de réfraction  $i_2$
- Si l'on augmente l'angle d'incidence  $i_1$ , quelle est la valeur maximale que peut avoir l'angle de réfraction  $i_2$  ?

**Exercice 5 :** Pour les phrases suivantes indiquer, dans l'ordre, les mots manquants.

- Un métal convenablement éclairé par de la lumière émet des électrons : c'est l'effet.....Cet effet met en évidence le caractère .....de la lumière.
- La vitesse de la lumière dans le vide est égale à.....km/s .Cette vitesse diminue quand la densité du milieu traversé.....
- L'effet photoélectrique prouve que la lumière est constituée de particules appelées .....La quantité d'énergie que transporte chacune de ces particules est appelée .....La lumière a donc une structure .....ou.....

**Exercice 6 :**

On considère un métal pour lequel le travail d'extraction d'un électron est  $W_0 = 1,9 \text{ eV}$ .

- Quelle est la longueur d'onde  $\lambda_0$  du seuil photoélectrique ?
- Quelles sont les longueurs d'onde des radiations susceptibles de donner l'effet photoélectrique ?
- Une radiation de longueur d'onde  $\lambda = 0,40 \mu\text{m}$  permet-elle l'effet photoélectrique ? Justifier.

**On donne :** Constante de Planck :  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$  ; Célérité de la lumière dans le vide :  $C = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  ; Masse de l'électron :  $m_e = 9,10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

**Exercice 7 :** *Modèle ondulatoire de la lumière* (Célérité de la lumière  $C = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ )

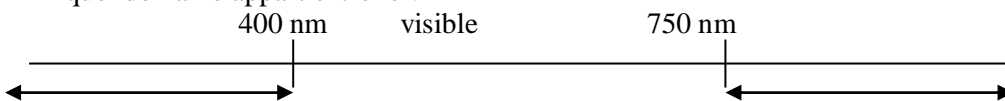
- On donne les longueurs d'onde dans le vide  $\lambda$  (en nm) et une série de couleurs.

Associer les longueurs d'onde dans le vide et les couleurs.

|                     |         |       |        |
|---------------------|---------|-------|--------|
| Les couleurs sont : | jaunes, | bleu, | rouge. |
| $\lambda$ (nm)      | 480     | 590   | 660    |
| Couleurs            | ?       | ?     | ?      |

- Une lampe à mercure, utilisée pour le bronzage du visage émet une radiation de fréquence à  $1,18 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ .

- 1- Calculer sa longueur d'onde dans le vide.
- 2- A quel domaine appartient-elle ?





**REPUBLIQUE DU SENEGAL**

**Un Peuple – Un But – Une Foi**

**Ministère De l'Éducation Nationale**

INSPECTION D'ACADEMIE DE KAOLACK

Cellule mixte n°1 de sciences physiques/TL2/2018-2019



# CHIMIE TL2





2

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

Il consiste à comprimer 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.

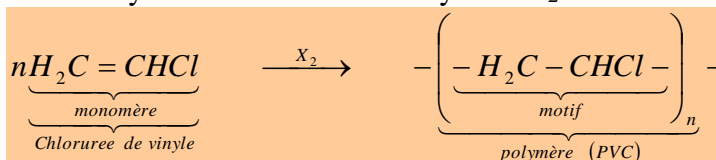
Ces procédés permettent la fabrication de sacs d'emballage, de jouets, de tuyaux souples, de caisses etc. et qui résistent bien aux produits chimiques.

**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.

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

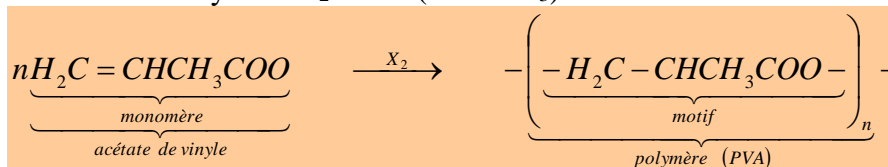
Le monomère est le monochloroéthylène ou chlorure de vinyle :  $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$



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.

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

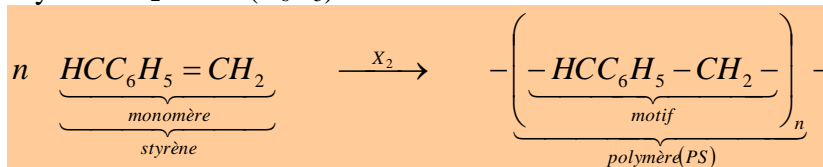
Le monomère est l'acétate de vinyle :  $\text{CH}_2 = \text{CH}(\text{OOCCH}_3)$



Pour la fabrication des vernis et des verres de sécurité.

**c. Synthèse du polystyrène (PS)**

Le monomère est le styrène  $\text{CH}_2 = \text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)$



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  $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOCH}_3)$  ; 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.

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

Données : C : 12 ; H : 1 ; F : 19

**Exercice 2**

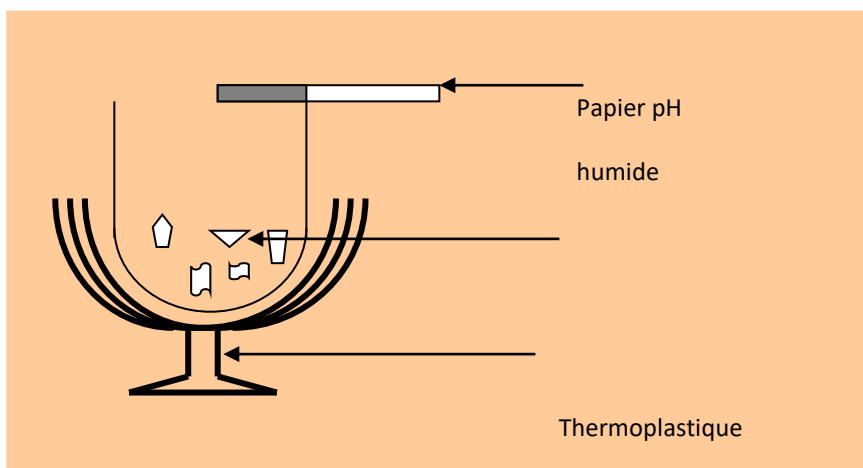
- a. Rappeler les formules de l'acide éthanoïque (acide acétique) et de l'éthyne (acétylène).
- b. Lorsque l'on fait réagir ces deux molécules, on observe une réaction d'addition (l'acide éthanoïque subissant une coupure acide base); écrire l'équation bilan et la formule semi développée du monomère obtenu (« l'acétate de vinyle »). Quelle masse d'acide et d'acétylène faut-il utiliser pour préparer 100.000 tonnes de monomère si la réaction a un rendement de 96% ?
- c. Ecrire la formule du motif du polymère obtenu à partir de « l'acétate de vinyle ».
- d. 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**

Le papier pH bleuit : le thermoplastique est un polyamide

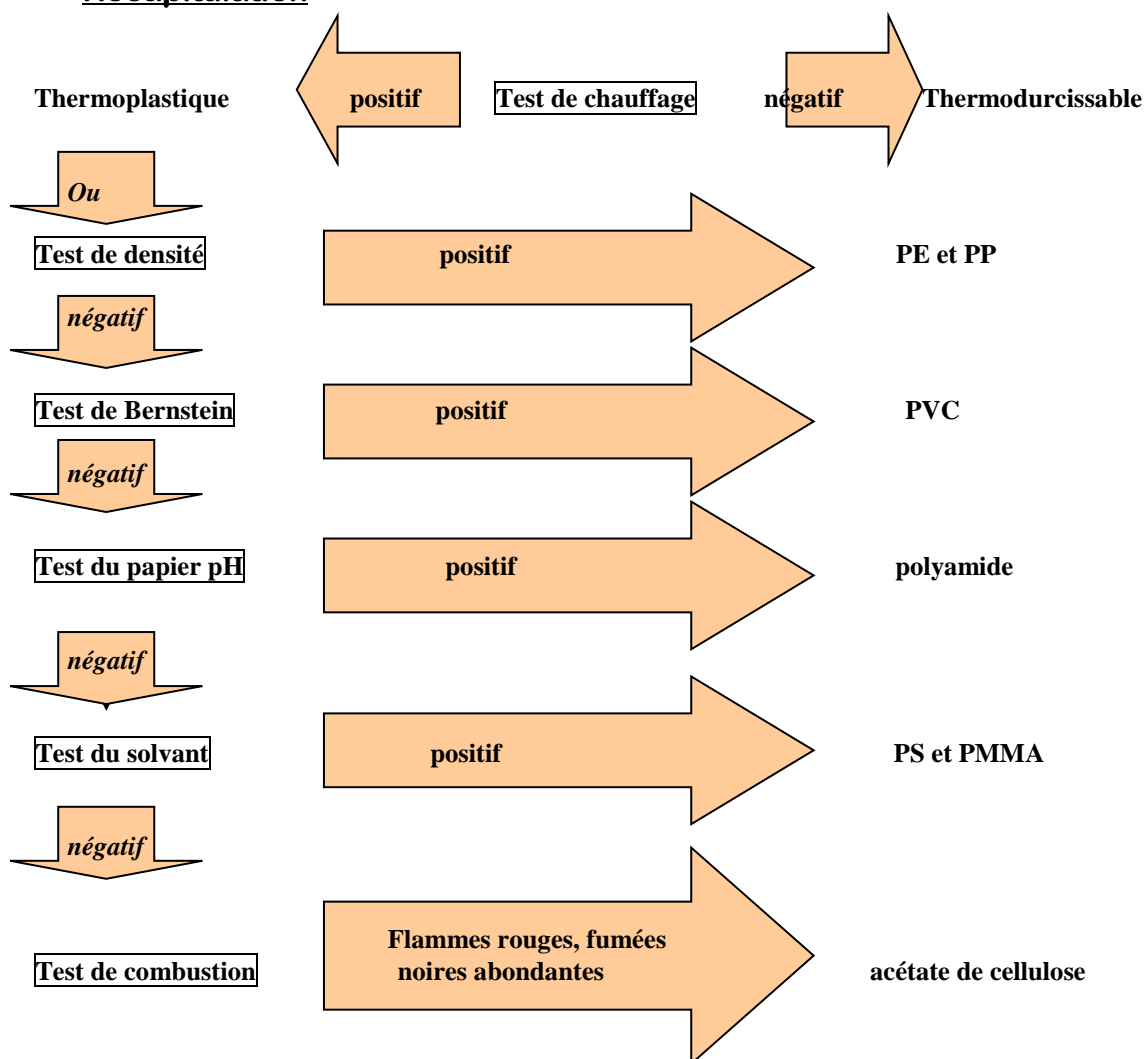
**4. Test du solvant**

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- Exemples de quelques polymères

| Formule et nom du monomère  | Formule et nom du polymère   | Utilisations   |
|---|--|--|
| Ethylène<br>$\text{CH}_2=\text{CH}_2$                             | Polyéthylène( <b>PE</b> )<br>$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$                               | <b>Polyéthylène haute densité (PEHD)</b> : sachets, tuyaux, réservoirs, Bidons( huiles moteurs, phytosanitaires----), seaux, poubelles, fûts et conteneurs, bouteilles, flacons(lait, lessives---), films pour routage, caisses et casiers<br><b>Polyéthylène basse densité (PEBD)</b> : films rétractables ou étirables, palettisation, sacs, boîtages, sachets, jouets |
| Propène<br>$\text{CH}_2=\text{CH}$<br> <br>$\text{CH}_3$          | Polypropène( <b>PP</b> )<br>$(-\text{CH}_2-\text{CH}-)_n$<br> <br>$\text{CH}_3$            | Boîtes, bacs, tubes conteneurs, pare-chocs, films et sachets transparents (paquets de cigarettes, fleurs, ----) , tubes  |
| Chlorure de vinyle<br>$\text{CH}_2=\text{CH}$<br> <br>$\text{Cl}$ | Polychlorure de vinyle ( <b>PVC</b> )<br>$(-\text{CH}_2-\text{CH}-)_n$<br> <br>$\text{Cl}$ | Mobilier (bancs, fenêtres...), barrières, jouets, sols, bouteilles (eaux minérales, vinaigre, vin, huiles comestibles, produits de droguerie, ---), feuilles pour thermoformage de gobelets, barquettes, boîtes alimentaires, film   |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  | alimentaires, film pour les applications médicales, canalisations et tuyaux, cartes de crédit   |
| Méthacrylate de méthyle<br>$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}-\text{COOCH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | Polyméthacrylate de méthyle ( <b>PMM</b> ) (Plexiglas)<br>$\begin{array}{c} \text{COOCH}_3 \\   \\ (-\text{CH}_2-\text{C}-)_n \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | Plaques transparentes pour vitres, phares, enseignes, règles, lunettes, les lentilles photographiques, les éclairages publicitaires   |
| Styrène<br>$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$                      | Polystyrène ( <b>PS</b> )<br>$\begin{array}{c} (-\text{CH}_2-\text{CH}-)_n \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$   | <b>Polystyrène cristal (PSC)</b> : Bouteilles, feuilles pour thermoformage (pots de yaourt et autres produits laitiers, gobelets, -----), bouchage<br><b>Polystyrène expansé (PSE)</b> : isolations phonique et thermique |
| Tétrafluoroéthylène<br>$\text{F}_2\text{C}=\text{CF}_2$   | Polytétrafluoroéthylène ( <b>PTFE</b> ) ou Téflon<br>$(-\text{F}_2\text{C}-\text{CF}_2-)_n$  | Raccords, prothèses   |
| Acétate de vinyle<br>$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\   \\ \text{COOCH}_3 \end{array}$                  | Polyacétate de vinyle<br>$\begin{array}{c} (-\text{CH}_2-\text{CH}-)_n \\   \\ \text{COOCH}_3 \end{array}$   | peinture, colles, verres de sécurité  |

### **V- 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.



## COURS C2 : 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  $\longrightarrow$  celluloid (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 :

**a. Procédé viscosé :** 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,

**b. Filage :** faire passer la solution dans les filières (plaques percées à trous calibrés),

**c. Reconstitution :** 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.

##### a) 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.

##### b) Par polycondensation

La polycondensation est la réaction les unes avec les autres de composés polyfonctionnels dont la molécule 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 :

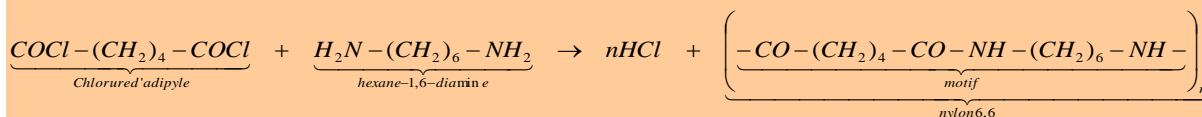
La polycondensation est différente de la polyaddition en ce sens que pour une polycondensation, il se forme d'abord de nombreuses petites molécules plus ou moins polycondensées qui de proche en proche inter réagissent pour former la macromolécule.

Exemples : Les polyesters ; les polyamides.

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

##### a) Les polyamides (PA) : le nylon 6,6

le nylon-6,6 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.

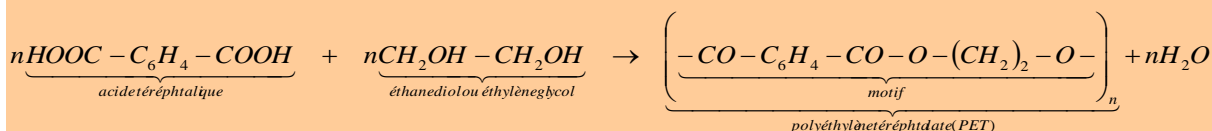
Le nylon est très résistant à la rupture, infroissable, d'une minceur extrême et très résistant aux lavages répétés

### 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.

### b) Les Polyesters : Tergal

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.

### c) Les acryliques :

Ils résultent de la polymérisation de l'acrylonitrile  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$

Equation :  $n \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN} \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-)_n$  (poly acrylonitrile)

Le nom de la fibre est le polyacronitrile (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 acryliques 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

### d) 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 :  $-(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)-$

### e) 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



**Série C1 : LES MATIERES PLASTIQUES**

**Exercice 1 : Compléter les phrases suivantes**

- 1- Les plastiques sont des matériaux.....synthétiques pour la plupart dérivés du pétrole.
- 2- Ils sont constitués de.....dans lesquelles.....se répète n fois.
- 3- Lors des réactions de....., les molécules du monomère, présentant toutes....., s'enchaînent les unes à la suite des autres.
- 4- Au cours de la fabrication des matières plastiques, ..... sont souvent utilisés en faibles quantités pour donner aux matières plastiques des caractéristiques souhaitées.
- 5- Il existe deux procédés industriels de fabrication du polyéthylène : le .....qui fournit le PEBD et le..... qui fournit le PEHD.
- 6- Par chauffage, on peut classer les matières plastiques en deux catégories : les .....qui fondent sous l'action de la chaleur et les .....qui .....sous l'action de la chaleur.

**Exercice 2 :**

Un jouet pour enfant est fabriqué par une matière plastique dont on cherche à déterminer sa nature. Pour cela on y prélève des échantillons et on effectue successivement le test de chauffage et le test de densité. Les résultats obtenus sont alors positifs.

1. Préciser la ou les nature(s) possible(s) du polymère.
2. Le fabricant donne les indications suivantes :
  - masse molaire du polymère :  $168\text{Kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
  - degré de polymérisation : 4000.

En déduire la formule semi-développée et le nom de cette matière plastique.

**Exercice 3 :**

Un polymère contient 38,4% de carbone, 4,8% d'Hydrogène et 56,8% de Chlore.

1. Sachant que sa masse molaire moyenne est de  $93,75\text{Kg}\cdot\text{mol}^{-1}$  et son indice de polymérisation 1500, quelle est la masse molaire du monomère ?
2. Donner le nom du monomère et déterminer sa formule semi-développée.
3. Ecrire l'équation bilan de la réaction de polymérisation de ce monomère.
4. Donner le nom du polymère obtenu et son abréviation.
5. Citer puis décrire un test permettant d'identifier ce polymère.
6. Citer deux objets de la vie courante fabriqués à partir de ce polymère.

**Exercice 4 : Analyse d'un texte scientifique :**

Les matières plastiques sont toutes fabriquées à partir d'une matière première : le pétrole. Celui-ci provient de la décomposition lente de végétaux qui contiennent de la cellulose. De ce fait, les matières plastiques contiennent toutes des atomes de Carbone et d'Hydrogène.

Lors de leur combustion dans le dioxygène de l'air, les plastiques ne contenant que des atomes de carbone et d'hydrogène réagissent pour donner du dioxyde de carbone et de l'eau. Si le dioxygène est en quantité insuffisante, la combustion est incomplète ; il se forme alors de l'eau et du monoxyde de carbone qui est un gaz inodore et mortel.

Certaines matières plastiques peuvent contenir d'autres atomes. Par exemple le PVC contient des atomes de Chlore, le polyuréthane utilisé dans les mousses isolantes contient des atomes d'azote. Lors de leur combustion, des gaz toxiques se forment comme le chlorure d'hydrogène (gaz irritant, dangereux pour les voies respiratoires et qui augmente l'acidité des pluies) dans le cas du PVC ou le cyanure d'hydrogène (gaz mortel) dans le cas du polyuréthane.

Il est donc très dangereux pour l'homme et pour son environnement de réaliser la combustion de ces matières plastiques hors d'usines d'incinération équipées pour récupérer ces gaz toxiques qui se dégagent.

**Questions**

1. Proposer un titre au texte.
2. De quels atomes peuvent être constituées les matières plastiques ?
3. Quand une combustion est-elle incomplète ? Quel produit dangereux peut se former lors d'une telle combustion ?
4. Certaines matières plastiques brûlent en formant des produits toxiques. Citer deux exemples en précisant le produit formé.
5. Pourquoi doit-on réaliser leur combustion dans des usines d'incinération ? Quel peut en être l'autre intérêt ?

**FIN DE LA SERIE**



## Série C2 : LES TEXTILES

**Exercice 1 :****1. Répondre par Vrai ou faux :**

1.1. Les polyamides obtenus par condensation entre l'acide Hexane - 1,6 - dioïque et l'Hexane 1,6 - diamine sont commercialisés sous le nom de tergal.

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

1.3 Les polyacrylonitrile (PAN) sont fabriqués par polymérisation de l'acrylonitrile  $CH_2 = CH - CN$

**2. Recopier et compléter les phrases suivantes :**

2.1 Le procédé de fabrication des textiles synthétiques fait appel soit à la.....soit à la .....

2.2 Les textiles..... sont des fibres obtenues par traitement chimique d'une matière première naturelle, la.....du bois sans aucune opération de.....

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

**3. Choisir la bonne réponse. Une seule réponse est admise :**

3.1 Le nylon-6,6 est un polyamide. Il est issu de la polycondensation entre :

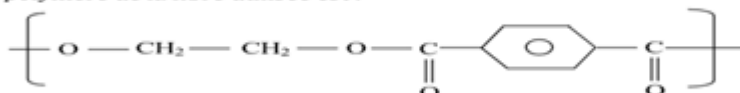
J : une amine et un alcool ; K : un acide et alcool ; L : un acide et une amine

3.2 Le tergal est très utilisé comme fibres textiles pour la fabrication de fibres comme :

a) Perlon ; b) Dacron ; c) Dralon

**Exercice 2 (Extrait BAC L2 2011 session de remplacement)**

Le coolmax est un textile obtenu à partir de fibres polyester. Il est utilisé pour fabriquer des vêtements de sport. Le motif du polymère de la fibre utilisée est :



1- Recopier le motif puis entourer le groupe fonctionnel qui lui vaut le nom de polyester.

2- Ce motif résulte de l'addition des composés A et B de formule respective :

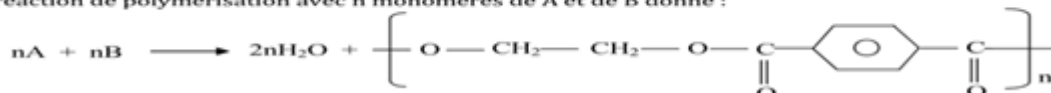


2.1- Nommer les groupes caractéristiques des composés A et B.

2.2- Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre une molécule de A et une molécule de B.

2.3- Quelles sont les caractéristiques de cette réaction ?

3- La réaction de polymérisation avec n monomères de A et de B donne :



3.1. Cette réaction est-elle une réaction de polyaddition ou de polycondensation ? Justifier la réponse.

3.2. Calculer l'indice n de polymérisation d'un polyester coolmax de masse molaire  $M_p = 384 \text{ Kg.mol}^{-1}$  sachant que la formule brute du monomère est  $C_{10}H_8O_4$

On donne les masses molaires atomiques en  $\text{g.mol}^{-1}$  :  $M(C) = 12$  ;  $M(H) = 1$  ;  $M(O) = 16$

**Exercice 3 Analyse d'un texte scientifique**

En 1927, la société américaine DuPont constitue un service de recherches pour l'étude de la synthèse des polymères à longues chaînes. Le polyamide 6-6 est découvert en 1936, la production à l'échelle industrielle débutera en 1938.

Parallèlement, Paul Schlack, un chimiste allemand, obtient par ouverture puis polycondensation d'un caprolactame (amine cyclique), une résine polyamide à six atomes de carbone baptisée *Perlon*.

Le polyamide (PA) fut rapidement utilisé dans l'industrie textile en particulier pour la fabrication des toiles de parachute, et plus connu par la suite sous l'appellation de *nylon*.

Selon la composition de leur chaîne squelettique, les polyamides sont classés en aliphatiques, semi-aromatiques et aromatiques.

Les polyamides aliphatiques sont désignés par un ou plusieurs chiffres relatifs au nombre d'atomes de carbone contenus dans le motif de répétition :

Les polyamides dont le nom comporte deux nombres (PA 4-6, PA 6-6, PA 6-10, PA 6-9, PA 6-12 par exemple) sont obtenus par réaction de polycondensation d'un diacide carboxylique et d'une diamine. Les valeurs correspondent au nombre d'atomes de carbone composant un motif de la chaîne dont respectivement, le nombre d'atomes de carbone de la diamine et du diacide.

(Extrait de Wikipédia, l'Encyclopédie libre)

**QUESTIONS**

1- Donner un titre au texte.

2- Définir les mots ou groupes de mots soulignés dans le texte.

3- Quelles sont les différentes catégories des polyamides ?

4- Ecrire les formules semi-développées du diacide organique et de la diamine intervenant dans la synthèse du PA 6-6.

5- Ecrire cette équation bilan de synthèse du PA 6-6

6- Préciser le motif du PA 6-6 ainsi que sa formule brute.

7- Citer deux articles fabriqués à partir du polyamide.

**FIN DE LA SERIE**



**COURS C3 : LES COMPOSES OXYGENES : LES SAVONS**

**I. RAPPELS SUR LES COMPOSES OXYGENES**

**I.1- Alcools et éthers-oxydes**

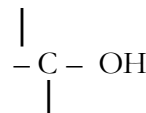
Les alcools et les éthers-oxydes sont des isomères de fonctions de formule brute :  $C_nH_{2n+2}O$

**I.1.1) Alcools :**

**a) Définition**

Un alcool est un composé organique oxygéné dont la molécule contient le groupe hydroxyle

(-OH) lié à un atome de carbone à structure tétraédrique :



La formule générale des alcools à chaîne carbonée saturée s'écrit R – OH où R est un groupe alkyle ( $C_nH_{2n+1}$ )

**b) Classes des alcools :**

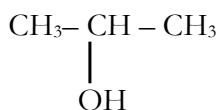
La classe d'un alcool dépend du nombre d'atomes de carbone liés directement au carbone fonctionnel (atome de carbone relié au groupe ---OH). Un alcool est :

- **Primaire** : si le carbone fonctionnel est lié à un seul atome de carbone.

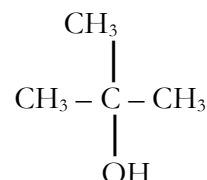
**Exemple:**  $CH_3-CH_2-OH$ ;  $CH_3-CH-CH_2-OH$



- **Secondaire** : si le carbone fonctionnel est lié à 2 autres atomes de carbones :



- **Tertiaire** : si le carbone fonctionnel est lié à 3 autres atomes de carbones :



**c) Nomenclature**

**R1** : Le nom d'un alcool est obtenu en remplaçant la terminaison e du nom de l'alcane de même squelette carboné par **ol**. La place du groupe hydroxyle sur la chaîne est alors indiquée par son indice de position placé avec le suffixe ol.

**R2** : La chaîne carbonée principale est la chaîne la plus longue contenant le groupe -OH. La numérotation de cette chaîne doit accorder à l'atome de carbone porteur du groupe hydroxyle le plus petit indice possible.

**R3** : Les groupes substituant sont classés par ordre alphabétique précédé de leur indice de position

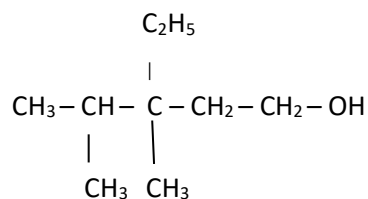
Exemple :

$CH_3-OH$  méthanol

$CH_3-CH_2-OH$  éthanol

$CH_3-CH_2-CH_2-OH$  propan-1-ol

$CH_3-CH-CH_3$  propan-2-ol  
 $|$   
 OH



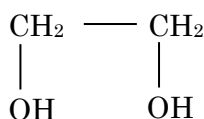
3-éthyl-3,4-diméthylpentan-1-ol

**Remarques :**

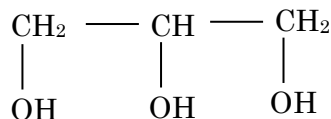
- ✓ Il existe des alcools dont la chaîne carbonée est insaturée, mais l'atome de carbone porteur de groupe  $-OH$  est lui, toujours tétraédrique.

**Exemple :**

- $CH_2 = CH - CH_2 - OH$  est un alcool
- $CH_3 - CH = CH - OH$  n'est pas un alcool
- ✓ Certaines molécules organiques comportent plusieurs groupes hydroxyles ( $-OH$ ) liés à des atomes de carbone tétraédriques différents : ce sont des **polyalcools** ou **polyols**.

**Exemple :**

éthane -1,2 -diol (ou glycol)



propane - 1,2,3 - triol (ou glycérol)

Le glycérol se trouve généralement dans les corps gras (graisse, huile, ...)

**I.1.2) Ethers-oxydes :****a) Définition :**

Un éther-oxyde est un composé organique oxygéné contenant un atome d'oxygène lié à deux atomes de carbone à structure tétraédrique.

La formule générale des éther-oxydes à chaîne carbonée saturée est :

**b) Nomenclature des éther-oxydes****Règle :**

Plusieurs possibilités sont admises :

- ❖ On fait précéder du mot oxyde les noms des deux radicaux R et R' qui entourent l'oxygène,
- ❖ On utilise comme préfixe le nom du groupe dont la chaîne carbonée possède le moins d'atomes de carbone dans lequel la terminaison « *yle* » est remplacée par « *oxy* » suivi du nom de l'hydrocarbure de base comportant le plus d'atomes de carbone.

**Exemples :**

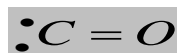
$CH_3 - O - CH_3$  : méthoxyméthane ou *oxyde* de diméthyle

$CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_2 - CH_3$  : éthoxypropane ou *oxyde* d'éthyle et de propyle

$CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_2 - \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 \end{array}}{CH} - CH_3$  : éthoxy-3-méthylbutane ou *oxyde* d'éthyle et 3-méthylbutyle

**I.2) Aldéhyde - Cétone**

Les aldéhydes et les cétones sont des isomères de fonctions de formule brute  $C_nH_{2n}O$ , possédant un atome de Carbone lié à l'atome d'oxygène par une double liaison :



Cet ensemble qui peut former deux liaisons, porte le nom de *groupe carbonyle*

**I.2.1) Les aldéhydes****a) Définition**

Si on fixe sur l'atome de carbone du groupe carbonyle à un atome d'hydrogène et un atome de carbone : on obtient un composé oxygéné qui porte le nom *d'aldéhyde*

La formule générale des aldéhydes est :



**Remarque** : R peut être égale à un hydrogène ou un groupe alkyle.

### b) Nomenclature des aldéhydes

#### Règle 1:

Le nom d'un aldéhyde dérive de celui de l'alcane de même chaîne carbonée, en remplaçant le -e final par la terminaison -al.

#### Règle 2 :

La chaîne principale est toujours numérotée de façon que le groupe ---CHO porte l'indice 1.

#### Exemples :

$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}=\text{O}$  : 2-méthylpropanal



$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{O}$  : 3-méthylbutanal

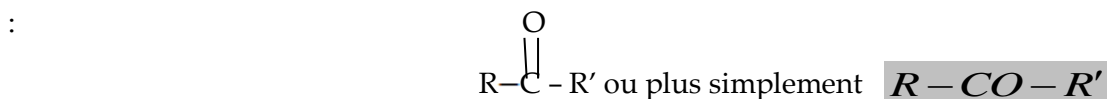


### I.2.2) Les cétones

#### a) Définition :

Si on fixe sur l'atome de carbone du groupe carbonyle à deux atomes de carbone : on obtient un composé oxygéné dénommé *cétone*.

La formule générale des cétones est :



**Remarque** : R et R' sont des groupes alkyles.

### b) Nomenclature des cétones

#### Règle 1 :

Le nom d'une cétone dérive de celui de l'alcane de même chaîne carbonée, en remplaçant le -e final par la terminaison -one précédée de l'indice de position du groupe carbonyle.

#### Règle 2 :

La chaîne principale est numérotée de façon que l'indice de position du groupe carbonyle soit le plus petit possible.

#### Exemples :

$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$  : Propanone (ou acétone)

$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  : Butanone

$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  : Pentan-2-one

$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  : 3-méthylpentan-2-one



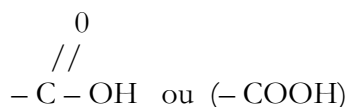
### I-3 Acides carboxyliques et esters

Les acides carboxyliques et les esters sont isomères de fonction de formule brute :  $C_nH_{2n}O_2$ .

### I.3.1) Acides carboxyliques :

#### a) Définition

C'est un composé organique oxygéné dont la molécule renferme le groupe -COOH appelé groupe carboxyle.



La formule générale s'écrit **R- COOH** avec **R-** est un groupe Alkyle

#### b) Nomenclature

R1 : Le nom d'un acide carboxylique dérive de celui d'un alcane de même squelette carbone en remplaçant le final du nom de l'alcane par la terminaison oïque

R2 : Lorsque la chaîne carbonée est ramifiée, la chaîne principale est la chaîne la plus longue contenant le groupe carboxylique. Elle est numérotée à partir du carbone fonctionnel. (1 sens)

R3 : Le nom d'un acide carboxylique est toujours précédé du mot acide.

#### Exemples :

$CH_3-CH-COOH$  : acide-2-méthylpropanoïque



$CH_3-CH-CH_2-COOH$  : acide-3-méthylbutanoïque



#### c) 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<br>ou acide (Z)-octadéc-9-énoïque                  | $C_{17}H_{33}COOH$      |
| Acide linoléique ou<br>Acide (9-Z, 12-Z)-octadéca-9,12-diénoïque | $C_{17}H_{31}COOH$      |

### I.3.2) Esters

#### a) Définition :

Un ester est un composé organique oxygène dont la molécule renferme le groupe  $-C''O$ . La formule générale d'esters est :

La formule générale d'un ester s'écrit :  **$R-COOR'$**  avec R = H ou groupe alkyle et R' = alkyle

#### III.3-1. Nomenclature des esters

#### Règle :

Le nom d'un ester comporte deux termes :

- Le premier, qui se termine **-oate** désigne la chaîne principale provenant de l'acide. Cette chaîne est numérotée à partir du carbone fonctionnel.
- Le second, qui se termine **-yle** est le nom du groupe **alkyle R'**. Cette chaîne est numérotée à partir de carbone lié à l'atome d'oxygène.

Exemples :

$\text{CH}_3\text{—CH—CO—O—CH}_3$  : 2-méthylpropanoate de méthyle



$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CO—O—CH—CH}_3$  : butanoate d'isopropyle

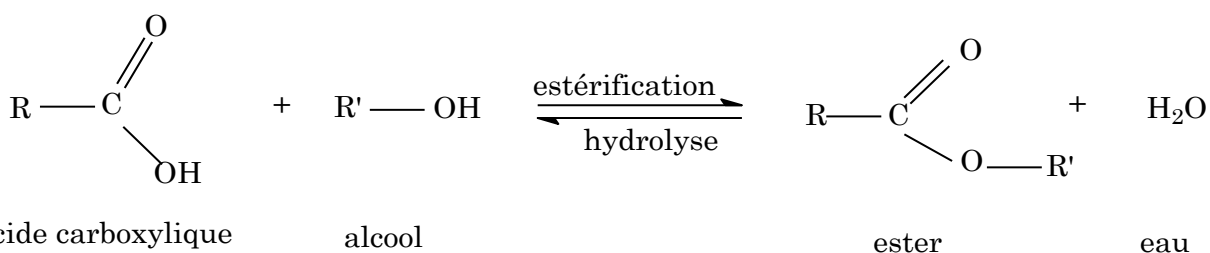


Remarque :

La formule d'un ester dérive de celle d'un acide carboxylique par le remplacement de l'atome d'hydrogène H du groupe carboxyle par un groupe alkyle R'---

**c) La réaction d'estérification**

L'action d'un acide carboxylique sur un alcool conduit à la formation d'un ester et de l'eau. Cette réaction est appelée réaction d'estérification d'équation générale.



**Caractéristiques :** C'est une réaction lente limitée et athermique

**d) 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 – PREPARATION ET PROPRIETES D'UN SAVON**

**II –1. Définition**

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

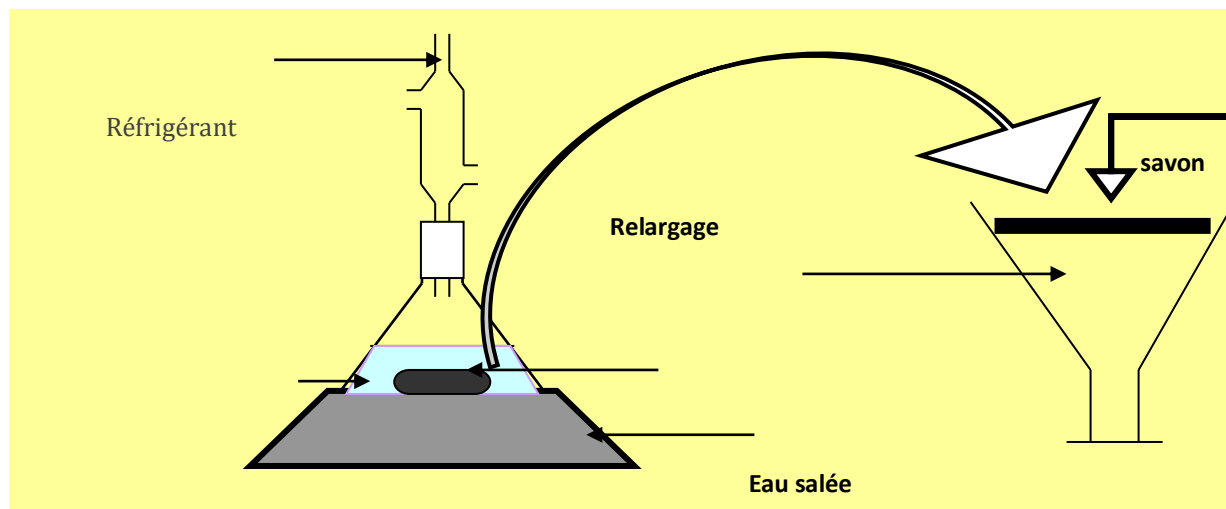
**II – 2. Préparation d'un savon**

**II.2.1 Synthèse du triester**

**II –2.2. Expérience**

**a. Au laboratoire**

Un mélange d'huile alimentaire, de soude 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.



### c). Industriellement

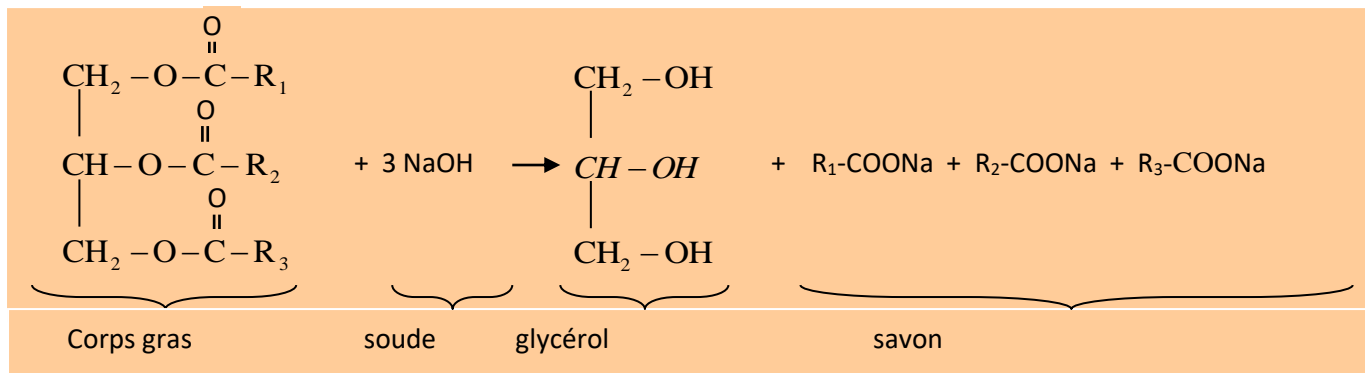
Ce procédé est constitué de trois étapes :

- Chauffage à reflux : On mélange de la potasse concentrée avec un corps gras(huile) et on porte l'ensemble à une température de 120 à 130°C sous une pression de quelques bar
- Relargage : On sépare le savon du glycérol et de l'excès de potasse par une solution concentrée de chlorure de sodium et centrifugation
- Liquidation : On décante le produit obtenu dans une solution diluée de chlorure de sodium

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

### II-2-3. Equation bilan de la réaction

Le savon se prépare par action de la soude (NaOH) ou de la potasse (KOH) sur le triester : c'est la réaction de saponification. Son équation-bilan est :



#### Remarque :

Le savon est dur si on utilise le NaOH et mou si on utilise le KOH.

### II-2-4. Propriétés des savons

#### a, Solubilité des savons

Dans l'eau pure, les savons sont partiellement solubles à cause de la formation de liaisons hydrogène. Les solutions obtenues sont légèrement basiques.

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.

**Remarque :** 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.

#### b. Principe d'action des savons

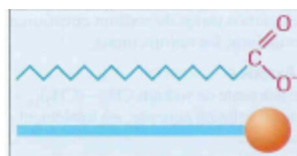
##### ✓ Structure de l'ion carboxylate

L'ion carboxylate d'un savon comporte 2 parties :

**-Le groupe carboxylate ( $\text{COO}^-$ ) la tête** présente une grande affinité pour l'eau. On dit qu'il constitue le pôle hydrophile du savon.

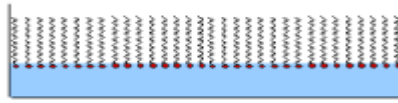
En revanche ce groupe n'a pas d'affinité pour les chaînes carbonées présentes dans les graisses. On dit pour cela qu'il est lipophile.

- Le groupe Alkyle R (la queue) qui ne présente aucune affinité pour l'eau, constitue le pôle hydrophobe du savon. Le groupe R présente par contre une grande affinité pour les autres chaînes carbonées. On dit qu'il est lipophile.



##### ✓ Modes d'action d'un savon

Le savon est une solution : en solution aqueuse les ions carboxylate se rassemblent à l'interface (surface de séparation eau, air). Il forme une fibre avec les têtes hydrophiles ouvertes vers l'eau et les queues hydrophobes ouvertes vers l'air.



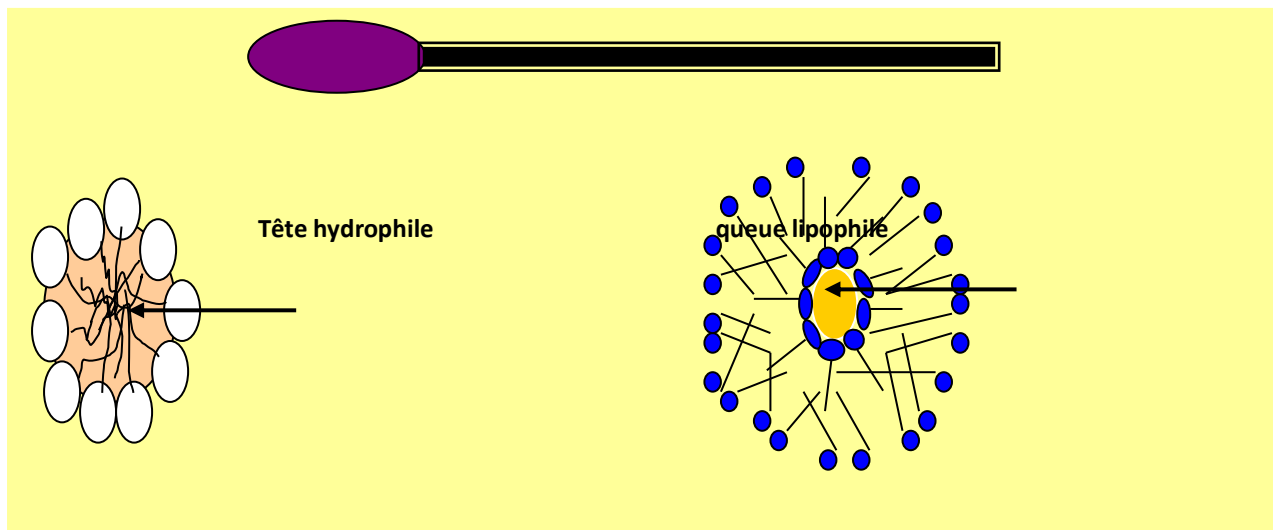
Le pouvoir moussant des savons s'explique par la formation des films interfaciaux.

### ✓ Propriétés détergentes

Dans une tache de graisse à la surface d'un tissu plongé dans une solution de savon,

Les chaînes hydrophobes du savon pénètrent les molécules de graisse, tandis que les chaînes hydrophiles sont repoussées à la périphérie ou elles sont entourées par des molécules d'eau. Il se forme des micelles qui s'entourent des couches d'ion  $\text{Na}^+$ .

Lors du rinçage les complexes formés par les molécules de graisse et les molécules de savon sont éliminés d'où le pouvoir nettoyant de ce dernier.



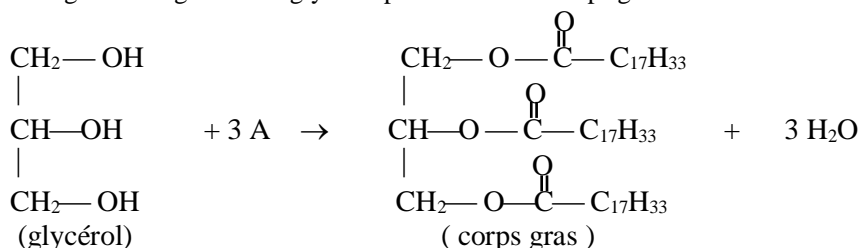




- 3) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de A sur B. Nommer cette réaction et préciser ses caractéristiques.
- 4) On réalise un mélange de 0,1 mol de A et 0,1 mol de B. Sachant que lorsque l'équilibre est atteint 67 % de l'alcool est transformé, déterminer les quantités de matières des différents constituants du mélange final ainsi que leurs masses.
- On donne les masses molaires atomiques :  $M(H) = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(C) = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(O) = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

**Exercice 6 :**

Un acide gras A réagit avec le glycérol pour donner un corps gras de masse molaire  $M_1$  suivant l'équation :



1-Identifier A en donnant sa formule semi-développée.

2-Le corps gras réagit avec un excès de soude en présence d'éthanol.

2-1-Ecrire l'équation-bilan de la réaction sachant qu'il se forme du glycérol et un autre produit dont on écrira la formule semi-développée et que l'on désignera par S. Quel est le nom usuel donné à S ?

2-2-On fait réagir une tonne de cet acide gras ; quelle masse du composé S obtiendrait-on avec un rendement de 80 %. 2-3- Identifier la partie hydrophile et hydrophobe du composé S.

Données : masses molaires atomiques : C :  $12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ; O :  $16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ; H :  $1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ; Na :  $23 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masse molaire du corps gras :  $M_1 = 884 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ; Masse molaire du composé S :  $M_S = 304 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

**Exercice 7 : Lire le texte et répondre aux questions qui suivent.**

La tache d'huile est l'ennemi de l'homme soigné, qui ne peut la faire disparaître dans l'eau. Jamais, en effet, un liquide gras ne s'y dissoudra directement, sauf avec du savon. Pourquoi, Parce que liquides aqueux et gras n'obéissent pas aux mêmes règles. Les premiers sont composés de molécules dont une extrémité est plus chargée que l'autre et qui fonctionnent comme des aimants. C'est pourquoi ils se mélangent bien entre eux. Dans les huiles, au contraire, les charges sont harmonieusement réparties sur une chaîne moléculaire longue, et donc leurs molécules restent à part. Heureusement, il existe aussi d'autres molécules qui, comme celles qui composent le savon, sont tensioactives : une extrémité, polaire, se mélange à l'eau, l'autre, apolaire, se solubilise dans l'huile. Ces tensioactifs plongent leur queue apolaire dans la tache et l'autre extrémité dans l'eau de lessive. Diluant ainsi progressivement la crasse.

*Science et vie, hors série, septembre 2008*

- 1 Donner un titre à ce texte
- 2 Comment peut-on obtenir un savon ?
- 3 Quelle est la partie hydrophile d'un savon ? Quelle propriété possède-elle ?
- 4 Quelle est la partie hydrophobe d'un savon ? Quelle propriété possède-elle ?
- 5 Expliquer le principe de la détergence

**FIN DE LA SERIE**



## EXPOSE 1 : LA POLLUTION DE L'AIR

### INTRODUCTION :

La pollution de l'air est due à la présence de polluants dans les plus basses couches de l'atmosphère. Ces polluants sont des gaz ou des particules.

Les polluants de l'air (ou polluants atmosphériques) peuvent être d'origine naturelle ou provenir des activités humaines (industries, transports). Ils sont présents en quantité extrêmement faible.

Cette pollution est néfaste pour l'environnement et pour tous les êtres vivants. À grande échelle, la pollution de l'air contribue au réchauffement de la planète par effet de serre, au trou de la couche d'ozone et à la formation de pluies acides. Par ailleurs, la pollution atmosphérique a des conséquences directes sur la santé des hommes (difficultés respiratoires, etc.), sur le bétail et sur les récoltes.

### 1. QUELS SONT LES POLLUANTS NATURELS ?

Les polluants d'origine naturelle sont principalement le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ). Ils sont dus aux éruptions volcaniques, aux décompositions de matières organiques (animaux et végétaux morts) et aux feux de forêt.

Des particules en suspension dans l'air (appelés aérosols) peuvent également provenir des éruptions des volcans ou des déserts et être transportées sur de très grandes distances. C'est par exemple le cas des poussières de sable du désert du Sahara (en Afrique), qui sont transportées par les vents jusqu'en France. Ces polluants naturels sont peu dangereux car ils ne restent pas très longtemps dans l'atmosphère.

### 2. QUELS SONT LES POLLUANTS DUS AUX ACTIVITÉS HUMAINES ?

Les principaux polluants que les hommes rejettent dans l'atmosphère sont : le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), l'ozone ( $\text{O}_3$ ) et des particules en suspension. Ces polluants proviennent de la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel), des industries (usines métallurgiques et sidérurgiques, incinérateurs de déchets, raffineries de pétrole, etc.) et des transports routiers.

Cette pollution a commencé avec l'ère industrielle, au XIX<sup>e</sup> siècle. Cette pollution est présente surtout en ville et entraîne de graves problèmes de santé chez les hommes. La pollution est plus forte les jours où la température est élevée (forte chaleur) et lorsqu'il n'y a pas de vent.

### 3. QUEL EST L'EFFET DE LA POLLUTION DE L'AIR SUR LA SANTÉ DES HOMMES ?

La pollution de l'air provoque principalement des irritations des yeux, des problèmes de vision et des difficultés pour respirer. Cette pollution peut aussi entraîner des douleurs de poitrine et des toux. Les personnes les plus fragiles sont les jeunes enfants, les personnes âgées et les personnes sensibles (fumeurs, asthmatiques, malades du cœur ou des poumons). Dans les cas extrêmes, des risques de cancer sont possibles. En 1952, une forte pollution de l'air a entraîné la mort de 4 000 personnes à Londres (Angleterre).

### 4. COMMENT EST SURVEILLÉE LA QUALITÉ DE L'AIR ?

La qualité de l'air est contrôlée plusieurs fois par jour dans les villes de plus de 100 000 habitants. Les concentrations de quatre polluants sont surveillées : le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, l'ozone et les particules en suspension. La qualité de l'air est définie par un indice appelé indice ATMO. Cet indice varie de 1 (très bonne qualité de l'air) à 10 (très mauvaise qualité de l'air).

Il existe deux niveaux d'urgence. Au premier niveau, dit « d'information et de recommandation », il faut prévenir la population. Au second niveau, dit « d'alerte », il faut réduire les activités humaines responsables de la pollution (réductions des limitations de vitesse et de la circulation routière, ralentissement ou arrêt des industries polluantes).

## 5. QUEL EST L'EFFET DE LA POLLUTION DE L'AIR SUR LA TERRE ?

La pollution de l'air ne touche pas seulement la plus basse couche de l'atmosphère (la troposphère). Certains polluants sont rejetés encore plus haut dans l'atmosphère. L'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (comme le dioxyde de carbone) au cours du XX<sup>e</sup> siècle a accentué le phénomène naturel d'effet de serre. Ceci est à l'origine du réchauffement global de la planète, qui devrait se poursuivre tout au long du XXI<sup>e</sup> siècle.

Par ailleurs, l'utilisation de chlorofluorocarbures (CFC) dans les bombes aérosols et les réfrigérateurs a diminué la concentration d'ozone dans l'atmosphère, ce qui a causé le fameux trou de la couche d'ozone. L'utilisation des CFC est interdite dans la majorité des pays industrialisés depuis 1995 — les pays en voie de développement ont un délai supplémentaire jusqu'en 2010.

## 6. COMMENT RÉDUIRE LA POLLUTION DE L'AIR ?

Les solutions envisagées pour réduire la pollution de l'air sont :

- la réduction des transports et surtout des déplacements en voiture ;
- l'utilisation de systèmes complexes qui limitent la pollution atmosphérique, comme les pots catalytiques pour les voitures qui sont obligatoires en Europe depuis 1993, les filtres atmosphériques pour les cheminées d'usines, etc.
- le développement des énergies renouvelables dites « propres », comme l'énergie du Soleil (énergie solaire), du vent (énergie éolienne), des marées (énergie marémotrice), etc.
- le développement de l'énergie nucléaire, mais cette source d'énergie pose d'autres problèmes d'environnement (gestion des déchets nucléaires), ainsi que des problèmes géopolitiques (armes nucléaires) ;
- la poursuite des recherches sur l'énergie thermonucléaire, qui consiste à reproduire sur Terre les réactions qui se produisent au cœur des étoiles.

## CONCLUSION :



## EXPOSE 2 : LA POLLUTION DE L'EAU

### INTRODUCTION :

La pollution de l'eau correspond à la présence dans l'eau de minuscules **organismes** extérieurs, de **produits chimiques** ou de **déchets industriels**.

Cette pollution (ou **contamination**) touche les **eaux de surface** (océans, rivières, lacs) et les **eaux souterraines** qui circulent dans le sol.

Elle entraîne une dégradation de la qualité de l'eau, ce qui rend son utilisation dangereuse (pour l'eau que l'on boit par exemple) et perturbe beaucoup le milieu aquatique (en particulier la vie des poissons).

### 1. QUELS SONT LES DIFFÉRENTS TYPES DE POLLUTION DE L'EAU ?

La pollution de l'eau est presque toujours due aux activités humaines, même si cette pollution est parfois accidentelle. Les quatre principaux types de pollution sont :

- la **pollution agricole** avec les déjections animales (vaches, porcs, etc.), les nitrates et les phosphates contenus dans les engrais, ainsi que les pesticides (insecticides et désherbants) ;
- la **pollution industrielle** avec les produits chimiques que rejettent les industries et les eaux chaudes évacuées à la sortie des usines ;
- la **pollution domestique** (c'est-à-dire de la maison) avec les eaux usées rejetées des toilettes, les poudres à laver (lave-linge, lave-vaisselle) et les détergents, le chlore qui sert pour la désinfection de l'eau et le plomb qui compose les tuyaux ;
- la **pollution par les hydrocarbures** (ou **pollution pétrolière**). Elle est généralement **accidentelle** à l'image des naufrages de pétroliers (**marées noires**) comme ceux de l'*Amoco Cadiz* (océan Atlantique, 1978), de l'*Exxon Valdez* (Alaska, 1989), de l'*Erika* (océan Atlantique, 1999) et du *Prestige* (océan Atlantique, 2002). Cependant, une large part de la pollution pétrolière est **volontaire** (et illégale) : elle est due aux opérations de **vidange** (ou **dégazage**) des pétroliers en haute mer.

### 2. COMBIEN DE TEMPS L'EAU RESTE-T-ELLE POLLUÉE ?

L'eau des rivières et de la mer peut éliminer naturellement la pollution lorsque les polluants sont **dégradables**. Mais cette dégradation peut prendre beaucoup de temps suivant le type de pollution. Par exemple, les pesticides, le pétrole, le plastique et certains métaux (plomb, mercure, cadmium) peuvent rester plusieurs milliers d'années dans l'eau.

Les hommes essaient aussi de réduire ou d'enlever la pollution de l'eau. Les eaux usées, les engrais et certains déchets industriels sont ainsi détruits par des réactions chimiques ou des bactéries dans des centrales d'assainissement ou des stations d'épuration qui permettent le **traitement de l'eau**.

### 3. QUELS SONT LES EFFETS DE LA POLLUTION DE L'EAU SUR LES ÊTRES VIVANTS ?

La pollution de l'eau peut avoir de graves conséquences sur la santé des hommes.

Les **nitrates**, qui existent dans l'eau potable, peuvent entraîner des **maladies mortelles** chez les jeunes enfants.

Les **métaux lourds** (comme le mercure et le plomb) sont des produits très **toxiques** pour l'homme.

Le **cadmium**, présent dans les engrais, peut être stocké par les plantes cultivées que l'on mange, provoquant ainsi des **problèmes de digestion, des dysfonctionnements du foie et des reins** chez les hommes.

Lors des **marées noires**, la pollution peut détruire l'ensemble de la **faune** (les poissons) et de la **flore** (la végétation aquatique) sur de grandes surfaces (plusieurs milliers de km<sup>2</sup>).

### 4. QUELS SONT LES CONSÉQUENCES DE LA POLLUTION DE L'EAU SUR L'ENSEMBLE DU GLOBE TERRESTRE ?

À l'échelle de la planète, la principale conséquence de la pollution de l'eau est une **diminution de la quantité et de la qualité de l'eau potable** que les hommes utilisent. Cette diminution mondiale en eau potable peut entraîner des conflits entre des pays qui possèdent des réserves d'eau en commun. C'est le cas des eaux de l'Euphrate entre la Turquie, la Syrie et l'Irak.

Le problème des **pluies acides** est également devenu très préoccupant ces dernières années. Ces dépôts acides présents dans l'eau de pluie ont anéanti toute forme de vie dans de nombreux lacs en Europe et en Amérique.

### CONCLUSION :



## EXPOSE 3 : LESSIVES-ANTISEPTIQUES-DESINFECTANTS

### INTRODUCTION :

**Aucune formule chimique de lessives, d'antiseptiques et de désinfectants ne doit être données.**

On se limitera aux procédés de synthèse et aux utilisations de ces produits. On étudiera leurs effets secondaires sur l'environnement.



**REPUBLIQUE DU SENEGAL**

**Un Peuple – Un But – Une Foi**

**Ministère De l'Éducation Nationale**

INSPECTION D'ACADEMIE DE KAOLACK

Cellule mixte n°1 de sciences physiques/TL2/2018-2019



# DEVOIRS ET COMPOSITIONS