

Avant-propos

Le programme de Sciences Physiques de la classe de terminale L₂, applicable depuis la rentrée 2009, fait apparaître qu' « à l'issue de la classe de terminale L, l'élève ayant acquis les savoirs, savoir-faire et savoir-être, doit les intégrer dans des situations familières de résolution de problème ».

« La physique chimie au baccalauréat L₂ » est un fascicule conforme à l'esprit et à la lettre de ce programme et répond à la compétence citée précédemment.

Ce fascicule est conçu et structuré pour aider l'élève de la classe de terminale L₂, candidat au baccalauréat littéraire, à surmonter les difficultés auxquelles il est confronté dans son travail en lui donnant les moyens pour mieux tester ses capacités.

Il propose un **cours** avec une présentation simple et accessible à tout élève littéraire. Les différentes parties de chaque chapitre comportent des **exercices d'application corrigés** pour une bonne compréhension du cours.

Il comprend plus de **200 exercices** sélectionnés, regroupés et classés par thème et par chapitre suivant leur niveau de difficultés. Ces exercices sont diversifiés en phrases à trous, QCM, exercices simples d'application directe du cours, exercices de difficultés moyennes de consolidation du cours, exercices et textes scientifiques extraits de sujets de BAC L₂.

L'utilisation rationnelle de ce fascicule donnera à l'élève les moyens pour mieux tester ses capacités. Par conséquent, il lui est conseillé de saisir son professeur au cas où il éprouverait des difficultés de compréhensions.

Mon souhait est que ce fascicule constitue un outil pédagogique de travail efficace pour palier à l'absence d'ouvrages adaptés au programme de Sciences Physiques de la classe de TL₂.

Je demande aux collègues professeurs, que ce fascicule est perfectible ; toutes remarques ou suggestions pouvant améliorer sa qualité seront toujours bien accueillies.

L'auteur

Renseignements

Mafal FALL - Professeur de Sciences Physiques au Lycée Djignabo

Tel: 77 533 09 11; E-mail: afalma @ Yahoo.fr

SOMMAIRE

PHYSIQUE		Page
P ₁	Production, transport, utilisation de l'énergie électrique :	
	Contenu du cours	5
	Enoncés des exercices.....	84
P ₂	Energie nucléaire : réactions spontanées, fusion et fission :	
	Contenu du cours	21
	Enoncés des exercices.....	90
P ₈	Généralités sur les signaux et ondes mécaniques :	
	Contenu du cours	34
	Enoncés des exercices.....	100
P ₄	Aspect ondulatoire de la lumière :	
	Contenu du cours	43
	Enoncés des exercices.....	104
P ₅	Aspect corpusculaire de la lumière ; Dualité onde-corpuscule :	
	Contenu du cours	53
	Enoncés des exercices.....	108

CHIMIE		Page
C ₁	Matières plastiques :	
	Contenu du cours	58
	Enoncés des exercices.....	110
C ₂	Les textiles :	
	Contenu du cours	65
	Enoncés des exercices.....	115
C ₃	Les savons :	
	Contenu du cours	68
	Enoncés des exercices.....	117
C ₄	Les lessives, les antiseptiques et les désinfectants :	
	Contenu	77
C ₅	La pollution de l'air et de l'eau :	
	Contenu du cours	79
	Enoncés des exercices.....	125

PROGRAMME DE TERMINALE L₂

CHAPITRES DE PHYSIQUE		Horaire
N°	Titre	
THEME 1: ENERGIE		
P ₁	Production, transport, utilisation de l'énergie électrique.	5
P ₂	Energie nucléaire : réactions spontanées, fusion et fission.	4
THEME 2 : PHENOMENES VIBRATOIRES		
P ₈	Généralités sur les signaux et ondes mécaniques.	5
P ₄	Aspect ondulatoire de la lumière.	4
P ₅	Aspect corpusculaire de la lumière ; Dualité onde-corpuscule.	4
Total		22

CHAPITRES DE CHIMIE		Horaire
N°	Titre	
THEME 1: MATIERES PLASTIQUES ET TEXTILES		
C ₁	Matières plastiques.	5
C ₂	Les textiles.	4
THEME 2: COMPOSES OXYGENES.		
C ₃	Les savons.	5
C ₄	Les lessives, les antiseptiques et les désinfectants.	3
THEME 3 : POLLUTION		
C ₅	La pollution de l'air et de l'eau.	4
Total		21

PHYSIQUE

P₁

ENERGIE ELECTRIQUE

PRODUCTION, TRANSPORT ET UTILISATION

I GENERALITES

1. Introduction

Le développement considérable de l'électricité a été possible grâce à la découverte en 1831 par **Michael Faraday** du phénomène d'**induction électromagnétique**. Il produisit du courant électrique en faisant tourner un disque métallique au voisinage d'un aimant.

Cette découverte connut un prolongement technique important par la construction en 1878, de l'**alternateur**. Les alternateurs convertissent de l'énergie mécanique en énergie électrique dans les **centrales électriques**.

Dans la vie courante, l'énergie électrique est utilisée pour le fonctionnement de nombreux appareils dont les applications sont très diverses (éclairage, appareils à éléments chauffants, appareils avec moteur, ...).

2. Energie et sources d'énergie

• Notion d'énergie :

Plus généralement, l'énergie est ce qu'il faut fournir ou enlever à un système matériel pour le transformer.

De façon plus pragmatique, on dit qu'un système possède de l'énergie s'il est capable de produire les transformations telles que : - élever la température d'un corps ; - allumer une lampe ; - mettre un objet en mouvement.

De manière plus simple, tout ce qui vit, fonctionne, évolue, nécessite de l'énergie.

• Sources d'énergie :

Une source d'énergie est l'ensemble des réserves naturelles d'une forme d'énergie donnée. Les sources d'énergie dont nous disposons sont :

- les sources d'énergie extraites du sous-sol que sont les sources fossiles (charbon, pétrole, gaz, ...) et les sources nucléaires (uranium).

- les sources renouvelables que sont les sources hydrauliques, la source solaire, la source éolienne (vent) et la biomasse (matière vivante).

3. Les tensions alternatives sinusoïdales

Elles sont étudiées à l'aide d'un appareil appelé oscilloscope qui permet de visualiser des courbes dites oscillogrammes et d'en déduire leurs caractéristiques.

3.1 L'oscilloscope :

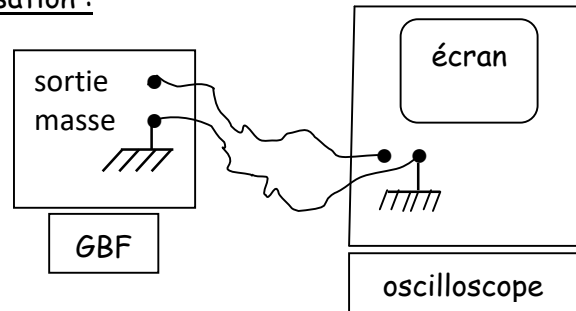
- Alimenté, on voit sur l'écran de l'oscilloscope, en son centre O , un point lumineux dit **spot** :
 - par réglage convenable de la vitesse de balayage convenable, le spot se déplace horizontalement de gauche à droite : l'axe xx' est l'axe des temps t ;
 - par application d'une tension entre l'une des entrées Y et la masse (\perp) : l'axe yy' est l'axe des tensions u .

- On observe sur l'écran d'un oscilloscope les variations de la tension u appliquée sur l'une des entrées de l'appareil en fonction du temps t .

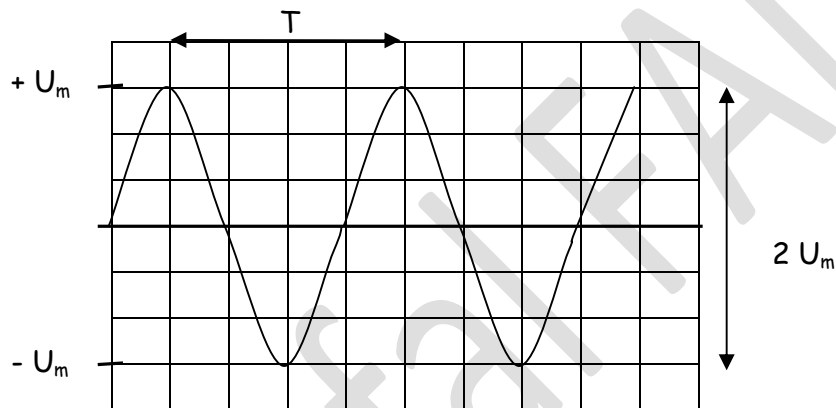
3.2 Mise en évidence tensions variables:

3.2.1 Branchement et visualisation :

- On utilise un générateur basse fréquence (GBF) branché au secteur. La sortie du GBF est connectée à l'entrée Y_A de l'oscilloscope et les masses des appareils sont reliées entre elles.



- Sur l'écran de l'oscilloscope, on observe l'oscillogramme qui représente la tension $u(t)$ délivrée par le GBF. L'oscillogramme observé est une sinusoïde représentant une tension dite tension sinusoïdale dont l'allure est la suivante :



3.2.2 Caractéristiques de la tension sinusoïdale :

- La tension ainsi visualisée est alternative et sinusoïdale. Elle est périodique, de période T reliée à la fréquence N par :

$$T = \frac{1}{N} \quad ; \quad (h)$$

- Il existe une tension mesurable par un voltmètre dite **tension efficace** notée U_{eff} reliée à la tension maximale par :

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad ;$$

- On note que pour le secteur, la fréquence $N=50$ Hz et la tension efficace est $U_{\text{eff}}=220$ V.

3.2.3. Exercice d'application :

Enoncé :

La tension alternative sinusoïdale du secteur est caractérisée par une fréquence $N = 50$ Hz et une tension efficace $U = 220$ V.

- Quelle est la période.
- Quelle est la valeur de la tension crête à crête ?

Solution :

- La période de la tension est donnée par $T = \frac{1}{N}$. Soit $T = 0,02$ s
- La tension crête à crête est $U_{cc} = 2 U_m = 2\sqrt{2} U = 624,8$ V

II PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

1. Mise en évidence expérimentale

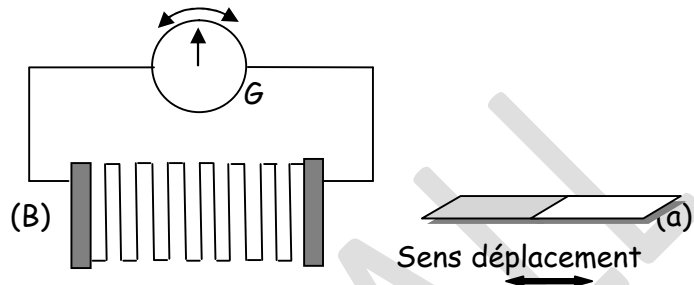
1.1 Expérience :

- Procédé :

Une bobine (B) est reliée à un galvanomètre (G) à zéro central. Faisons approcher l'un des pôles d'un aimant (a) de l'une des faces de la bobine (voir figure).

- Observation :

L'aiguille du galvanomètre dévie durant le déplacement de l'aimant donc il y a passage d'un courant alors que le circuit ne comporte aucun générateur.



- Conclusion :

- Le courant mis en évidence est appelé **courant induit** et le phénomène qui lui donne naissance porte le nom d'**induction électromagnétique** ou simplement **induction**.
- L'apparition du courant induit dans le circuit ; revient au même de dire qu'une tension a pris naissance dans le circuit. Cette tension porte le nom de **tension induite**.
- Le circuit où apparaît l'induction est appelé l'**induit** et le dispositif qui permet de le créer est l'**inducteur**.

- Remarque :

On observe les mêmes effets si on déplace la bobine devant l'aimant fixe. Dans le phénomène d'induction, seul compte le déplacement relatif de l'induit et de l'inducteur.

1.2 Une application de l'induction : l'alternateur :

L'induction électromagnétique est basée sur la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique. Dans la pratique, cette conversion est assurée par une machine dite **alternateur**.

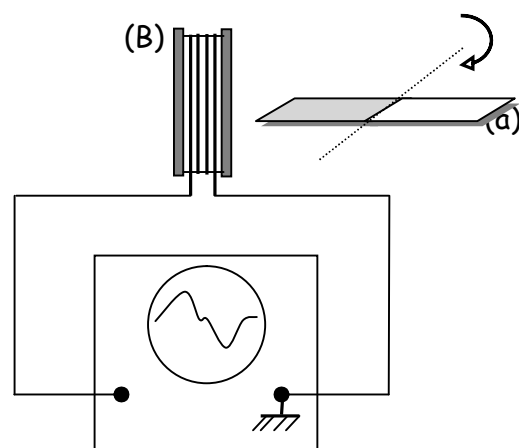
1.2.1 Principe de l'alternateur :

- Expérience :

- Devant une bobine (B) branchée aux entrées d'un oscillographe, faisons tourner un aimant (a) (voir figure).
- On observe sur l'écran que la tension appliquée à l'entrée de l'oscillographe est une **tension alternative**.

- Conclusion :

L'induction électromagnétique permet d'engendrer des courants alternatifs dans les alternateurs.



1.2.2 Description d'un alternateur :

L'alternateur est l'ensemble constitué par les deux parties essentielles suivantes :

- une **partie fixe** qui est l'induit et porte le nom de **stator** ;
- une partie mobile qui est l'inducteur appelé **rotor**.

1.2.3 Exemples d'alternateurs :

- L'alternateur de bicyclette dont le rotor est un aimant permanent cylindrique qui tourne dans une bobine fixe.

- Les alternateurs industriels :

Ils comportent un induit fixe (stator) constitué de plusieurs bobines connectées. Le rotor inducteur comporte des électro-aimants ; c'est-à-dire des bobines à noyau de fer doux alimentés en courant continu délivrée par une dynamo.

Il existe deux types de rotors industriels :

- les rotors à pôles lisses qui équipent les turbo-alternateurs des centrales thermiques.
- les rotors à pôles saillants qui équipent les centrales hydrauliques.

2. Production de l'énergie électrique dans les centrales électriques

La quasi-totalité de l'énergie électrique utilisée, provient des **centrales électriques** qui disposent de groupe de machines formée d'une **turbine** qui reçoit l'énergie mécanique, tourne et entraîne à la même vitesse un **alternateur** qui fournit l'énergie électrique.

Les centrales électriques se différencient par l'origine de l'énergie utilisée. On distingue notamment les centrales hydrauliques et les centrales thermiques.

2.1 Les centrales hydrauliques (ou hydroélectriques) :

L'énergie mécanique de l'eau fournie à la turbine, fait tourner le rotor de l'alternateur et la puissance obtenue peut atteindre 250 MW.

2.2 Les centrales thermiques (ou thermoélectriques) :

L'énergie provient de combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel, uranium, ...) et amène de l'eau sous forme de vapeur en pression qui actionne ensuite une turbine entraînant un turbo-alternateur et puissance peut atteindre 1 000 MW. Parmi les centrales thermiques, on distingue :

- les centrales thermiques classiques (ou - à vapeur ou - à flamme) qui utilisent un combustible fossile autre que l'uranium ;
- les centrales thermiques qui utilisent un combustible extrait d'un isotope de l'uranium naturel.

2.3 Autres centrales électriques :

- la centrale éolienne qui utilise l'énergie du vent pour entraîner le rotor d'un alternateur disposé sur un pilonne ;
- le groupe électrogène qui utilise un moteur diesel relié au rotor de l'alternateur.

3. Puissance et énergie électriques

3.1 Puissance et énergie reçues par un dipôle en courant continu :

3.1.1 Expression de la puissance et de l'énergie :

Soient I l'intensité du courant constant traversant un récepteur pendant une durée Δt et U la tension aux bornes de ce récepteur.

- La **puissance électrique** \mathcal{P}_E reçue par le récepteur est donnée par :

$$\mathcal{P}_E = U \cdot I$$

- L'**énergie électrique** W_E reçue par le récepteur est :

$$W_E = \mathcal{P}_E \cdot \Delta t \quad \text{ou} \quad W_E = U \cdot I \cdot \Delta t$$

En électricité, on utilise une autre unité d'énergie plus commode : le wattheure (Wh) ou un de ses multiples qu'est que le kilowattheure (kWh) : $1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J}$ ou $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$

3.1.2 Remarques :

- La **puissance nominale** d'un récepteur est la puissance pour laquelle il fonctionne normalement sous la tension indiquée par le constructeur.
- Pour un **dipôle résistif**, de résistance R, la loi d'Ohm ($U = R.I$) s'applique et l'énergie électrique reçue s'écrit :
$$W_E = R.I^2.\Delta t$$

Cette énergie est évacuée à l'extérieur sous forme de **chaleur** ; c'est l'**effet joule**.

3.2 Puissance et énergie reçues par un dipôle en courant sinusoïdal:

3.2.1 Expression de la puissance et de l'énergie :

Dans la pratique, la plupart du temps, c'est le courant alternatif qui est utilisé. Les résultats établis en courant continu sont valables à chaque instant en courant alternatif, à condition d'utiliser les valeurs efficaces U et I caractéristiques de la tension et du courant alternatif.

3.2.2 Remarques :

- Puissance moyenne et puissance apparente :

Quelle que soit la ligne considérée, la puissance consommée (au sens énergétique du terme) est différente de la puissance mesurée. Ainsi, on définit :

- La puissance apparente \mathcal{P}_a par :
$$\mathcal{P}_a = U.I$$
- La puissance moyenne \mathcal{P}_m , puissance effectivement consommée par :

$$\mathcal{P}_m = k.U.I$$

Le coefficient k, note aussi $\cos \phi$, est appelé facteur de puissance ; il est inférieur ou égal à 1.

- Il vient que la puissance \mathcal{P}_m est inférieure à la puissance apparente \mathcal{P}_a :

$$\mathcal{P}_m = k.\mathcal{P}_a$$

- Cas d'un alternateur :

Soit un alternateur qui délivre une tension sinusoïdale de valeur efficace U et qui débite un courant sinusoïdal de valeur efficace I.

La puissance électrique \mathcal{P}_m effectivement délivrée par l'alternateur dépend du réseau électrique branché à ses bornes : $\mathcal{P}_m = k.U.I$ et $\mathcal{P}_a = U.I$

3.3 Exercices d'application :

- Enoncé 1:

Sur la fiche signalétique d'un moteur alimentant une pompe, on lit : 220 V - 50 Hz ; $\mathcal{P}_a = 946$ VA ; $\cos \phi = 0,793$.

- Calculer la valeur efficace I de l'intensité du courant de fonctionnement.
- Calculer l'énergie consommée au cours d'un jour de fonctionnement permanent.

- Solution :

- Valeur efficace I de l'intensité du courant de fonctionnement :

$$\mathcal{P}_a = U.I; \quad \text{soit: } I = \mathcal{P}_a / U \quad \text{AN: } \underline{I = 4,3 \text{ A}}$$

- Energie consommée au cours d'un jour de fonctionnement permanent :

$$W = P.\Delta t \quad \text{avec } P = \mathcal{P}_a.\cos \phi = 750 \text{ W} \quad \text{et } \underline{W = 18 \text{ kWh}}$$

- Enoncé 2:

Un récepteur électrique convertit une énergie électrique $W = 80$ KJ quand il fonctionne pendant 2h 20 min.

- Quelle est la puissance électrique reçue par ce récepteur ?
- Sachant qu'il est traversé par un courant d'intensité $I = 500$ mA, en déduire sa tension d'alimentation

III TRANSPORT ET DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

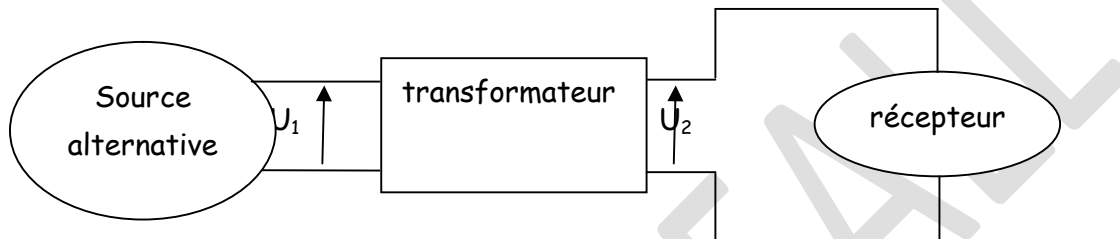
L'électricité est produite par des alternateurs délivrant une tension de valeur efficace 20 000 V ; elle est transportée à haute tension, sous une tension efficace de 400 000 V et distribuée aux usagers domestiques à basse tension, de valeur efficace 220 V.

1. Les transformateurs

1.1 Présentation du transformateur :

1.1.1 Principe du transformateur :

- Un transformateur est un dispositif à induction, destiné à transformer un système de courant alternatif d'intensité et de tension différentes : **un transformateur permet d'élever ou d'abaisser la valeur efficace d'une tension alternative.**



U_1 : valeur efficace de la **tension d'entrée**

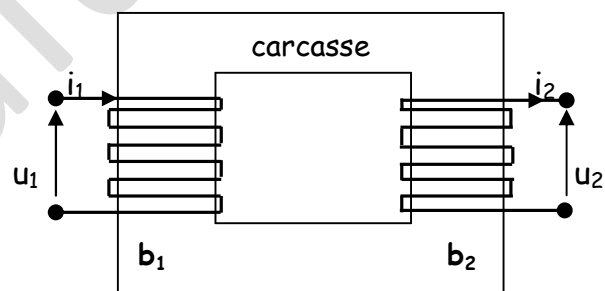
U_2 : valeur efficace de la **tension de sortie**

- Selon les valeurs de U_1 et U_2 , on distingue deux types de transformateurs :
 - le transformateur **élevateur de tension** (ou survolteur) : $U_2 > U_1$
 - le transformateur **abaisseur de tension** (ou survolteur) : $U_2 < U_1$

1.1.2 Constitution d'un transformateur :

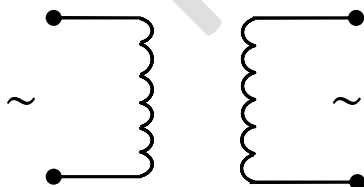
Un transformateur est constitué d'une carcasse métallique en fer doux, sur laquelle sont enroulées deux bobines distinctes :

- une bobine b_1 comportant N_1 spires ; reliée à la source de courant à **deux bornes d'entrée** ;
- une bobine b_2 comportant N_2 spires ; reliée au circuit d'utilisation à **deux bornes d'entrée**.

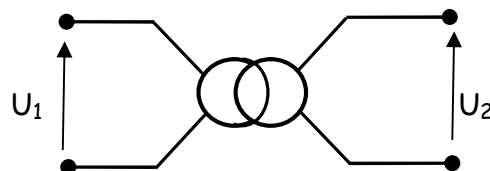


1.1.3 Symboles du transformateur :

Pour représenter un transformateur, on utilise l'un des symboles suivants :



Symbole non normalisé



Symbole normalisé

1.1.4 Exercice :

Soit le symbole normalisé ci-dessus représentant un transformateur parfait. Que représentent U_1 et U_2 ?

1.2 Etude du fonctionnement du transformateur :

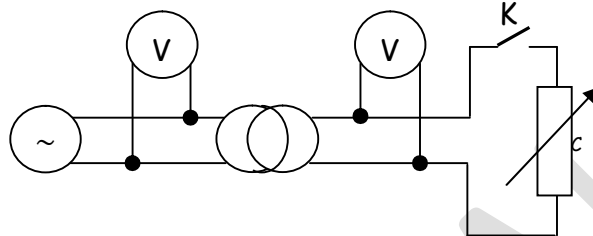
1.2.1 Rapport de transformation :

- Expériences :

On réalise l'étude expérimentale d'un transformateur usuel de laboratoire dont le primaire comporte $N_1 = 1\ 000$ spires et le secondaire $N_2 = 500$ spires.

- Dispositif expérimental :

Le primaire est alimenté par un générateur délivrant une tension alternative de tension efficace U_1 . Dans le circuit du secondaire est monté un rhéostat de charge.



- Mesures et valeurs :

On mesure les tensions efficaces U_1 et U_2 respectivement aux bornes des enroulements primaires et secondaires. On obtient les résultats consignés dans le tableau suivant :

	1 ^{ère} mesure	2 ^e mesure	3 ^e mesure	3 ^e mesure	5 ^e mesure
U_1 (V)	12,22	12,16	12,15	12,21	12,12
U_2 (V)	6,93	6,85	6,88	6,68	6,63

- Exploitation :

Pour chacune des mesures, déterminons le rapport $\frac{U_1}{U_2}$:

	1 ^{ère} mesure	2 ^e mesure	3 ^e mesure	3 ^e mesure	5 ^e mesure
$\frac{U_1}{U_2}$	0,567	0,563	0,566	0,547	0,547

Le rapport des nombres de spires $\frac{N_1}{N_2} = \frac{1000}{500} = 2$.

On constate que le rapport $\frac{U_1}{U_2}$ est **constant** et sensiblement égal au rapport du nombre de spires $\frac{N_1}{N_2}$. Ce rapport commun est appelé **rapport de transformation**.

- Conclusion :

Le **rapport de transformation** m d'un transformateur est défini par :

$$m = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

1.2.2 Remarques :

- Remarque 1 :

Dans les conditions optimales d'utilisation (**transformateur idéal**), on vérifie que $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$.

- Remarque 2 : Rendement du transformateur

Le résultat précédent n'est pas valable pour un transformateur réel. Ainsi, on définit le **rendement du transformateur** par :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} = \frac{U_2}{U_1} \frac{I_2}{I_1}$$

Les pertes de puissance sont dans un transformateur proviennent essentiellement de l'effet joule dans les bobinages.

- Remarque 3 : Signification physique du rapport de transformation

Selon les valeurs de m , on peut connaître la nature du transformateur :

. si $m > 1$ alors le transformateur est **élevateur de tension**.

. si $m < 1$ alors le transformateur est **abaisseur de tension**.

- Remarque 4 : Condition d'utilisation du transformateur

Le transformateur n'agit pas sur les tensions continues; il ne fonctionne que sous régime sinusoïdal.

1.3 Exercice d'application :

• Enoncé :

Un transformateur de laboratoire comporte 1000 spires à son enroulement primaire et 200 spires au secondaire.

a) Calculer le rapport m de transformation du transformateur. Conclure.

b) Calculer dans chacun des cas suivants, la valeur efficace de la tension au secondaire :

b.1) une tension continue de 6 V.

b.2) une tension alternative de valeur efficace 12 V.

• Solution :

a) Rapport m de transformation du transformateur :

On a $N_1 = 1000$ spires et $N_2 = 200$ spires ; le rapport m de transformation est : $m = N_2/N_1 = 0,2$

Conclusion : $m < 1$ donc le transformateur est abaisseur de tension.

b) Calcul de la valeur efficace de la tension au secondaire :

b.1) $U_2 = 0$ V car le transformateur ne fonctionne que sous régime sinusoïdal.

b.2) $m = U_2/U_1$ d'où $U_2 = m \cdot U_1 = 2,4$ V.

2. Les lignes électriques et le réseau de distribution

En général, l'énergie électrique est produite dans les centrales électriques, loin des lieux de consommation. Cela est lié aux problèmes posés par l'installation d'une centrale électrique qui dépend des conditions géographique et/ou économique. Ainsi, le transport de l'énergie électrique est assuré par des **lignes électriques** qui sont constituées de câbles de section importante et dont la résistance est de l'ordre 1Ω par kilomètre. Ce qui génère d'importantes pertes d'énergie. Et, pour limiter les pertes d'énergie en ligne, le transport de l'électricité est assuré sous la plus **haute tension** possible, tout en respectant les impératifs de sécurité.

2.1 Les lignes électriques :

Il existe deux types de lignes de transport électrique : les **lignes de transport** et les **lignes de distribution**.

2.1.1 Les lignes de transport :

Les lignes de transport sont des lignes électriques sous **très haute tension (THT: 225 kV ou 400 kV)** destinées au transport à longue distance. Elles sont portées par des piliers métalliques et les fils d'une telle ligne sont éloignés l'un de l'autre de 5 m à 6 m et de la terre d'une vingtaine de mètres.

2.1.2 Les lignes de distribution :

Les lignes de distribution sont différentes tensions ; on distingue :

- Les lignes sous **haute tension (HT: 63 kV ou 90 kV)** destinées pour le transport à moyenne distance. Ces lignes assurent la distribution régionale et alimentent directement certaines entreprises grandes consommatrices d'énergie.

- Les lignes à **moyenne tension (MT: 15 kV ou 20 kV)** distribuent l'énergie au niveau local en alimentant directement certaines usines.

- Les lignes à **basse tension (BT: 220 V)** sont des lignes courtes qui arrivent aux maisons.

2.1.3 Les pertes d'énergie en ligne :

Une ligne de transport, du fait de sa résistance R , génère d'importantes pertes d'énergie électrique sous forme de chaleur due à l'**effet joule**.

On montre que pour une ligne de résistance R et dont la puissance imposée est \mathcal{P}_{el} , les **pertes d'énergie par effet joule sont inversement proportionnelles au carré de la tension** :

$$P_{el} = \frac{P_{el}}{U} \times R \times I \quad \text{Il vient que} \quad P_{el} = \frac{P_{el}^2}{U^2} \times R \quad ; \text{ soit :} \quad P_{el} = \frac{P_{el}^2}{U^2} \times R$$

Ainsi pour limiter les pertes d'énergie dues à l'effet joule dans les lignes électriques, il convient d'assurer le transport de l'électricité sous haute tension.

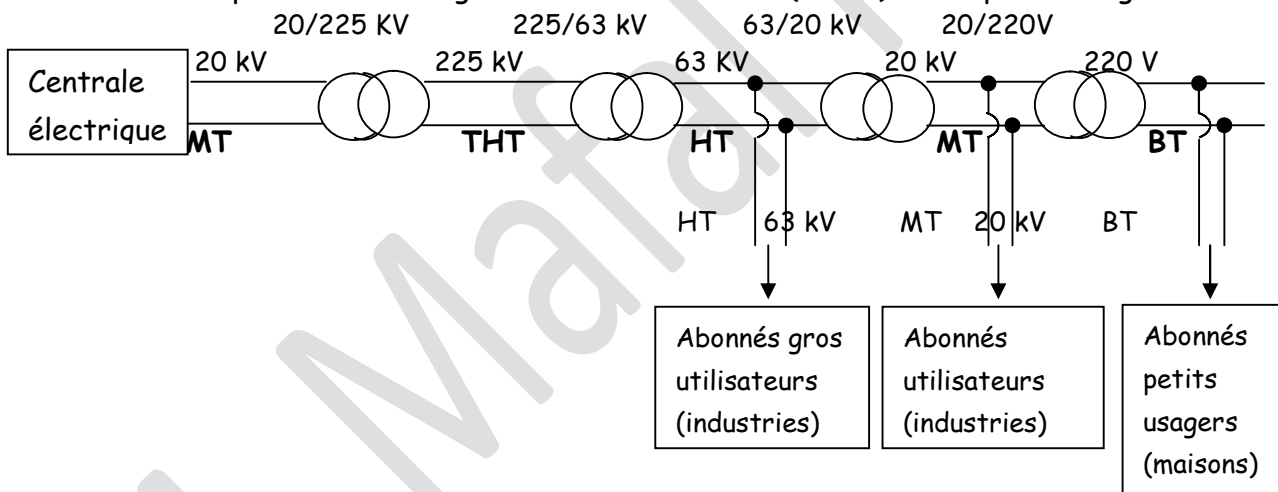
2.2 Le réseau de distribution :

Au niveau des centrales électriques, les alternateurs génèrent l'énergie électrique en fournissant leur puissance sous une moyenne tension **MT** (de l'ordre de 20 kV).

A la sortie des centrales électriques, des transformateurs élèvent cette tension jusqu'à la **THT** (225 kV ou 400 kV) qui alimentent les lignes de transport à grande distance.

A l'arrivée dans une région, des transformateurs abaissent la THT à une **HT** (63 kV ou 90 kV) qui alimentent les lignes de distribution à moyenne distance.

Enfin, cette énergie (HT) est abaissée et le transport est orienté le plus près possible du lieu de consommation pour fournir les gros utilisateurs en **MT** (20 kV) et les petits usagers en **BT**.



Représentation schématique du transport et de la distribution de l'énergie électrique

2.3 Exercice d'application :

• Enoncé :

Après production au niveau de la centrale, l'électricité fournie par la Société nationale d'électricité du Sénégal «Sénélec» est transportée à haute tension sur de très longues distances par des câbles mais elle est utilisée à domestique à basse tension.

- 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 de la centrale.

• Solution :

- On transporte le courant électrique à haute tension pour limiter les pertes d'énergie dues à l'effet joule dans les lignes électriques.
- On utilise un transformateur élévateur de tension au sortir de la de la centrale.

V. UTILISATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

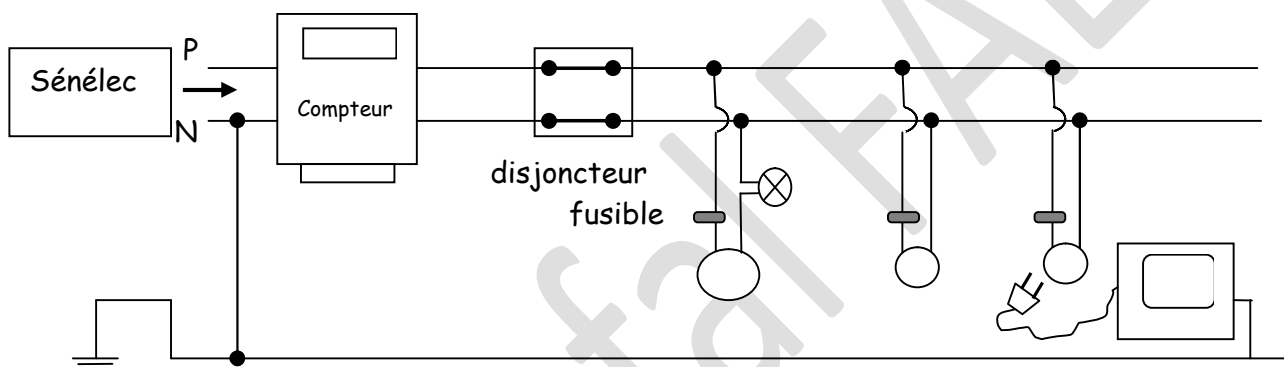
1. Consommation d'énergie électrique

Notre civilisation est en grande partie fondée sur l'électricité. La plupart des appareils domestiques (lampes, radios, ventilateurs, chaînes de musique, télévisions, réfrigérateurs, congélateurs, machines à laver, fer à repasser) fonctionnent en courant alternatif délivré par la Sénélec. Cette société, par le biais de compteur installé au niveau domestique, évalue la consommation d'énergie d'un abonné à partir de la puissance nominale de chaque appareil.

1.1 Principe d'un montage électrique domestique :

Une installation électrique domestique est alimentée grâce à deux fils que sont le **fil phase** (P) et le **fil neutre** (N) qui sortent du compteur. Pour une telle installation :

- les appareils sont montés en **dérivation** (ou en parallèle), ce qui les rend indépendants les uns des autres. Ces appareils sont reliés au **fil neutre** qui est mis à la terre ;
- le nombre de tours du compteur est proportionnel à l'énergie consommée ;
- un système de **fusibles** et de **disjoncteurs** est utilisé pour éviter des surintensités.



1.2 Puissances et consommations de quelques appareils :

Appareil	Puissance nominale (W)	Durée moyenne d'utilisation journalière (h)	Consommation moyenne journalière (kWh)
chauffe-eau	2 000	0,5	1
fer à repasser	1 000	0,3	0,3
congélateur	200	7	1,4
15 lampes à incandescence	60	3	0,18
15 lampes à basse tension	20	3	0,6
Télévision	70	3	0,21

1.3 La facturation :

1.3.1 Les éléments de facturation :

Les éléments qui interviennent dans la facturation sont la **puissance souscrite**, l'**usage** et la durée d'utilisation de la puissance qui donne l'**énergie électrique consommée**.

- la puissance souscrite : C'est la puissance électrique mise à disposition. Elle correspond à la puissance maximale nécessaire pour le fonctionnement des appareils.
- l'usage : Suivant l'utilisation déclarée à la souscription de la police d'abonnement, on a :
 - l'usage **DDP** (domestique petite puissance) pour $P_{\text{souscrite}} < 6 \text{ kW}$.
 - l'usage **DMP** (domestique moyenne puissance) pour $6 \text{ kW} < P_{\text{souscrite}} < 17 \text{ kW}$.
 - l'usage **PPP** (professionnel petite puissance) pour $P_{\text{souscrite}} < 6 \text{ kW}$.
 - l'usage **PMP** (professionnel moyenne puissance) pour $6 \text{ kW} < P_{\text{souscrite}} < 17 \text{ kW}$.

- l'énergie électrique consommée :

L'énergie électrique consommée est la **consommation totale** ; elle est mesurée tous les deux mois par relevés des index du compteur nouvel et ancien.

La consommation totale est ventilée en **trois tranches**.

1.3.2 Les montants de la facturation :

- Le montant hors taxe :

Il résulte de la somme des montants des trois tranches. Le montant d'une tranche est produit de la consommation de chaque tranche par le tarif de la tranche considérée.

Tranches	Cons- (kWh)	Tarif (F. CFA/kWh)	Montant (F. CFA)
1 ^{ère}	x	106,4	106,4.x
2 ^e	y	114,2	114,2.y
3 ^e	z	117,3	117,3.z
			montant hors taxe

Montant hors taxe = $(106,4.x) + (114,2.y) + (117,3.z)$

- Autres montants :

Au montant hors taxe s'ajoutent la **redevance** et des taxes que sont la **TCO** (taxe communale: 2,5% du montant hors taxe), la **TVA** (taxe sur la valeur ajoutée : 18% du montant hors taxe) et la **base de calcul de la TVA**.

1.3.3 Etude d'un exemple :

- Enoncé :

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'électricité d'un «goorgorlu» se présente comme suit :

Tranche	Consommation (kWh)	Tarif (CFA/kWh)	Montant
1 ^{er} tranche	160	106,4	
2 ^e tranche	106	114,2	
3 ^e tranche	96	117,3	
Total			

a) Quelle est la consommation totale du «goorgorlu» en kWh et quel est le montant en CFA qu'il doit, hors taxe ? Recopier le tableau et y reporter les valeurs trouvées.

b) Ce «goorgorlu» doit en outre payer une taxe communale qui s'élève à 2,5% du montant hors taxe, une redevance qui s'élève à 920 F et la taxe sur la valeur ajoutée (TVA) dont le montant est 18 % du montant. Calculer la somme nette que ce «goorgorlu» doit à la Sénélec.

- Solution :

a) Consommation totale en kWh et montant hors taxe en CFA :

Tranche	Consommation (kWh)	Tarif (CFA/kWh)	Montant
1 ^{er} tranche	160	106,4	160×106,4
2 ^e tranche	106	114,2	106×114,2
3 ^e tranche	96	117,3	96×117,3
	Consommation totale : (160 + 106 + 96) kWh = 362 kWh		Montant hors taxe : 40 390 CFA

b) Somme nette que le «goorgorlu» doit à la Sénélec :

Montant des taxes :

- montant de la taxe communale : $(0,025 \times 40\,390)$ CFA = 1 009,75 F

- montant de la redevance : 920 F

- montant de la taxe sur la valeur ajoutée (TVA) : $(0,18 \times 40\,390)$ CFA = 7 270,2 F

Le montant des taxes est: $1\,009,75\text{ F} + 920\text{ F} + 7\,270,2\text{ F} =$ 9 199,95 F

- Somme nette à payer :

- montant des taxes : 9 199,95 F

- montant hors taxe : 40 390 F

La somme nette à payer est : $9\,199,95\text{ F} + 40\,390\text{ F} = 49\,589,95\text{ F}$

La somme nette à payer est 49 590 F

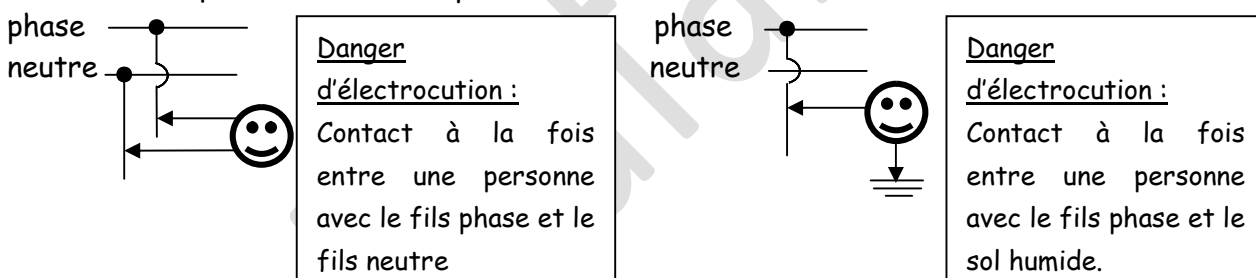
2. Dangers du courant électrique et mesures de sécurité

2.1 Les dangers du courant électrique :

Le courant électrique du secteur est distribué au Sénégal sous une tension alternative de 220V. Son utilisation requiert un minimum de précaution car il présente des dangers pour les personnes (électrocution) et des dangers pour les biens (incendie).

2.1.1 Dangers d'électrocution :

Le corps humain, soumis à une tension supérieure à 24 V, expose la personne aux dangers du courant électrique. Ceci peut conduire à la mort ; on parle d'électrocution. L'électrocution est provoquée par le blocage des muscles respiratoires (asphyxie) ou par le tremblement du muscle cardiaque. Le schéma ci-après, montre les circonstances de l'électrocution :



2.1.2 Danger d'incendie :

Selon leur section, les fils conducteurs supportent une intensité maximale du courant. Ainsi, une brusque augmentation du courant provoque un échauffement exagérée des conducteurs et produit des incendies dans les deux cas suivants :

- surcharge de la ligne due à trop d'appareils puissants fonctionnant simultanément ;
- courts-circuits qui résultent d'un contact entre fils phase et neutre ou d'un contact entre fils phase et la terre.

2.2 Les mesures de sécurité :

Pour protéger les personnes et les biens contre les dangers du courant électrique, il faut :

- des **conducteurs** entièrement **isolés** (fils recouvert de plastique) ;
- des **fusibles** placés en série dans le circuit pour une protection contre les échauffements exagérés ;
- un **disjoncteur** qui assure la mise hors tension de l'installation électrique en coupant l'alimentation dès que le courant de défaut atteint une valeur de l'ordre de 5 mA.
- une **mise à la terre** des appareils électriques à l'aide de fils de terre par le biais de prises de terre.

L'utilisation et la maîtrise de l'électricité constituent certainement **le symbole le plus fort du progrès scientifique et technique**. La première célébration de cette forme d'énergie, surnommée la « **fée électricité** », se déroule lors de l'exposition internationale de Chicago en 1893. Mais l'histoire de l'électricité remonte à l'Antiquité...

1. Une découverte ancienne :

Dès l'Antiquité, les hommes connaissent et savent reproduire certains phénomènes électriques. En effet, il y a environ 2 600 ans, le mathématicien grec **Thalès** constate qu'une résine appelée « **ambre jaune** » (*êlektron* en grec), frottée contre une peau de chat, est capable d'attirer de petits objets comme des plumes. On peut reproduire cette expérience en frottant, par exemple, une règle en plastique contre un chiffon.

À partir du XVII^e siècle, les scientifiques inventent de nombreuses machines et instruments qui leur permettent d'étudier et de comprendre les phénomènes électriques. Ils découvrent ainsi au XVIII^e siècle l'existence des **charges électriques positives et négatives**, objets invisibles dont ils ne savent rien mais dont les propriétés supposées leur permettent d'expliquer et de prévoir les phénomènes qu'ils observent.

En 1752, le savant américain **Benjamin Franklin** établit la nature électrique de la foudre en utilisant un cerf-volant et invente le **paratonnerre** pour s'en protéger. En 1785, le Français **Charles Augustin de Coulomb** énonce les premières lois expérimentales et théoriques de l'électricité, tandis qu'en 1800 l'Italien **Alessandro Volta** invente la **première pile électrique**.

2. L'âge d'or de l'électricité :

Au cours du XIX^e siècle, la science progresse considérablement avec la découverte des équations générales de l'**électromagnétisme** par le physicien anglais **James Clerk Maxwell**. Ces équations fondamentales font le lien entre les phénomènes électriques et les phénomènes magnétiques, étudiés jusque-là séparément.

Avec la révolution industrielle, les hommes apprennent à produire de très grandes quantités d'électricité dans des centrales électriques et lui trouvent de multiples applications, comme le **téléphone** (en 1876), la **lampe à incandescence** (en 1879) ou la **radio** (en 1895). La première célébration de l'électricité se déroule lors de l'**exposition internationale de Chicago** en 1893, où tout un bâtiment (l'Electricity Building) est consacré aux diverses applications de l'électricité (éclairage, chauffage, téléphone, etc.). Lorsque se tient à Paris l'**exposition universelle de 1900**, c'est tout un palais aux innombrables illuminations qui est dédié à la « fée électricité ».

3. De l'électricité à l'électronique :

Enfin, à la suite des progrès réalisés en physique appliquée dans la première moitié du XX^e siècle, l'électricité donne naissance à l'**électronique**. L'électronique et les composants électroniques (transistors, circuits intégrés, etc.) permettent le développement de nouvelles applications, comme les **ordinateurs** et les **téléphones mobiles**.

L'électricité est la **forme d'énergie** qui permet de faire fonctionner la plupart des objets de notre quotidien, comme un ordinateur, un fer à repasser, le TGV ou une ampoule électrique.

4. L'électricité: un phénomène naturel :

Dans les **atomes**, constituants de base de la matière, se trouvent trois types de particules : les **protons**, les **neutrons** et les **électrons**. Ces particules possèdent des propriétés physiques caractéristiques comme la masse ou la taille, et parfois une **charge électrique** : **positive pour les protons** et **négative pour les électrons**. Les neutrons n'ont aucune charge : on dit qu'ils sont électriquement neutres.

Les particules chargées possèdent une propriété remarquable : les particules de charge positive attirent les particules de charge négative et inversement, tandis que deux particules de même charge (positive ou négative) se repoussent.

Contrairement aux autres particules, **les électrons peuvent facilement se déplacer**. C'est ainsi que lorsque le mathématicien grec Thalès frotte de l'ambre jaune sur une peau de chat, quelques électrons de la peau sont arrachés et se déposent sur l'ambre qui est alors « électrisé », c'est-à-dire porteur de charges électriques (dans ce cas négatives). L'ambre peut alors attirer certains objets chargés positivement (porteurs de charges positives).

5. Le courant électrique :

Lorsque des électrons se déplacent à travers certains matériaux dits **conducteurs**, on parle de **courant électrique**. C'est le courant électrique qui alimente les appareils électriques (ordinateur, bouilloire électrique, lampe, etc.). On appelle ces appareils des **récepteurs électriques**.

Les exemples de récepteurs électriques sont nombreux, mais tous fonctionnent selon un même principe : un récepteur électrique convertit l'**énergie électrique** qui lui est fournie par le courant en une autre forme d'énergie. Dans le cas du TGV, le courant électrique alimente un moteur qui fait rouler le train. L'énergie électrique est ainsi transformée en énergie mécanique : cela rend possible le déplacement du train. Dans le cas d'une ampoule électrique, un filament de tungstène émet de la lumière lorsqu'il est traversé par le courant électrique : l'énergie électrique est donc transformée en énergie lumineuse. Très souvent, le passage du courant dans le récepteur crée un échauffement de celui-ci : c'est l'**effet Joule**, qui correspond à la conversion d'une partie de l'énergie électrique en chaleur (ou énergie calorifique). C'est ainsi que fonctionnent par exemple les radiateurs et les fours électriques.

6. Les générateurs :

Pour alimenter un récepteur en courant électrique, on fait appel à un **générateur électrique**. Le générateur est un système qui, contrairement au récepteur, convertit une certaine forme d'énergie (mécanique, lumineuse, etc.) en énergie électrique.

Une **pile électrique** est un exemple de générateur qui convertit l'énergie chimique en énergie électrique. Constituée de deux tiges métalliques (des électrodes) plongées dans une solution ionique (l'électrolyte) dans laquelle a lieu une réaction chimique, la pile produit du courant pendant toute la durée de la réaction chimique.

L'**accumulateur** est un générateur fonctionnant sur le principe de la pile, mais dont la réaction chimique, une fois terminée, peut être réinitialisée lorsqu'on lui communique de l'énergie électrique : on dit que l'on recharge l'accumulateur, qui pourra ainsi à nouveau produire de l'électricité. Les **piles rechargeables** et les **batteries** de voiture sont des accumulateurs.

D'autres types de générateurs existent, tels que la **photopile** qui transforme l'énergie lumineuse en énergie électrique, ou la **dynamo** qui produit du courant à partir d'un mouvement et dont le principe de fonctionnement est celui de toutes les centrales électriques.

Différents types de centrales électriques existent, telles les éoliennes qui utilisent la force du vent, ou les centrales nucléaires qui créent puis utilisent la force de la vapeur d'eau sous pression. Les applications de l'électricité sont en effet toujours plus nombreuses, accompagnant les nouvelles inventions et les avancées technologiques. En conséquence, la production et la consommation d'électricité augmentent chaque année, souvent au mépris total de l'environnement. Mais comment produit-on et distribue-t-on l'électricité ?

7. Produire de l'électricité :

Le turbogénérateur :

Partout dans le monde, l'électricité est produite en très grandes quantités dans des **centrales électriques**. Il existe différents types de centrales électriques, des **centrales nucléaires** qui marchent à l'énergie nucléaire aux **éoliennes** qui utilisent la force du vent ; elles fonctionnent toutes grâce à un **turbogénérateur**, composé d'un **alternateur** couplé à une **turbine**.

L'alternateur est une dynamo géante, qui comprend un **stator** et un **rotor**. Le stator est une immense bobine de fils au centre de laquelle est placé le rotor, un **électroaimant** qui produit un puissant champ magnétique. Le rotor est fixé à une **turbine**. La turbine est une sorte de roue pourvue d'hélices ou de lames, qu'un fluide en mouvement (de l'eau, un gaz ou de la vapeur) peut faire tourner, comme la roue d'un moulin à eau. En tournant, la turbine entraîne le rotor. Le champ magnétique du rotor crée alors dans le stator un intense courant électrique. C'est le **principe de la dynamo de vélo**, et c'est ainsi qu'est produit le courant électrique dans les centrales.

Les centrales hydroélectriques et les éoliennes :

Versions modernes des moulins à eau et à vent, les **centrales hydroélectriques** et les **éoliennes** utilisent la force de l'eau et celle du vent. Dans une centrale hydroélectrique, les turbines tournent sous l'action d'un fort courant d'eau. Pour en augmenter la pression, de très grands **barrages** sont construits dans le monde entier, comme le barrage d'Assouan en Égypte. La turbine d'une éolienne tourne, quant à elle, sous l'action du vent. **Non polluantes et inépuisables**, ces sources d'énergie nécessitent néanmoins des conditions géographiques ou climatiques particulières : un important débit d'eau pour l'une, beaucoup de vent pour l'autre.

Par ailleurs, les centrales hydroélectriques ont un impact sur l'environnement et sur les hommes : la construction des barrages implique bien souvent l'immersion de grandes étendues de terre, de zones habitées, parfois de sites historiques, et par conséquent le déplacement de populations entières. Les éoliennes présentent également quelques inconvénients : elles occupent de grandes superficies et sont assez bruyantes ; toutefois, dans les zones isolées, elles constituent une source d'énergie idéale ; c'est pourquoi elles voient leur nombre augmenter depuis les années 1990 et pourraient produire 10 % de l'électricité dans le monde au milieu du XXI^e siècle.

Les centrales thermiques et nucléaires :

Dans les **centrales thermiques** et les **centrales nucléaires**, les turbines sont actionnées par de la **vapeur sous pression**, produite dans d'immenses chaudières. Dans le cas des centrales thermiques, les chaudières fonctionnent au **charbon**, au **pétrole** ou au **gaz**. Très répandues dans le monde (la Chine produit plus de la moitié de son électricité dans des centrales à charbon), ces centrales électriques sont également **très polluantes** et menacent sérieusement notre environnement. Elles produisent notamment en grandes quantités du **gaz carbonique** (ou **dioxyde de carbone**, de formule chimique CO_2) qui perturbe le climat de la Terre (en accentuant l'**effet de serre**).

Les centrales nucléaires, quant à elles, tirent leur énergie des propriétés remarquables de l'**uranium**, un élément instable et radioactif qui peut produire de grandes quantités de chaleur au cours d'une réaction appelée **fission nucléaire** (division du noyau atomique). En France, 75 % de l'électricité est produite dans des centrales nucléaires. Si elles ne polluent pas l'atmosphère, elles produisent néanmoins de très dangereux résidus radioactifs qu'il est nécessaire de traiter puis de stocker. En 1986, l'explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl (en Ukraine) a provoqué la mort de nombreuses personnes par irradiation et a causé de très graves maladies, notamment des cancers. Elle a aussi entraîné la pollution de la région et d'une grande partie de l'Europe pour des décennies.

Les centrales marémotrices et solaires :

Il existe aussi des **centrales marémotrices** (comme celle de la Rance en Bretagne) qui utilisent la force des **marées**, et des **centrales solaires** dotées de **cellules photoélectriques** (et non pas de turbines) qui transforment la lumière du Soleil en électricité.

Les futures centrales à fusion thermonucléaire :

Avec l'augmentation de la population mondiale et de la consommation en énergie, l'impact de l'homme sur l'environnement est de plus en plus lourd. Par ailleurs, les réserves mondiales en **combustibles fossiles** (charbon, pétrole, gaz naturel, etc.) et **fissiles** (uranium, plutonium) seront un jour épuisées.

L'avenir énergétique du monde pourrait bien s'appeler la **fusion thermonucléaire** : lorsque l'on force deux atomes légers (comme deux atomes d'hydrogène) à fusionner pour en donner un plus gros, on produit une grande quantité de chaleur **sans produire de déchets radioactifs**. Une centrale nucléaire fonctionnant sur ce principe serait donc non polluante, et son « carburant » (les atomes d'hydrogène) presque inépuisable. La fusion thermonucléaire fait actuellement l'objet de nombreuses recherches et l'espoir est grand de voir naître les premières centrales avant la fin du XXI^e siècle.

8. Distribuer de l'électricité :

Une fois produit, il faut **acheminer le courant électrique** jusqu'aux lieux où il sera consommé (maisons, écoles, usines, etc.). Ce transport ne se fait pas sans pertes d'énergie, notamment en raison de l'**effet joule** qui transforme une partie de l'énergie électrique en chaleur. C'est pourquoi il faut tout d'abord **augmenter son voltage** de 20 000 à 400 000 V (volts) grâce à des **transformateurs**, puis employer des **câbles haute tension** constitués de câbles conducteurs renforcés d'acier, dans lesquels circule l'électricité. Les câbles haute tension sont portés par des **pylônes** dotés de systèmes de fixation isolants qui empêchent l'électricité de rejoindre le sol. En France, où la production et la distribution de l'électricité sont assurées par EDF, plus d'un million de kilomètres de lignes assurent le transport de l'électricité des zones de production aux zones de consommation. Avant que l'électricité ne parvienne chez l'utilisateur, elle passe à nouveau par un transformateur qui va, cette fois, réduire son voltage. C'est ainsi que **le voltage du courant électrique d'une maison passe à 230 V**.

L'électricité **ne peut être stockée en grandes quantités**. Si les besoins en électricité augmentent brutalement, par exemple en hiver pendant une vague de froid, la production doit augmenter tout autant. À l'inverse, la production en électricité d'une centrale nucléaire peut être réduite lorsque celle-ci n'a plus assez d'eau pour fonctionner. D'autres centrales peuvent alors être amenées à augmenter leur production pour maintenir une production globale constante et satisfaisante pour les consommateurs.

Document extrait d'Encarta Junior

I. LE NOYAU ATOMIQUE

1. Composition du noyau :

1.1 Les nucléons :

Le noyau d'un atome est constitué de particules appelées **nucléons** qui sont de deux sortes : les **protons** et les **neutrons** :

- le proton est une particule de masse m_p sensiblement égale à la masse m_n du neutron :

$$m_p \approx m_n$$

- le neutron ne porte pas de charge électrique tandis que le proton porte une charge électrique égale à la charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

1.2 Nombre de charge et nombre de masse :

Le nombre de charge et nombre de masse sont déduit à partir des nombre de protons et de nucléons contenus dans le noyau :

- le **nombre de charge** (ou numéro atomique) d'un atome, noté **Z**, est le nombre de protons contenus dans son noyau.

- le **nombre de masse** d'un atome, noté **A**, est le nombre de nucléons contenus dans son noyau.

1.3 Remarques :

- Le couple (**A**, **Z**) fixe la composition du noyau ; il signifie que le noyau comporte **A nucléons** dont **Z protons** et (**A-Z**) neutrons.

- Les propriétés nucléaires d'un noyau dépendent uniquement du nombre A et non de Z.

2. Notions fondamentales :

2.1 Élément chimique :

2.1.1 Définition :

Un élément chimique est l'ensemble des atomes qui ont la même valeur de Z.

2.1.2 Exemples :

- l'ensemble des atomes pour lesquels **Z=1** forme l'élément chimique **hydrogène**, de symbole **H**.

- l'ensemble des atomes pour lesquels **Z=6**, forme l'élément chimique **carbone**, de symbole **C**.

- l'ensemble des atomes pour lesquels **Z=92**, forme l'élément chimique **uranium**, de symbole **U**.

2.2 Nucléide :

2.2.1 Définition :

Un nucléide est l'ensemble des atomes dont les noyaux ont la même valeur de Z et même valeur de A. Un nucléide se représente par l'écriture ${}^A_Z\text{X}$ où X est le symbole de l'élément chimique correspondant au nombre de charge Z.

2.2.2 Exemples :

On connaît actuellement 1 525 nucléides dont 325 nucléides stables :

- le nucléide ${}^{12}_6\text{C}$ est l'ensemble des noyaux des atomes formés de 6 protons et 6 neutrons.

- le nucléide ${}^1_1\text{H}$ est l'ensemble des noyaux des atomes formés de 1 proton et 0 neutron.

- autres nucléides : ${}^{16}_8\text{O}$; ${}^{23}_{11}\text{Na}$; ${}^{24}_{12}\text{Mg}$; ${}^{32}_{16}\text{S}$; ${}^{40}_{20}\text{Ca}$; ${}^{56}_{26}\text{Fe}$; ${}^{92}_{42}\text{Mo}$; ${}^{197}_{79}\text{Au}$; ${}^{238}_{92}\text{U}$; ${}^{235}_{92}\text{U}$; ${}^{239}_{94}\text{Pu}$; ${}^{238}_{94}\text{Pu}$; ${}^{239}_{95}\text{Am}$; ${}^{241}_{95}\text{Am}$; ${}^{243}_{95}\text{Am}$; ${}^{244}_{96}\text{Cm}$; ${}^{247}_{98}\text{Cf}$; ${}^{251}_{98}\text{Cf}$; ${}^{252}_{98}\text{Cf}$; ${}^{253}_{98}\text{Cf}$; ${}^{254}_{98}\text{Cf}$; ${}^{255}_{98}\text{Cf}$; ${}^{256}_{98}\text{Cf}$; ${}^{257}_{98}\text{Cf}$; ${}^{258}_{98}\text{Cf}$; ${}^{259}_{98}\text{Cf}$; ${}^{260}_{98}\text{Cf}$; ${}^{261}_{98}\text{Cf}$; ${}^{262}_{98}\text{Cf}$; ${}^{263}_{98}\text{Cf}$; ${}^{264}_{98}\text{Cf}$; ${}^{265}_{98}\text{Cf}$; ${}^{266}_{98}\text{Cf}$; ${}^{267}_{98}\text{Cf}$; ${}^{268}_{98}\text{Cf}$; ${}^{269}_{98}\text{Cf}$; ${}^{270}_{98}\text{Cf}$; ${}^{271}_{98}\text{Cf}$; ${}^{272}_{98}\text{Cf}$; ${}^{273}_{98}\text{Cf}$; ${}^{274}_{98}\text{Cf}$; ${}^{275}_{98}\text{Cf}$; ${}^{276}_{98}\text{Cf}$; ${}^{277}_{98}\text{Cf}$; ${}^{278}_{98}\text{Cf}$; ${}^{279}_{98}\text{Cf}$; ${}^{280}_{98}\text{Cf}$; ${}^{281}_{98}\text{Cf}$; ${}^{282}_{98}\text{Cf}$; ${}^{283}_{98}\text{Cf}$; ${}^{284}_{98}\text{Cf}$; ${}^{285}_{98}\text{Cf}$; ${}^{286}_{98}\text{Cf}$; ${}^{287}_{98}\text{Cf}$; ${}^{288}_{98}\text{Cf}$; ${}^{289}_{98}\text{Cf}$; ${}^{290}_{98}\text{Cf}$; ${}^{291}_{98}\text{Cf}$; ${}^{292}_{98}\text{Cf}$; ${}^{293}_{98}\text{Cf}$; ${}^{294}_{98}\text{Cf}$; ${}^{295}_{98}\text{Cf}$; ${}^{296}_{98}\text{Cf}$; ${}^{297}_{98}\text{Cf}$; ${}^{298}_{98}\text{Cf}$; ${}^{299}_{98}\text{Cf}$; ${}^{300}_{98}\text{Cf}$; ${}^{301}_{98}\text{Cf}$; ${}^{302}_{98}\text{Cf}$; ${}^{303}_{98}\text{Cf}$; ${}^{304}_{98}\text{Cf}$; ${}^{305}_{98}\text{Cf}$; ${}^{306}_{98}\text{Cf}$; ${}^{307}_{98}\text{Cf}$; ${}^{308}_{98}\text{Cf}$; ${}^{309}_{98}\text{Cf}$; ${}^{310}_{98}\text{Cf}$; ${}^{311}_{98}\text{Cf}$; ${}^{312}_{98}\text{Cf}$; ${}^{313}_{98}\text{Cf}$; ${}^{314}_{98}\text{Cf}$; ${}^{315}_{98}\text{Cf}$; ${}^{316}_{98}\text{Cf}$; ${}^{317}_{98}\text{Cf}$; ${}^{318}_{98}\text{Cf}$; ${}^{319}_{98}\text{Cf}$; ${}^{320}_{98}\text{Cf}$; ${}^{321}_{98}\text{Cf}$; ${}^{322}_{98}\text{Cf}$; ${}^{323}_{98}\text{Cf}$; ${}^{324}_{98}\text{Cf}$; ${}^{325}_{98}\text{Cf}$; ${}^{326}_{98}\text{Cf}$; ${}^{327}_{98}\text{Cf}$; ${}^{328}_{98}\text{Cf}$; ${}^{329}_{98}\text{Cf}$; ${}^{330}_{98}\text{Cf}$; ${}^{331}_{98}\text{Cf}$; ${}^{332}_{98}\text{Cf}$; ${}^{333}_{98}\text{Cf}$; ${}^{334}_{98}\text{Cf}$; ${}^{335}_{98}\text{Cf}$; ${}^{336}_{98}\text{Cf}$; ${}^{337}_{98}\text{Cf}$; ${}^{338}_{98}\text{Cf}$; ${}^{339}_{98}\text{Cf}$; ${}^{340}_{98}\text{Cf}$; ${}^{341}_{98}\text{Cf}$; ${}^{342}_{98}\text{Cf}$; ${}^{343}_{98}\text{Cf}$; ${}^{344}_{98}\text{Cf}$; ${}^{345}_{98}\text{Cf}$; ${}^{346}_{98}\text{Cf}$; ${}^{347}_{98}\text{Cf}$; ${}^{348}_{98}\text{Cf}$; ${}^{349}_{98}\text{Cf}$; ${}^{350}_{98}\text{Cf}$; ${}^{351}_{98}\text{Cf}$; ${}^{352}_{98}\text{Cf}$; ${}^{353}_{98}\text{Cf}$; ${}^{354}_{98}\text{Cf}$; ${}^{355}_{98}\text{Cf}$; ${}^{356}_{98}\text{Cf}$; ${}^{357}_{98}\text{Cf}$; ${}^{358}_{98}\text{Cf}$; ${}^{359}_{98}\text{Cf}$; ${}^{360}_{98}\text{Cf}$; ${}^{361}_{98}\text{Cf}$; ${}^{362}_{98}\text{Cf}$; ${}^{363}_{98}\text{Cf}$; ${}^{364}_{98}\text{Cf}$; ${}^{365}_{98}\text{Cf}$; ${}^{366}_{98}\text{Cf}$; ${}^{367}_{98}\text{Cf}$; ${}^{368}_{98}\text{Cf}$; ${}^{369}_{98}\text{Cf}$; ${}^{370}_{98}\text{Cf}$; ${}^{371}_{98}\text{Cf}$; ${}^{372}_{98}\text{Cf}$; ${}^{373}_{98}\text{Cf}$; ${}^{374}_{98}\text{Cf}$; ${}^{375}_{98}\text{Cf}$; ${}^{376}_{98}\text{Cf}$; ${}^{377}_{98}\text{Cf}$; ${}^{378}_{98}\text{Cf}$; ${}^{379}_{98}\text{Cf}$; ${}^{380}_{98}\text{Cf}$; ${}^{381}_{98}\text{Cf}$; ${}^{382}_{98}\text{Cf}$; ${}^{383}_{98}\text{Cf}$; ${}^{384}_{98}\text{Cf}$; ${}^{385}_{98}\text{Cf}$; ${}^{386}_{98}\text{Cf}$; ${}^{387}_{98}\text{Cf}$; ${}^{388}_{98}\text{Cf}$; ${}^{389}_{98}\text{Cf}$; ${}^{390}_{98}\text{Cf}$; ${}^{391}_{98}\text{Cf}$; ${}^{392}_{98}\text{Cf}$; ${}^{393}_{98}\text{Cf}$; ${}^{394}_{98}\text{Cf}$; ${}^{395}_{98}\text{Cf}$; ${}^{396}_{98}\text{Cf}$; ${}^{397}_{98}\text{Cf}$; ${}^{398}_{98}\text{Cf}$; ${}^{399}_{98}\text{Cf}$; ${}^{400}_{98}\text{Cf}$; ${}^{401}_{98}\text{Cf}$; ${}^{402}_{98}\text{Cf}$; ${}^{403}_{98}\text{Cf}$; ${}^{404}_{98}\text{Cf}$; ${}^{405}_{98}\text{Cf}$; ${}^{406}_{98}\text{Cf}$; ${}^{407}_{98}\text{Cf}$; ${}^{408}_{98}\text{Cf}$; ${}^{409}_{98}\text{Cf}$; ${}^{410}_{98}\text{Cf}$; ${}^{411}_{98}\text{Cf}$; ${}^{412}_{98}\text{Cf}$; ${}^{413}_{98}\text{Cf}$; ${}^{414}_{98}\text{Cf}$; ${}^{415}_{98}\text{Cf}$; ${}^{416}_{98}\text{Cf}$; ${}^{417}_{98}\text{Cf}$; ${}^{418}_{98}\text{Cf}$; ${}^{419}_{98}\text{Cf}$; ${}^{420}_{98}\text{Cf}$; ${}^{421}_{98}\text{Cf}$; ${}^{422}_{98}\text{Cf}$; ${}^{423}_{98}\text{Cf}$; ${}^{424}_{98}\text{Cf}$; ${}^{425}_{98}\text{Cf}$; ${}^{426}_{98}\text{Cf}$; ${}^{427}_{98}\text{Cf}$; ${}^{428}_{98}\text{Cf}$; ${}^{429}_{98}\text{Cf}$; ${}^{430}_{98}\text{Cf}$; ${}^{431}_{98}\text{Cf}$; ${}^{432}_{98}\text{Cf}$; ${}^{433}_{98}\text{Cf}$; ${}^{434}_{98}\text{Cf}$; ${}^{435}_{98}\text{Cf}$; ${}^{436}_{98}\text{Cf}$; ${}^{437}_{98}\text{Cf}$; ${}^{438}_{98}\text{Cf}$; ${}^{439}_{98}\text{Cf}$; ${}^{440}_{98}\text{Cf}$; ${}^{441}_{98}\text{Cf}$; ${}^{442}_{98}\text{Cf}$; ${}^{443}_{98}\text{Cf}$; ${}^{444}_{98}\text{Cf}$; ${}^{445}_{98}\text{Cf}$; ${}^{446}_{98}\text{Cf}$; ${}^{447}_{98}\text{Cf}$; ${}^{448}_{98}\text{Cf}$; ${}^{449}_{98}\text{Cf}$; ${}^{450}_{98}\text{Cf}$; ${}^{451}_{98}\text{Cf}$; ${}^{452}_{98}\text{Cf}$; ${}^{453}_{98}\text{Cf}$; ${}^{454}_{98}\text{Cf}$; ${}^{455}_{98}\text{Cf}$; ${}^{456}_{98}\text{Cf}$; ${}^{457}_{98}\text{Cf}$; ${}^{458}_{98}\text{Cf}$; ${}^{459}_{98}\text{Cf}$; ${}^{460}_{98}\text{Cf}$; ${}^{461}_{98}\text{Cf}$; ${}^{462}_{98}\text{Cf}$; ${}^{463}_{98}\text{Cf}$; ${}^{464}_{98}\text{Cf}$; ${}^{465}_{98}\text{Cf}$; ${}^{466}_{98}\text{Cf}$; ${}^{467}_{98}\text{Cf}$; ${}^{468}_{98}\text{Cf}$; ${}^{469}_{98}\text{Cf}$; ${}^{470}_{98}\text{Cf}$; ${}^{471}_{98}\text{Cf}$; ${}^{472}_{98}\text{Cf}$; ${}^{473}_{98}\text{Cf}$; ${}^{474}_{98}\text{Cf}$; ${}^{475}_{98}\text{Cf}$; ${}^{476}_{98}\text{Cf}$; ${}^{477}_{98}\text{Cf}$; ${}^{478}_{98}\text{Cf}$; ${}^{479}_{98}\text{Cf}$; ${}^{480}_{98}\text{Cf}$; ${}^{481}_{98}\text{Cf}$; ${}^{482}_{98}\text{Cf}$; ${}^{483}_{98}\text{Cf}$; ${}^{484}_{98}\text{Cf}$; ${}^{485}_{98}\text{Cf}$; ${}^{486}_{98}\text{Cf}$; ${}^{487}_{98}\text{Cf}$; ${}^{488}_{98}\text{Cf}$; ${}^{489}_{98}\text{Cf}$; ${}^{490}_{98}\text{Cf}$; ${}^{491}_{98}\text{Cf}$; ${}^{492}_{98}\text{Cf}$; ${}^{493}_{98}\text{Cf}$; ${}^{494}_{98}\text{Cf}$; ${}^{495}_{98}\text{Cf}$; ${}^{496}_{98}\text{Cf}$; ${}^{497}_{98}\text{Cf}$; ${}^{498}_{98}\text{Cf}$; ${}^{499}_{98}\text{Cf}$; ${}^{500}_{98}\text{Cf}$; ${}^{501}_{98}\text{Cf}$; ${}^{502}_{98}\text{Cf}$; ${}^{503}_{98}\text{Cf}$; ${}^{504}_{98}\text{Cf}$; ${}^{505}_{98}\text{Cf}$; ${}^{506}_{98}\text{Cf}$; ${}^{507}_{98}\text{Cf}$; ${}^{508}_{98}\text{Cf}$; ${}^{509}_{98}\text{Cf}$; ${}^{510}_{98}\text{Cf}$; ${}^{511}_{98}\text{Cf}$; ${}^{512}_{98}\text{Cf}$; ${}^{513}_{98}\text{Cf}$; ${}^{514}_{98}\text{Cf}$; ${}^{515}_{98}\text{Cf}$; ${}^{516}_{98}\text{Cf}$; ${}^{517}_{98}\text{Cf}$; ${}^{518}_{98}\text{Cf}$; ${}^{519}_{98}\text{Cf}$; ${}^{520}_{98}\text{Cf}$; ${}^{521}_{98}\text{Cf}$; ${}^{522}_{98}\text{Cf}$; ${}^{523}_{98}\text{Cf}$; ${}^{524}_{98}\text{Cf}$; ${}^{525}_{98}\text{Cf}$; ${}^{526}_{98}\text{Cf}$; ${}^{527}_{98}\text{Cf}$; ${}^{528}_{98}\text{Cf}$; ${}^{529}_{98}\text{Cf}$; ${}^{530}_{98}\text{Cf}$; ${}^{531}_{98}\text{Cf}$; ${}^{532}_{98}\text{Cf}$; ${}^{533}_{98}\text{Cf}$; ${}^{534}_{98}\text{Cf}$; ${}^{535}_{98}\text{Cf}$; ${}^{536}_{98}\text{Cf}$; ${}^{537}_{98}\text{Cf}$; ${}^{538}_{98}\text{Cf}$; ${}^{539}_{98}\text{Cf}$; ${}^{540}_{98}\text{Cf}$; ${}^{541}_{98}\text{Cf}$; ${}^{542}_{98}\text{Cf}$; ${}^{543}_{98}\text{Cf}$; ${}^{544}_{98}\text{Cf}$; ${}^{545}_{98}\text{Cf}$; ${}^{546}_{98}\text{Cf}$; ${}^{547}_{98}\text{Cf}$; ${}^{548}_{98}\text{Cf}$; ${}^{549}_{98}\text{Cf}$; ${}^{550}_{98}\text{Cf}$; ${}^{551}_{98}\text{Cf}$; ${}^{552}_{98}\text{Cf}$; ${}^{553}_{98}\text{Cf}$; ${}^{554}_{98}\text{Cf}$; ${}^{555}_{98}\text{Cf}$; ${}^{556}_{98}\text{Cf}$; ${}^{557}_{98}\text{Cf}$; ${}^{558}_{98}\text{Cf}$; ${}^{559}_{98}\text{Cf}$; ${}^{560}_{98}\text{Cf}$; ${}^{561}_{98}\text{Cf}$; ${}^{562}_{98}\text{Cf}$; ${}^{563}_{98}\text{Cf}$; ${}^{564}_{98}\text{Cf}$; ${}^{565}_{98}\text{Cf}$; ${}^{566}_{98}\text{Cf}$; ${}^{567}_{98}\text{Cf}$; ${}^{568}_{98}\text{Cf}$; ${}^{569}_{98}\text{Cf}$; ${}^{570}_{98}\text{Cf}$; ${}^{571}_{98}\text{Cf}$; ${}^{572}_{98}\text{Cf}$; ${}^{573}_{98}\text{Cf}$; ${}^{574}_{98}\text{Cf}$; ${}^{575}_{98}\text{Cf}$; ${}^{576}_{98}\text{Cf}$; ${}^{577}_{98}\text{Cf}$; ${}^{578}_{98}\text{Cf}$; ${}^{579}_{98}\text{Cf}$; ${}^{580}_{98}\text{Cf}$; ${}^{581}_{98}\text{Cf}$; ${}^{582}_{98}\text{Cf}$; ${}^{583}_{98}\text{Cf}$; ${}^{584}_{98}\text{Cf}$; ${}^{585}_{98}\text{Cf}$; ${}^{586}_{98}\text{Cf}$; ${}^{587}_{98}\text{Cf}$; ${}^{588}_{98}\text{Cf}$; ${}^{589}_{98}\text{Cf}$; ${}^{590}_{98}\text{Cf}$; ${}^{591}_{98}\text{Cf}$; ${}^{592}_{98}\text{Cf}$; ${}^{593}_{98}\text{Cf}$; ${}^{594}_{98}\text{Cf}$; ${}^{595}_{98}\text{Cf}$; ${}^{596}_{98}\text{Cf}$; ${}^{597}_{98}\text{Cf}$; ${}^{598}_{98}\text{Cf}$; ${}^{599}_{98}\text{Cf}$; ${}^{600}_{98}\text{Cf}$; ${}^{601}_{98}\text{Cf}$; ${}^{602}_{98}\text{Cf}$; ${}^{603}_{98}\text{Cf}$; ${}^{604}_{98}\text{Cf}$; ${}^{605}_{98}\text{Cf}$; ${}^{606}_{98}\text{Cf}$; ${}^{607}_{98}\text{Cf}$; ${}^{608}_{98}\text{Cf}$; ${}^{609}_{98}\text{Cf}$; ${}^{610}_{98}\text{Cf}$; ${}^{611}_{98}\text{Cf}$; ${}^{612}_{98}\text{Cf}$; ${}^{613}_{98}\text{Cf}$; ${}^{614}_{98}\text{Cf}$; ${}^{615}_{98}\text{Cf}$; ${}^{616}_{98}\text{Cf}$; ${}^{617}_{98}\text{Cf}$; ${}^{618}_{98}\text{Cf}$; ${}^{619}_{98}\text{Cf}$; ${}^{620}_{98}\text{Cf}$; ${}^{621}_{98}\text{Cf}$; ${}^{622}_{98}\text{Cf}$; ${}^{623}_{98}\text{Cf}$; ${}^{624}_{98}\text{Cf}$; ${}^{625}_{98}\text{Cf}$; ${}^{626}_{98}\text{Cf}$; ${}^{627}_{98}\text{Cf}$; ${}^{628}_{98}\text{Cf}$; ${}^{629}_{98}\text{Cf}$; ${}^{630}_{98}\text{Cf}$; ${}^{631}_{98}\text{Cf}$; ${}^{632}_{98}\text{Cf}$; ${}^{633}_{98}\text{Cf}$; ${}^{634}_{98}\text{Cf}$; ${}^{635}_{98}\text{Cf}$; ${}^{636}_{98}\text{Cf}$; ${}^{637}_{98}\text{Cf}$; ${}^{638}_{98}\text{Cf}$; ${}^{639}_{98}\text{Cf}$; ${}^{640}_{98}\text{Cf}$; ${}^{641}_{98}\text{Cf}$; ${}^{642}_{98}\text{Cf}$; ${}^{643}_{98}\text{Cf}$; ${}^{644}_{98}\text{Cf}$; ${}^{645}_{98}\text{Cf}$; ${}^{646}_{98}\text{Cf}$; ${}^{647}_{98}\text{Cf}$; ${}^{648}_{98}\text{Cf}$; ${}^{649}_{98}\text{Cf}$; ${}^{650}_{98}\text{Cf}$; ${}^{651}_{98}\text{Cf}$; ${}^{652}_{98}\text{Cf}$; ${}^{653}_{98}\text{Cf}$; ${}^{654}_{98}\text{Cf}$; ${}^{655}_{98}\text{Cf}$; ${}^{656}_{98}\text{Cf}$; ${}^{657}_{98}\text{Cf}$; ${}^{658}_{98}\text{Cf}$; ${}^{659}_{98}\text{Cf}$; ${}^{660}_{98}\text{Cf}$; ${}^{661}_{98}\text{Cf}$; ${}^{662}_{98}\text{Cf}$; ${}^{663}_{98}\text{Cf}$; ${}^{664}_{98}\text{Cf}$; ${}^{665}_{98}\text{Cf}$; ${}^{666}_{98}\text{Cf}$; ${}^{667}_{98}\text{Cf}$; ${}^{668}_{98}\text{Cf}$; ${}^{669}_{98}\text{Cf}$; ${}^{670}_{98}\text{Cf}$; ${}^{671}_{98}\text{Cf}$; ${}^{672}_{98}\text{Cf}$; ${}^{673}_{98}\text{Cf}$; ${}^{674}_{98}\text{Cf}$; ${}^{675}_{98}\text{Cf}$; ${}^{676}_{98}\text{Cf}$; ${}^{677}_{98}\text{Cf}$; ${}^{678}_{98}\text{Cf}$; ${}^{679}_{98}\text{Cf}$; ${}^{680}_{98}\text{Cf}$; ${}^{681}_{98}\text{Cf}$; ${}^{682}_{98}\text{Cf}$; ${}^{683}_{98}\text{Cf}$; ${}^{684}_{98}\text{Cf}$; ${}^{685}_{98}\text{Cf}$; ${}^{686}_{98}\text{Cf}$; ${}^{687}_{98}\text{Cf}$; ${}^{688}_{98}\text{Cf}$; ${}^{689}_{98}\text{Cf}$; ${}^{690}_{98}\text{Cf}$; ${}^{691}_{98}\text{Cf}$; ${}^{692}_{98}\text{Cf}$; ${}^{693}_{98}\text{Cf}$; ${}^{694}_{98}\text{Cf}$; ${}^{695}_{98}\text{Cf}$; ${}^{696}_{98}\text{Cf}$; ${}^{697}_{98}\text{Cf}$; ${}^{698}_{98}\text{Cf}$; ${}^{699}_{98}\text{Cf}$; ${}^{700}_{98}\text{Cf}$; ${}^{701}_{98}\text{Cf}$; ${}^{702}_{98}\text{Cf}$; ${}^{703}_{98}\text{Cf}$; ${}^{704}_{98}\text{Cf}$; ${}^{705}_{98}\text{Cf}$; ${}^{706}_{98}\text{Cf}$; ${}^{707}_{98}\text{Cf}$; ${}^{708}_{98}\text{Cf}$; ${}^{709}_{98}\text{Cf}$; ${}^{710}_{98}\text{Cf}$; ${}^{711}_{98}\text{Cf}$; ${}^{712}_{98}\text{Cf}$; ${}^{713}_{98}\text{Cf}$; ${}^{714}_{98}\text{Cf}$; ${}^{715}_{98}\text{Cf}$; ${}^{716}_{98}\text{Cf}$; ${}^{717}_{98}\text{Cf}$; ${}^{718}_{98}\text{Cf}$; ${}^{719}_{98}\text{Cf}$; ${}^{720}_{98}\text{Cf}$; ${}^{721}_{98}\text{Cf}$; ${}^{722}_{98}\text{Cf}$; ${}^{723}_{98}\text{Cf}$; ${}^{724}_{98}\text{Cf}$; ${}^{725}_{98}\text{Cf}$; ${}^{726}_{98}\text{Cf}$; ${}^{727}_{98}\text{Cf}$; ${}^{728}_{98}\text{Cf}$; ${}^{729}_{98}\text{Cf}$; ${}^{730}_{98}\text{Cf}$; ${}^{731}_{98}\text{Cf}$; ${}^{732}_{98}\text{Cf}$; ${}^{733}_{98}\text{Cf}$; ${}^{734}_{98}\text{Cf}$; ${}^{735}_{98}\text{Cf}$; ${}^{736}_{98}\text{Cf}$; ${}^{737}_{98}\text{Cf}$; ${}^{738}_{98}\text{Cf}$; ${}^{739}_{98}\text{Cf}$; ${}^{740}_{98}\text{Cf}$; ${}^{741}_{98}\text{Cf}$; ${}^{742}_{98}\text{Cf}$; ${}^{743}_{98}\text{Cf}$; ${}^{744}_{98}\text{Cf}$; ${}^{745}_{98}\text{Cf}$; ${}^{746}_{98}\text{Cf}$; ${}^{747}_{98}\text{Cf}$; ${}^{748}_{98}\text{Cf}$; ${}^{749}_{98}\text{Cf}$; ${}^{750}_{98}\text{Cf}$; ${}^{751}_{98}\text{Cf}$; ${}^{752}_{98}\text{Cf}$; ${}^{753}_{98}\text{Cf}$; ${}^{754}_{98}\text{Cf}$; ${}^{755}_{98}\text{Cf}$; 75

2.3.2 Exemples :

- l'élément chimique hydrogène possède trois isotopes que sont le proton (98,985%), le deutérium et le tritium.
- l'élément chimique carbone possède trois isotopes que sont le carbone 12 (99,89%), le carbone 13 (1,11%), le carbone 14 ($10^{-12}\%$).

2.4 Exercices d'application :

2.4.1 Exercice 1 :

- Enoncé 1 :

Un atome d'étain, de symbole Sn possède 120 nucléons. La charge de son noyau est $8.10^{-18}C$.

- Quel est son numéro atomique Z ?
- Quels sont le nombre de neutrons et le nombre d'électrons d'un atome d'étain ?
- En déduire la représentation symbolique de son noyau.

- Solution 1 :

- Numéro atomique Z de l'étain : $= - = 50$
- $A = 120$ et $Z = 50$ donc $A - Z = 70$ d'où Sn a 50 électrons et 70 neutrons.
- Représentation symbolique du noyau d'étain : ${}_{50}^{120}Sn$

2.4.2 Exercice 2 :

- Enoncé 2 :

- On considère la représentation symbolique ${}_{16}^{33}S$.
 - Quel est l'élément chimique ainsi symbolisé ?
 - Cette représentation est-elle celle d'un noyau, d'un atome ou d'un ion ?
 - Que représente le couple de valeurs (33 ; 16) ?
- On donne les sept représentations suivantes : ${}_{14}^{30}Si$; ${}_{14}^{32}Si$; ${}_{20}^{40}Ca$; ${}_{19}^{30}Si$; ${}_{16}^{32}S$; ${}_{17}^{37}Cl$; ${}_{13}^{27}Al$
 - Expliquer ce que signifie isotope.
 - Parmi les sept représentations, indiquer celle(s) qui est (sont) isotope(s) de ${}_{16}^{33}S$.
 - Indiquer ensuite, s'il y en a, celles qui sont isotopes entre elles.

- Solution 2 :

- Soit la représentation ${}_{16}^{33}S$.
 - L'élément chimique ainsi symbolisé est le soufre.
 - La représentation est celle d'un noyau.
 - Le couple de valeurs (33 ; 16) est tel que : $A = 33$ et $Z = 16$
- Isotope : même Z et A différent.
 - Parmi les sept représentations seul ${}_{16}^{32}S$ est isotope de ${}_{16}^{33}S$.
 - ${}_{14}^{30}Si$ et ${}_{14}^{32}Si$ sont isotopes.

2.4.3 Exercice 3 :

- Enoncé 3 :

L'oxygène naturel contient trois isotopes : ${}_{8}^{16}O$; ${}_{8}^{17}O$; ${}_{8}^{18}O$

- Définir les isotopes d'un élément.
- Quelle est la particularité de ces isotopes ?
- Pourquoi peut-on considérer qu'il s'agit du même élément ?

- Solution 3 :

- Cours.
- Ces isotopes appartiennent au même élément.
- On peut considérer qu'il s'agit du même élément car ils ont le même nombre de protons.

3. Masse et énergie :

3.1 L'unité de masse atomique :

Le kilogramme est inadapté aux masses nucléaires. Ainsi, on utilise une unité plus pratique pour l'étude des noyaux : l'**unité de masse atomique**.

3.1.1 Définition :

L'unité de masse atomique, de symbole **u**, est le douzième de la masse de l'atome isotope 12 du carbone ; elle vaut, en kilogramme : $1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

3.1.2 Valeurs des masses des nucléons :

m_p	$1,67262 \times 10^{-27} \text{ kg}$	m_n	$1,67493 \times 10^{-27} \text{ kg}$
-------	--------------------------------------	-------	--------------------------------------

3.2 Défaut de masse :

Des mesures précises montrent que la **masse d'un noyau est toujours inférieure à la somme des masses de ses nucléons**.

Le **défaut de masse** Δ du noyau est la différence entre la somme des masses des nucléons et la masse du noyau : $\Delta = Z m_p + (A - Z) m_n - m_{\text{noyau}}$.

3.3 Equivalence masse-énergie :

En 1905, Albert Einstein postule l'**équivalence entre masse et énergie**.

3.3.1 Relation d'Einstein :

Une particule matérielle, même au repos, du seul fait de sa masse **m**, possède une énergie **E** appelée « **énergie de masse** » donnée par la **relation d'Einstein** :

$$E = m \cdot c^2$$

c est la célérité de la lumière ; sa valeur est $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ et E : énergie de masse

3.3.2 Energie de liaison :

L'énergie de liaison \mathcal{E} est l'énergie qu'il faut fournir pour séparer les nucléons d'un noyau au repos. D'après le principe de l'équivalence masse-énergie, au défaut de masse Δm correspond une libération d'énergie égale à l'énergie de liaison :

$$\mathcal{E} = \Delta m \cdot c^2$$

3.3.3 Unité d'énergie pratique : l'électronvolt

A l'échelle atomique, l'unité d'énergie pratique est l'**électronvolt (eV)** et son multiple tel que le **méga électronvolt (MeV)** :

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

$$1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

Un calcul précis a permis de trouver la valeur de l'équivalence d'énergie correspondant à 1 u :

$$1 \text{ u} = 931,5016 \text{ MeV} / c^2$$

Valeurs des énergies de masse correspondant aux nucléons :

	m (u)	énergie (MeV)	énergie (J)
proton	1,007 276	938,2723	$1,503 279 \cdot 10^{-10}$
neutron	1,008 664	939,5656	$1,505 351 \cdot 10^{-10}$

3.3.4 Exercice d'application :

- Enoncé :

Calculer l'énergie de liaison du noyau d'hélium dont la masse déduite des indications des tables de valeurs est $m = 4,0015 \text{ u}$.

On donne : $m_p = 1,007\,276 \text{ u}$; $m_n = 1,008\,664 \text{ u}$ et $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$.

- Solution :

- 1^{ère} méthode :

$$\mathcal{E} = 2m_p + 2m_n - m_{\text{He}}$$

$$\mathcal{E} \text{ en joule : } \mathcal{E} = \{2(1,672\,649 + 1,674\,954) \cdot 10^{-27} - 4,0015 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27}\} \cdot c^2 = 4,54 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

$$\mathcal{E} \text{ en MeV : } \mathcal{E} = \frac{4,54 \cdot 10^{-12}}{1,602 \cdot 10^{-13}} = 28,4 \text{ MeV}$$

- 2^{ème} méthode :

$$\Delta m = (2m_p + 2m_n) - m = 0,0303 \text{ u} = (0,0303 \times 931,5016) \text{ MeV}/c^2 ; \text{ soit : } \mathcal{E} = 28,3 \text{ MeV}$$

3.4 Energie de liaison et stabilité des noyaux :

3.4.1 Energie de liaison par nucléon :

L'énergie de liaison par nucléon d'un noyau, noté \mathcal{E} , est le quotient de son énergie de liaison par le nombre de nucléons A ; soit : $\mathcal{E} = \mathcal{E} / A$

3.4.2 Stabilité des noyaux :

- Un noyau est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucléon est plus grande.
- Les **nucléides** les plus stables ($50 < A < 75$) correspondent à $\mathcal{E} > 8 \text{ MeV}/\text{nucléon}$

3.4.3 Remarque :

Les nucléides instables peuvent évoluer en deux façons :

- deux noyaux « légers » fusionnent pour former un noyau « moyen » plus stable ayant une énergie de liaison par nucléon plus grande que la somme de celles des deux noyaux légers : c'est la fusion nucléaire ;

- un noyau « lourd » se scinde en deux noyaux « moyens » plus stables : c'est la fission nucléaire.

3.4.4 Exercice d'application :

- Enoncé :

a) Le noyau d'uranium 238 se désintègre en émettant une particule h et un noyau de thorium 90 (h). Ecrire l'équation associée à cette réaction nucléaire.

b) On considère les trois noyaux suivants : ${}_{82}^{206}\text{Pb}$; ${}_{90}^{233}\text{Th}$ et ${}_{92}^{238}\text{U}$.

b.1) Définir l'énergie de liaison d'un noyau.

b.2) Quelle est, pour chacun d'eux, l'énergie de liaison par nucléon exprimée en MeV/nucléon.

b.3) Indiquer, en le justifiant, lequel de ces trois noyaux est le plus instable.

On donne : $m(\text{Pb}) = 206,92905 \text{ u}$; $m(\text{Th}) = 233,99422 \text{ u}$ et $m(\text{U}) = 238,00031 \text{ u}$.

- Solution :

a) Equation associée à la réaction nucléaire :

$$\rightarrow \quad + \quad h \quad \text{avec : } 238 = 4 + A \Rightarrow A = 234 \quad \text{d'où} \quad \text{U} \rightarrow \text{He} + \text{Th}$$

b) b.1) Définition de l'énergie de liaison d'un noyau : (cours)

b.2) Energie de liaison par nucléon de chacun des noyaux :

$$\mathcal{E} - \mathcal{E}/A \text{ avec } \mathcal{E} = \quad + (\quad - \quad) - (\quad) .$$

$$\mathcal{E}_{\text{U}} = 7,570 \text{ MeV}/\text{nucléon} ; \mathcal{E}_{\text{Th}} = 7,597 \text{ MeV}/\text{nucléon} ; \mathcal{E}_{\text{Pb}} = 7,877 \text{ MeV}/\text{nucléon} .$$

b.3) Comme l'énergie de liaison par nucléon de l'uranium 238 est la plus faible donc ce noyau est le plus instable parmi les trois étudiés.

II. REACTIONS NUCLEAIRES SPONTANÉES

Les réactions nucléaires spontanées sont des réactions faisant intervenir les noyaux d'un certain nombre d'atomes qui se désintègrent en émettant des particules.

1. Historique :

En 1896, le physicien français **Henry Becquerel** découvrit la radioactivité en constatant que des plaques photographiques, bien protégées, avaient été impressionnées parce que situées à proximité de l'uranium. Les sels d'uranium émettaient donc eux-mêmes « quelque chose » qui traversa le papier noir et impressionna la plaque photographique. Il supposa l'**existence d'un rayonnement émis par les d'uranium**, et donna au phénomène le nom de **radioactivité**.

Deux ans plus tard, **Marie Curie** et son époux **Pierre Curie** constatèrent le même phénomène avec des dérivés du thorium et isolèrent un élément nouveau qu'ils appelèrent le radium (Ra).

En 1919, les anglais Sir Ernest **Rutherford** et F. **Soddy** montrèrent que la radioactivité résulte de **désintégrations** (transformations spontanées) de noyaux atomiques instables en noyaux plus stables avec émission de rayonnement dit **rayonnement radioactif**.

2. Généralités :

2.1 Définition :

La radioactivité est la transformation spontanée d'un noyau atomique instable en un autre noyau plus stable, accompagné de l'émission d'un rayonnement radioactif.

2.2 Propriétés générales :

- Les transformations radioactives sont indépendantes de la combinaison chimique dont le noyau radioactif fait partie et des paramètres usuels que sont la température et la pression : **la radioactivité est un phénomène essentiellement nucléaire**.
- Rien ne peut influencer sur les transformations radioactives ; elles sont :
 - **spontanées** (elles se réalisent seules) ;
 - **inéluçtables** (rien ne peut les empêcher de se réaliser) ;
 - **aléatoires** (elles sont imprévisibles).

2.3 Les émissions radioactives :

- L'étude des émissions radioactives (ou rayonnement radioactif) montre, lorsque des noyaux de certains atomes se désintègrent, ils émettent, d'une part des **particules** et d'autre part un rayonnement électromagnétique appelé **rayonnement** .
- Selon les noyaux émetteurs, on distingue trois catégories de particules :
 - les **particules** qui sont des noyaux d'hélium, de symbole α .
 - les **particules** qui sont des électrons, de symbole β^- .
 - les **particules** qui sont des positons (leur masse est égale à celle de l'électron et charge opposée), de symbole β^+ .

Les particules α sont éjectées à grande vitesse, de l'ordre de 20 000 km/s. Elles sont facilement ionisantes (une feuille de papier ou quelques centimètres d'air les arrêtent). Les particules β^- et β^+ sont éjectées avec des vitesses très grandes, de l'ordre de 280 000 km/s. Elles sont plus pénétrantes mais moins ionisantes que les particules α .

3. Les lois d'évolution d'une substance radioactive :

3.1 Les lois de conservation :

- Lors de toute désintégration radioactive d'un nucléide, on peut observer les lois de conservation que sont :
 - la loi de conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie ;
 - les lois de Soddy (conservation du nombre de nucléons et conservation de la charge).

- Pour illustrer les **lois de Soddy**, considérons un nucléide qui se désintègre pour donner un autre noyau et une particule : $\rightarrow +$
 Conservation du nombre de nucléons : $A = A' + a$ Conservation de la charge : $Z = Z' + z$

3.2 Décroissance radioactive :

3.2.1 Loi de décroissance radioactive :

Le nombre d'atomes d'un échantillon diminue en fonction du temps. Ainsi, le nombre N d'atomes restant à l'instant t est relié au nombre initial N₀ d'atomes par :

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

est une constante qui dépend du nucléide étudié ; on l'appelle **constante radioactive** ; elle s'exprime en s⁻¹

3.2.2 Période radioactive :

- Définition :

La période radioactive T (ou demi-vie) d'un nucléide est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents se sont désintégrés.

- Exemples de périodes radioactives :

nucléide						
période	4,5.10 ⁹ ans	5 570 ans	12,5 ans	14 jours	1 heure	25 minutes

3.2.3 Relations en fonction de la période :

Relation entre constante radioactive et période radioactive :	$\lambda = \frac{\ln 2}{T}$
Relation traduisant la loi de décroissance radioactive au bout du temps de n période (T) :	$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$

3.2.4 Activité :

- Définition :

L'activité A d'une substance radioactive représente le nombre moyen de désintégrations par seconde :

$$A = \lambda N$$

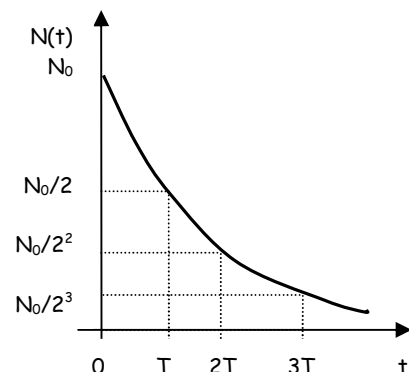
- Symbole :

Dans le système international d'unités, l'activité s'exprime en **becquerel**, de symbole **Bq** :

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ désintégration par seconde}$$

3.2.4 Courbe de dégénérescence :

A partir de la relation $N = N_0/2^n$, on peut tracer la courbe $N = f(t)$ appelée **courbe de dégénérescence** dont l'allure est ci-contre :



3.2.5 Exercice d'application :

- Enoncé :

Le polonium a une constante radioactive $\lambda = 5,8.10^{-8} \text{ s}^{-1}$. Calculer en seconde et en jours, la période radioactive T.

- Solution : $\lambda = 0,693/T \Rightarrow T = 0,693/\lambda$

$$A.N : T = 0,12.10^8 \text{ s} = 138 \text{ jours}$$

4. Les différentes désintégrations nucléaires spontanées :

On distingue les différentes désintégrations nucléaires spontanées suivantes : l'émission α , la radioactivité β^- , la radioactivité β^+ et la radioactivité γ .

4.1 L'émission γ par désexcitation:

3.1.1 Principe :

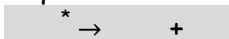
Lors d'une désintégration nucléaire, le noyau instable appelé **noyau père** donne un noyau différent, appelé **noyau fils** qui se trouve momentanément instable dans un **état excité**.

Le noyau fils devient stable en libérant son excédent d'énergie sous forme de rayonnement γ . On dit qu'il se désexcite ; cette désexcitation accompagne généralement les autres types de réactions nucléaires.

3.1.2 Equation-bilan et exemple :

- Equation-bilan :

Si on note par Y^* le noyau fils excité ; l'équation-bilan de la désexcitation s'écrit :



- Exemple : $^{60}\text{Ni}^* \rightarrow ^{60}\text{Ni} + \gamma$

4.2 La radioactivité β^- :

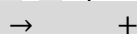
La radioactivité β^- est caractéristique des noyaux lourds ($A > 200$ et $Z > 82$) qui comprennent **trop de nucléons** pour être stables.

4.2.1 Définition et équation-bilan :

- Définition :

La radioactivité β^- correspond à la désintégration spontanée d'un noyau lourd instable qui expulse une particule β^- et donne un noyau fils plus stable.

- Equation-bilan :



4.2.2 Energie libérée :

- Principe :

La radioactivité β^- , comme toute réaction nucléaire spontanée, s'accompagne d'une perte de masse ; donc d'une libération d'énergie. D'après la relation d'Einstein, l'énergie libérée est :

$$|\Delta E| = \{ m(X) - [m(Y) + m(\beta^-)] \} c^2$$

- Exemple :

- Enoncé :

Calculons l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de radium 226 selon l'équation :



On donne : $m(\text{Ra}) = 225,9771 \text{ u}$; $m(\text{Rn}) = 221,9704 \text{ u}$; $m(\beta^-) = 4,0015 \text{ u}$ et $1 \text{ u} = 6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

- Solution :

Cette désintégration s'accompagne d'une perte de masse: $|\Delta m| = \{ m(\text{Ra}) - [m(\text{Rn}) + m(\beta^-)] \}$.

A cette perte de masse correspond une énergie : $|\Delta E| = \{ m(\text{Ra}) - [m(\text{Rn}) + m(\beta^-)] \} c^2$

$$|\Delta E| = 4,85 \text{ MeV}$$

4.3 La radioactivité β^+ :

La radioactivité β^+ est le propre des nucléides trop riches en **neutrons** pour être stables.

4.3.1 Définition et équation-bilan :

- Définition :

La radioactivité β^+ correspond à la désintégration d'un noyau avec émission d'un **électron** β^+ .

- Equation-bilan :

L'électron est émis en même temps qu'un antineutrino $\bar{\nu}_e$ (particule de masse et de charge nulle) mais on fait abstraction de cette particule dans l'écriture de l'équation-bilan :



L'électron émis provient du noyau par transformation d'un neutron : $n \rightarrow p + \beta^- + \bar{\nu}_e$

4.3.2 Energie libérée :

- Principe :

La radioactivité β , comme toute réaction nucléaire spontanée, s'accompagne d'une perte de masse ; donc d'une libération d'énergie.

- Exemple :

- Enoncé :

Calculons l'énergie libérée par la désintégration β du césium 137 selon l'équation :



On donne : $m(\text{Cs}) = 136,8773 \text{ u}$; $m(\text{Ba}) = 136,8756 \text{ u}$; $m(e) = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ u}$ et $1 \text{ u} = 6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

- Solution :

Cette désintégration s'accompagne d'une perte de masse : $|\Delta m| = \{m(\text{Cs}) - [m(\text{Ba}) + m(e)]\}$.

A cette perte de masse correspond une énergie : $|\Delta E| = \{m(\text{Cs}) - [m(\text{Ba}) + m(e)]\} \cdot c^2$

$$|\Delta E| = 1,07 \text{ MeV}$$

4.4 La radioactivité :

La radioactivité ne s'observe généralement qu'avec les **éléments artificiels** dont les noyaux sont **trop riches en protons**.

3.4.1 Historique :

C'est en 1934 qu'Irène et Frédéric Joliot-Curie produisirent pour la première fois l'isotope 15 du phosphore en bombardant une feuille d'aluminium par des particules α . Cet isotope conduit, par radioactivité β , à l'isotope 14 du silicium :



4.3.2 Définition et équation-bilan :

- Définition :

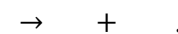
La radioactivité β correspond à la transformation d'un noyau avec émission d'un **positon**.

- Equation-bilan :

Le positon est émis en même temps qu'un neutrino (antiparticule de l'antineutrino) mais on fait abstraction de cette particule dans l'écriture de l'équation-bilan :



Le positon émis provient du noyau par transformation d'un proton :



3.4.4 Exemples :



4.5 Exercices d'application :

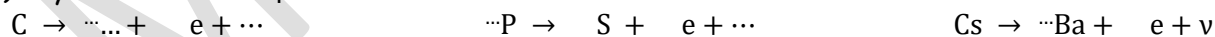
4.5.1 Exercice 1 :

Compléter les équations bilan suivantes :

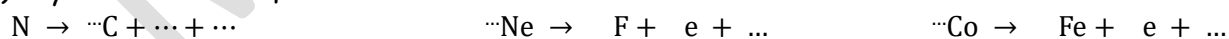
a) noyaux émetteurs α :



b) noyaux émetteurs β :



c) noyaux émetteurs β :



4.5.2 Exercice 2 :

Ecrire les équations de désintégration des noyaux radioactifs suivants :

a) noyaux émetteurs α : ${}^{210}_{84}\text{Po}$ et ${}^{214}_{82}\text{Pb}$

b) noyaux émetteurs β : ${}^{14}_6\text{C}$ et ${}^{137}_{55}\text{Cs}$

4.5.3 Exercice 3 :

a) L'isotope 210 du polonium est un élément radioactif de type α .

a.1) Donner la constitution du noyau de cet atome.

a.2) Expliquer en quoi consiste la radioactivité α .

a.3) Ecrire l'équation de désintégration sachant que le noyau fils obtenu est le ${}^{206}_{82}\text{Pb}$.

b) Déterminer l'énergie totale libérée par cette désintégration.

On donne : $m(\text{Po}) = 209,9407 \text{ u}$; $m(\text{Pb}) = 205,9295 \text{ u}$; $m(\alpha) = 4,0015 \text{ u}$ et $1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

4.5.4 Exercice 4 :

Le noyau de sodium ${}^{23}_{11}\text{Na}$ est radioactif et émet des particules β^- suivant la réaction nucléaire : ${}^{23}_{11}\text{Na} \rightarrow {}^{23}_{10}\text{Ne} + e^- + \bar{\nu}_e$

- Déterminer les nombres A et Z en précisant les lois de conservation utilisées.
- La période radioactive ou demi-vie de ce nucléide est $T = 15$ heures.
 - Déterminer la constante radioactive de ce nucléide.
 - Si N_0 est le nombre de noyaux à l'instant $t = 0$, combien en reste-t-il au bout de 15 heures, au bout de 30 heures ?

4.5.5 Exercice 5 :

Le noyau de sodium ${}^{23}_{11}\text{Na}$ est radioactif et émet des particules β^- .

- Quelle est la constitution du noyau de l'atome de sodium ${}^{23}_{11}\text{Na}$?
- Ecrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante en indiquant les lois utilisées et préciser le nom du nucléide X obtenu.
- Calculer l'énergie libérée par cette réaction sachant que des mesures précises fournissent : $m(\text{Na}) = 21,9944 \text{ u}$; $m(X) = 21,99138 \text{ u}$; $m(\text{proton}) = 1,6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

5. Quelques applications radioactives :

5.1 Mesures des âges :

On peut dater des objets vieux de 1 000 à 60 000 ans par dosage du carbone 14 (${}^{14}_6\text{C}$). Le carbone 14 est radioactif β^- ; sa période est de 5 730 ans et sa proportion (10^{-12}) demeure constante depuis les temps géologiques. Cette proportion diminue de moitié tous les 5 730 ans. Ainsi, les dosages du carbone 14 sont fréquemment utilisés pour la datation des tombes anciennes et des fossiles.

5.2 Utilisation des radioéléments artificiels :

5.2.1 Usages des traceurs :

Si, dans une réaction chimique ou biochimique ordinaire par un de ses isotopes radioactifs, on peut suivre, par comptage du rayonnement émis, le comportement de cet élément.

5.2.2 Examens fonctionnels :

Des organes tels que la glande thyroïde, le foie, les reins retiennent certains radioéléments dans leurs tissus qui s'y fixent. La façon dont ils se fixent permet de déterminer si l'organe fonctionne normalement.

5.2.3 La radiothérapie :

Elle consiste à détruire, par action du rayonnement γ , les cellules cancéreuses. On utilise pour cela soit l'irradiation externe, en plaçant le malade près d'une bombe au cobalt, soit l'irradiation interne, en implantant dans la zone malade un radioélément tel que (${}^{137}_{55}\text{Cs}$).

5.2.4 La gammagraphie :

Elle ne diffère en rien, dans son principe, de la radiographie par des rayons X : l'image, recueillie sur une plaque photographique, d'une pièce métallique soumise à un rayonnement γ révèle et décèle les défauts d'un organe.

6. Les effets physiologiques des rayonnements :

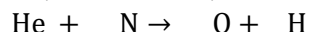
Depuis de nombreuses années, l'utilisation de sources de rayonnement dans les applications industrielles et commerciales n'a cessé de se développer à un rythme croissant.

L'utilisation actuelle de substances radioactives (médecine, centrales nucléaires, bombes, ...) modifie les données du problème. Tous ces rayonnements traversant la matière provoquent des modifications de structures chimiques. En particulier, dans le cas de la matière vivante, l'irradiation des tissus humains peut entraîner des lésions d'organes (**effets somatiques**) et des actions sur la descendance du sujet irradié (**effets génétiques**).

III. REACTIONS NUCLEAIRES PROVOQUEES

c1. Historique :

La première réaction nucléaire provoquée fut celle observée, en 1939, par Ernest **Rutherford**, et ce, en bombardant une enceinte remplie d'azote par des particules α issues d'une source de polonium 210 :



En 1934 **Irène** et **Frédéric Joliot-Curie** découvrent la radioactivité artificielle en bombardant une feuille d'aluminium avec des particules α .

Ils produisirent, par réaction provoquée, l'isotope 15 du phosphore : $\text{Al} + \text{He} \rightarrow \text{n} + \text{P}$

Cet isotope conduit, par réaction spontanée β , à l'isotope 14 du silicium : $\text{P} \rightarrow \text{Si} + \text{e} + \gamma$

Depuis cette date, des milliers d'autres réactions nucléaires provoquées ont permis de créer de nouveaux nucléides (nucléides artificiels).

2. La fission nucléaire :

Dés leur découverte en 1932 par Sir James **Chadwick**, les **neutrons** ont été utilisés, du fait de leur absence de charge électrique, comme **projectiles**, pour bombarder des cibles.

En 1938, au cours d'une expérience de ce type, **O. Hahn** et **F. Strassman** observent qu'un noyau d'uranium 235 peut éclater sous l'impact d'un neutron et donner deux noyaux plus légers : c'est la fission nucléaire.

2.1 La réaction de fission :

2.4.1 Définition :

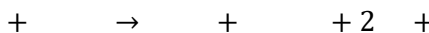
La fission est une réaction nucléaire provoquée, consistant en la cassure d'un noyau lourd en deux noyaux légers sous l'action d'un neutron lent ; une fission produit des neutrons.

2.4.2 Principe de la fission :

Un neutron lent (ou neutron thermique : $v \approx 2 \text{ km/s}$) heurte avec une énergie convenable un noyau U ; il est capté et le noyau se scinde en deux fragments plus légers avec 2 ou 3 neutrons rapides ($v \approx 2.10 \text{ km/s}$).

2.4.3 Exemples de réactions de fission :

L'une des réactions les plus fréquentes de fission de l'uranium conduit au strontium 94 et au néon 140 selon l'équation-bilan suivante :



Le nucléide lourd qui subit la fission est dit **fissile**. Actuellement, quatre nucléides fissiles sont utilisés ; ce sont le nucléide naturel (U) et les nucléides artificiels (;).

Le nucléide fissile est engendré, par réaction, par un nucléide dit **fertile** tel que .

2.2 L'énergie libérée par fission :

La réaction fission s'accompagne d'une perte de masse ; donc d'une libération d'énergie.

2.2.1 Exemple :

• Enoncé :

Calculons l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235 selon la réaction :



On donne : $m(\text{U}) = 235,120 \text{ u}$; $m(\text{Xe}) = 138,955 \text{ u}$; $m(\text{Sr}) = 94,945 \text{ u}$; $m(\text{ }) = 1,008 \text{ u}$.

• Solution :

$|\Delta E| = \{[m(\text{n}) + m(\text{U})] - [m(\text{Xe}) + m(\text{Sr}) + 2m(\text{n})]\} \cdot C = 200 \text{ MeV}$ ou $|\Delta E| = 1 \text{ MeV/nucléon}$

• Conclusion :

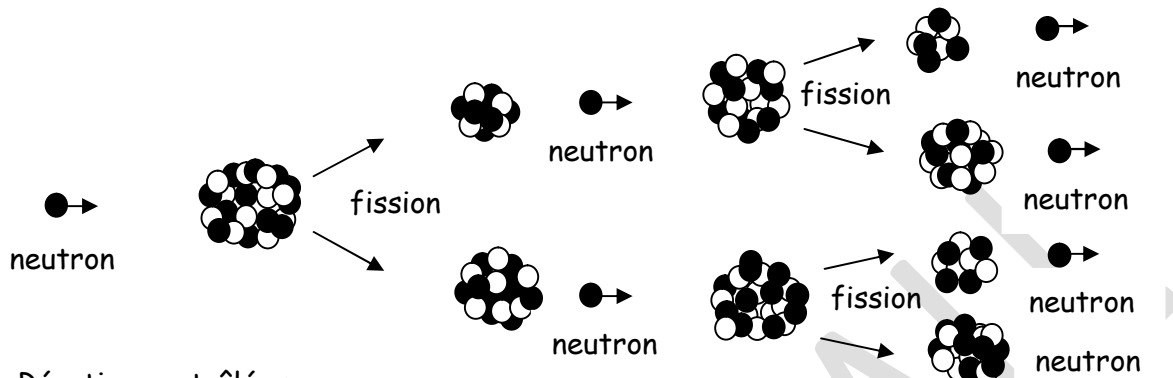
- La fission d'un noyau d'uranium 235 libère une énergie de 1 MeV/nucléon ; ce qui correspond à 8.10^{10} J par gramme d'uranium.

- On peut dire encore qu'une tonne d'uranium 235 a le même pouvoir énergétique que deux million de tonnes de pétrole.

2.2.2 Remarques :

- Réaction en chaîne :

La fission émet de neutrons susceptibles, à leur tour, d'engendrer d'autres fissions. Il en résulte une réaction en chaîne. L'énergie dégagée devient très vite considérable et peut conduire à une explosion si elle est incontrôlée : on obtient l'effet d'une **bombe A**.



- Réaction contrôlée :

Convenablement maîtrisée dans un réacteur nucléaire, l'énergie de fission est récupérée sous forme de chaleur en constituant la source d'énergie nécessaire au fonctionnement d'une centrale électrique.

3. La fusion nucléaire :

3.1 La réaction de fusion :

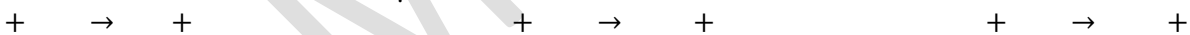
3.4.1 Définition :

La fusion nucléaire est l'union de deux noyaux légers qui engendre un noyau lourd.

3.4.2 Principe de la fusion :

Les principales réactions de fusion se font à partir de l'hydrogène et de ses isotopes que sont le deutérium et le tritium . La fusion nucléaire se produit naturellement dans le Soleil et les étoiles et artificiellement et d'une manière incontrôlée lors des explosions des **bombes H** ou **thermonucléaires**.

3.4.3 Exemples de réactions de fusion :

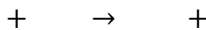


3.2 L'énergie libérée par fusion :

2.2.1 Exemples :

- Énoncé :

Évaluer l'énergie mise en jeu par la fusion de l'hydrogène qui produit de l'hélium selon l'équation-bilan suivante :



On donne : $m = 2,01355 \text{ u}$; $m = 3,01550 \text{ u}$; $m = 1,00866 \text{ u}$; $m = 4,00150 \text{ u}$

- Solution : $|\Delta E| = \{[m(d) + m(t)] - [m(\alpha) + m(n)]\}.C = 17,6 \text{ MeV}$ ou $|\Delta E| = 17,6 \text{ MeV}$

2.2.2 Remarques :

- Pour fusionner deux noyaux, il faut vaincre la répulsion électrostatique par élévation de température de 10^8 K ; c'est la « **température d'ignition** ».

A partir du gaz interstellaire, et sous l'effet de la gravitation, des atomes d'hydrogène se rapprochent, se tassent, créant une température d'une dizaine de millions de degrés kelvin pour que les réactions de fusion deviennent possibles. Pour alimenter les réactions nucléaires, l'étoile consomme ses réserves d'hydrogène pendant environ dix milliard d'années.

- Le Soleil et les étoiles tirent leur énergie (**énergie stellaire**) de réactions de fusion, notamment la fusion de l'hydrogène en hélium : $4 \rightarrow + 2 + 2 + 2$.

L'énergie nucléaire provient de réactions qui se déroulent dans le **noyau des atomes**. Les atomes sont souvent considérés comme les « **briques** » de la matière. Ils sont formés d'un noyau autour duquel gravitent les **électrons**. Le noyau comprend des **protons** et des **neutrons**. Un noyau se désintègre difficilement parce que les particules qui le composent sont fortement liées les unes aux autres ; mais lorsque cela arrive, l'énergie libérée est considérable.

Fission nucléaire ou fusion nucléaire ?

Une réaction nucléaire est une réaction qui a lieu dans les noyaux des atomes. Les noyaux peuvent se diviser en plusieurs fragments (c'est la fission nucléaire) ou bien s'associer (c'est la fusion nucléaire).

Les réactions de fusion nucléaire ont lieu en permanence dans le cœur des étoiles : c'est de cette façon que le Soleil éclaire et chauffe la Terre. Pour l'instant, les scientifiques ne sont pas parvenus à reproduire et à contrôler sur Terre ce type de réactions qui alimente en énergie les étoiles.

En revanche, les physiciens allemands **Otto Hahn** et **Fritz Strassmann** ont réussi à recréer la fission nucléaire en laboratoire dès 1938. Pour cela, ils ont bombardé le noyau d'un atome d'uranium avec des neutrons.

Comment fonctionne une centrale nucléaire ?

Il n'existe pas beaucoup d'éléments naturels utilisables dans les centrales nucléaires : le plus courant est l'uranium. Plus précisément, c'est une sorte d'uranium particulier, l'uranium-235, qui permet les réactions de fission nucléaire.

L'uranium est un minerai relativement abondant dans le sous-sol de la Terre, en particulier en Australie, en Amérique du Nord et en Afrique du Sud. Mais l'uranium naturel n'est pas très concentré en uranium-235 (moins de 1 %), aussi doit-il être « enrichi » avant d'être utilisé.

L'uranium enrichi est façonné en pastilles, qui sont empilées dans de longs tubes appelés « crayons ». Ces crayons sont placés au cœur du réacteur de la centrale et bombardés avec des neutrons.

Lorsqu'on le bombarde avec des neutrons, le noyau d'un atome d'uranium-235 se décompose : il forme deux noyaux plus légers et libère deux neutrons, ainsi qu'une énorme quantité de chaleur. Les neutrons libérés peuvent à leur tour provoquer la fission d'autres noyaux d'uranium-235 et ainsi de suite : il se produit donc une réaction en chaîne.

Cette réaction peut être rapide et extrêmement violente si elle n'est pas contrôlée : c'est ainsi que fonctionne la bombe atomique.

Dans une centrale nucléaire, la réaction en chaîne est contrôlée à l'aide de barres de contrôle qui absorbent les surplus de neutrons créés. On utilise l'importante chaleur dégagée lors des réactions de fission pour chauffer l'eau contenue dans le réacteur. Cette eau est ensuite transformée en vapeur. La vapeur fait tourner une turbine qui produit de l'électricité.

Quels sont les avantages du nucléaire ?

Le nucléaire n'a cessé de se développer depuis les années 1970. Aujourd'hui, environ 15 % de l'électricité produite dans le monde est d'origine nucléaire. L'énergie nucléaire est économique : les réserves d'uranium sont bien plus importantes que celles des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) et le prix de l'uranium est moins sensible à la situation politique internationale que celui du pétrole. De plus, l'énergie nucléaire est très puissante : 1 kg d'uranium peut produire autant d'énergie que 2 500 tonnes de charbon.

Par ailleurs, les centrales nucléaires ne polluent pas l'air comme les centrales qui fonctionnent avec du pétrole, du charbon ou du gaz naturel : elles ne contribuent donc pas à augmenter l'effet de serre, responsable du réchauffement de la planète. Ainsi, à première vue, le nucléaire apparaît comme une source d'énergie relativement propre et économique. Mais le nucléaire présente également de lourds inconvénients écologiques (gestion des déchets nucléaires) et géopolitiques (dissuasion nucléaire et prolifération des armes nucléaires).

Quels sont les dangers du nucléaire ?

Tout d'abord, l'énergie nucléaire est une énergie extrêmement puissante, qui est utilisée depuis sa découverte pour la fabrication d'armes nucléaires. En 1945, le largage des bombes atomiques sur Hiroshima et Nagasaki a entraîné la fin de la guerre du Pacifique entre les États-Unis et le Japon, et précipité la fin de la Seconde Guerre mondiale ; les effets néfastes de ces bombes sur les hommes et la nature sont encore visibles de nos jours (cancers, contamination des sols, de l'eau, etc.). Par ailleurs, bien que les essais nucléaires aient été stoppés dans la majorité des pays et que la production d'armes nucléaires soit extrêmement contrôlée, l'éventualité d'une guerre nucléaire, capable de détruire la Terre entière, reste d'actualité.

Ensuite, l'industrie nucléaire produit d'importantes quantités de déchets nucléaires. Ces déchets sont radioactifs et la radioactivité est très dangereuse pour l'homme : à forte dose, elle tue les cellules et entraîne la mort ; à plus faible dose, elle peut endommager les cellules et causer de graves maladies (cancers, troubles du fonctionnement de la thyroïde, etc.).

De plus, une grande partie des déchets nucléaires ne sont pas recyclables et restent radioactifs pendant plusieurs milliers d'années. Ces déchets sont alors conditionnés dans des fûts spéciaux et enfouis sous terre.

Dans les années 1970-1980, le nucléaire apparaissait comme l'énergie du futur. Mais le 26 avril 1986, l'un des réacteurs de la centrale de Tchernobyl (en Ukraine) a explosé, irradiant toute la région et projetant un gigantesque nuage radioactif dans l'atmosphère. Là encore, les conséquences humaines et environnementales de cet accident resteront visibles pendant plusieurs dizaines d'années. Depuis, de nombreux pays ont préféré ralentir, voire stopper, leurs programmes nucléaires.

Document extrait d'Encarta Junior

P₃

GENERALITES

SUR LES SIGNAUX ET ONDES MECANIQUES

I. SIGNAUX MECANIQUES

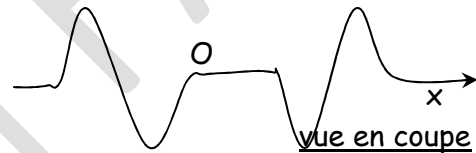
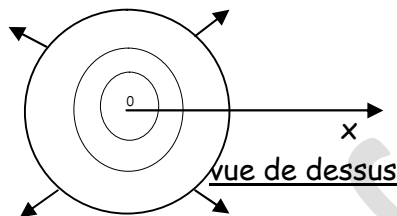
1. Notion de signal mécanique :

- Réalisation :

On lance une pierre en un point de la surface d'une nappe d'une eau calme.

- Observation :

- une déformation prend naissance au point d'impact O (**source**) du choc en génère des rides circulaires qui s'élargissent progressivement en vagues et s'atténuent peu à peu ;
- le petit bouchon en liège placé à la surface de l'eau, se soulève au passage de la déformation.



- Interprétation :

La déformation qui résulte du choc initial, est parvenu, de proche en proche, en chaque point de la nappe d'eau sans qu'il y ait déplacement de matière : un «message» a été transmis ; on l'appelle **signal**.

- Conclusion :

Un signal est toute perturbation passagère d'une (ou de plusieurs) propriétés d'un milieu, se propageant dans ce milieu.

2. Exemples de signaux mécaniques :

Les signaux mécaniques (ou ébranlement) que l'on étudiera sont les **signaux élastiques** c'est-à-dire ceux issus de milieux élastiques (milieux pour lesquels un point écarté de son état d'équilibre y revient spontanément).

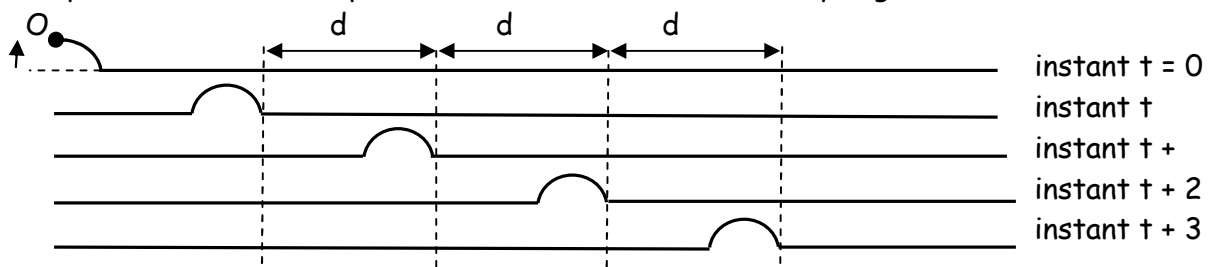
2.1 Propagation d'un signal mécanique transversal le long d'une corde :

- Procédé :

Une petite secousse donnée à une corde tendue, attachée à une de ses extrémités O, entraîne un ébranlement qui se propage le long de la corde jusqu'à l'autre extrémité fixe O'.

- Observations :

Les aspects de la corde, représentés à des intervalles de temps égaux, donnent :



On note les observations suivantes :

- la corde se déforme au voisinage de O puis reprend sa position initiale, la corde est élastique ;
- l'ébranlement se propage le long de la corde et tout point de cette corde subit à son tour, postérieurement au point O , une déformation semblable à celle du point O ;
- les espaces parcourus par l'ébranlement durant Δt , sont égaux.

• Conclusion :

- L'ébranlement se propage orthogonalement à la direction de la propagation ; on dit que la **propagation du signal est transversale** ;

- Le signal se propage à vitesse constante. Cette vitesse de propagation est appelée **célérité**

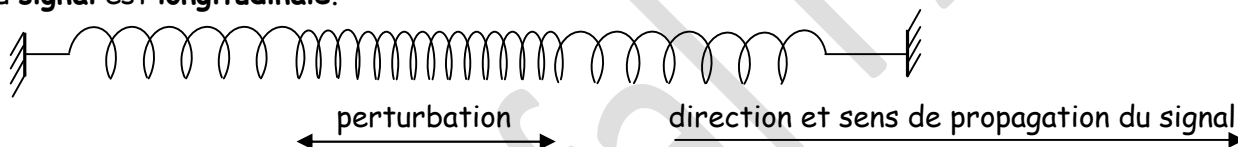
du signal ; elle est donnée par : $v = \frac{\lambda}{T}$;

La célérité C ne dépend que du milieu de propagation. Cas d'une corde élastique : $C \approx 15 \text{ m/s}$.

2.2 Propagation d'un signal mécanique longitudinal le long d'un ressort :

Comprimons puis lâchons soudainement quelques spires consécutives d'un ressort tendu entre deux points A et B.

On note qu'un signal se propage suivant la direction de propagation, on dit que la **propagation du signal est longitudinale**.



2.3 Propagation d'un signal mécanique dans une cuve à onde :

• Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental est une cuve à onde ; cuve profonde à fond transparent, contenant de l'eau et éclairée par-dessus. Sous la cuve, un miroir à 45° renvoie la lumière sur un verre dépoli vertical placé en avant de la cuve. La hauteur de l'eau est de quelques centimètres et de la mousse est déposée tout autour de la cuve pour éviter des phénomènes de réflexion.

• Observation :

- une goutte d'eau versée au centre de la cuve créent des rides circulaires concentriques qui se propagent en s'éloignant du centre ;
- un petit flotteur placé en un point de la surface de l'eau est soulevé au passage d'une ride, puis s'abaisse et reprend sa position initiale ;
- la déformation se propage sous forme de rides circulaires avec une vitesse constante.

• Conclusion :

Le milieu de propagation qu'est la surface de l'eau est un milieu élastique à deux dimensions.

2.4 Exercice d'application :

On lance une pierre à la surface d'une l'eau calme.

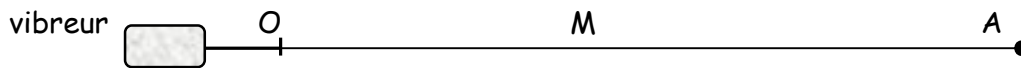
- Les ondes se propageant à la surface de l'eau sont-elles longitudinales ou transversales ? Justifier votre réponse.
- Que dire de la forme des ondes se propageant à la surface de l'eau ?
- Que peut-on en conclure à propos de la célérité de propagation de ces ondes ?
- Pourquoi l'amplitude de la perturbation est-elle plus faible après quelques mètres de propagation ?

II. ONDES PROGRESSIVES

1. Notion d'onde mécanique progressive :

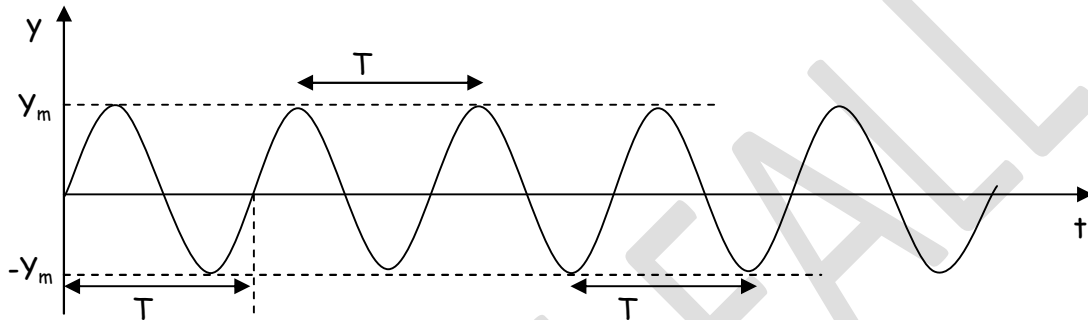
- Procédé :

L'extrémité O d'une corde OA est vibrée d'un mouvement vibratoire sinusoïdal de période T.

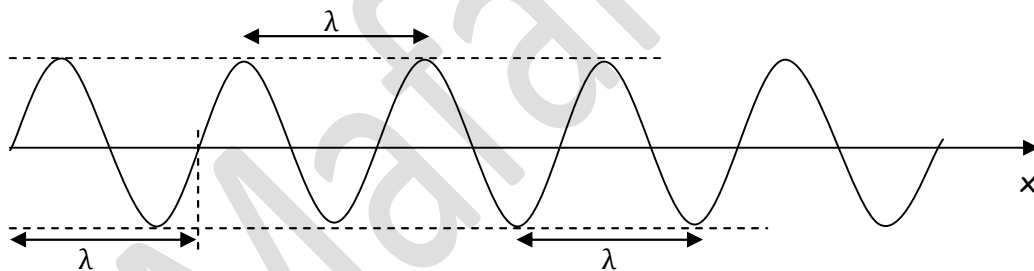


- Observation :

- Chaque point M de la corde reproduit le mouvement vibratoire du point O. Ainsi, l'élongation du point M est une fonction sinusoïdale du temps, on obtient une **sinusoïde des temps**, de période T :



- Avec un éclairage normal, à l'aide d'un stroboscope, la corde présente l'aspect d'une sinusoïde dite **sinusoïde des espaces**, de période appelée **longueur d'onde**.



- Conclusion :

L'onde progressive résulte du phénomène d'une succession d'ébranlements identiques caractérisée par un mouvement vibratoire entretenu dans un milieu élastique. L'onde progressive présente une double périodicité :

- une **période temporelle T** qui est le temps mis par l'onde pour parcourir la distance entre deux points consécutifs ayant même élongation dans le même sens ;
- une **période spatiale ou longueur d'onde** qui correspond à l'espace parcouru par le front de l'onde pendant une période T.

La période temporelle T est liée à la période spatiale λ par :

$$= \begin{matrix} C: \text{m/s} \\ T: \text{s} \\ \lambda: \text{m} \end{matrix}$$

- Remarques :

- Deux points vibrent en **phase** s'ils ont la **même élongation** ; ils se situent à un nombre entier de longueurs d'onde l'un de l'autre ; soit :

$$= \text{avec } k = 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; \dots$$

- Deux points vibrent en **opposition de phase** s'ils ont des **élongations opposées** ; ils se situent à un nombre impair de demi-longueurs d'onde l'un de l'autre ; soit :

$$= (+) - \text{avec } k = 0 ; 1 ; 2 ; 3 ; \dots$$

2. Exemples d'ondes mécaniques progressives à la surface de l'eau :

2.1 Onde progressive circulaire :

Une pointe fixée à la lame d'un vibreur effleure en O la surface d'un liquide contenu dans une cuve à onde (figure 1). Avec un éclairage normal, à l'aide d'un stroboscope, on observe des rides circulaires centrés en O et équidistantes de λ les unes des autres (figure 2).

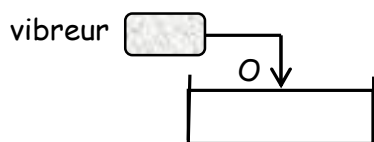


figure 1

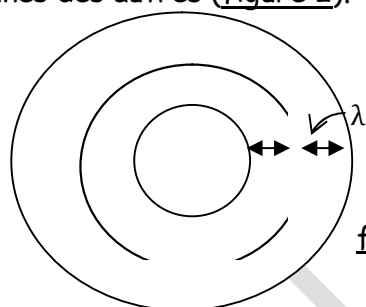
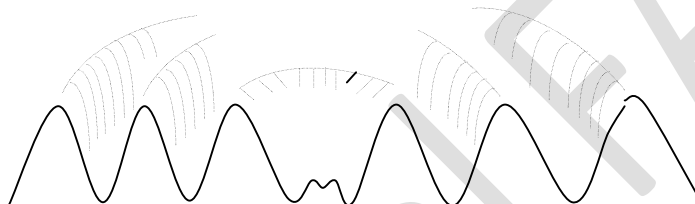


figure 2

La figure 2, en coupe, montre que chaque direction Ox de la surface du liquide se comporte comme une corde vibrante.



2.2 Onde progressive rectiligne :

Une réglette fixée à la lame d'un vibreur, parallèle à un des bords de la cuve, envoie sur toute sa longueur un jet périodique d'air pulsé (figure 1).

On observe la propagation de rides rectilignes équidistantes, parallèles à la réglette (figure 2).

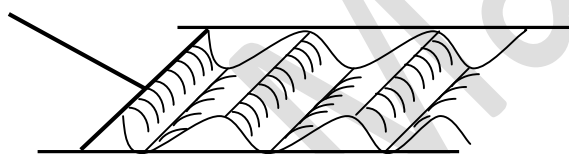


figure 1

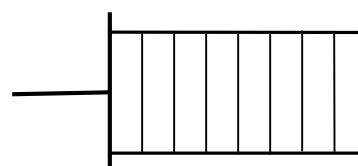


figure 2

2.3 Exercices d'application :

2.3.1 Exercice 1 :

Un ébranlement transversal est émis à l'extrémité A d'une corde tendue. La durée de la perturbation est $\tau = 1,2 \cdot 10^{-1}$ s. La célérité de l'ébranlement est $C = 2,4$ m/s.

- Où est le front de l'onde lorsque la perturbation cesse ?
- Quelle est la longueur d'onde du signal ?

2.3.2 Exercice 2 :

• Enoncé 2 :

L'extrémité d'un long fil fin est reliée à un vibreur. La corde est modérément tendue. La célérité des ondes est $C = 10$ m/s. Un dispositif empêche toute réflexion. Le vibreur est animé d'un mouvement perpendiculaire à la corde, de fréquence $N = 50$ Hz.

- Qualifier le phénomène dont le fil est le siège.
- Calculer la longueur d'onde.

• Solution 2 :

- Le fil est le siège d'un vibratoire entretenu.
- Longueur d'onde : $\lambda = \frac{C}{N} = \frac{10}{50} = 0,2$ m.

2.3.3 Exercice 3 : (Bac 05 - 1^{er} groupe)

• Énoncé 3 :

a) L'extrémité A d'une corde élastique est animée d'un mouvement rectiligne sinusoïdal de direction verticale, d'amplitude 1,5 cm et de fréquence $N = 2,5$ Hz. Calculer la période temporelle T du mouvement de A.

b) A la date $t = 0$, la corde est tendue horizontalement. A cette date précise son extrémité A est à la position au repos O ; immédiatement après, elle se déplace verticalement vers le haut. Le long de la corde la célérité des ébranlements est 10 m.s^{-1} .

b.1) Calculer la longueur d'onde des ondes qui se propagent le long de la corde.

b.2) Dessiner la corde, une période T après le début du mouvement en indiquant l'amplitude de A.

b.3) A la date $t = 6 T$, préciser les positions des points en phase avec A; en opposition de phase avec A (il n'est pas demandé de représenter la corde à cet instant).

c) Ebaucher la courbe représentant l'élongation du mouvement d'un point quelconque de la corde en fonction du temps (on indiquera la valeur de l'amplitude et celle de la période).

• Solution 3 :

a) Calcul de la période temporelle T du mouvement de A : $T = 1/N$

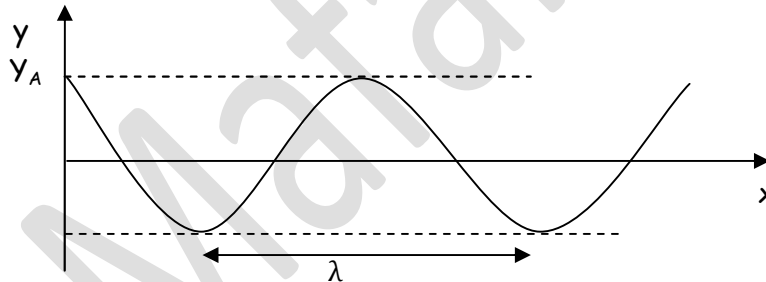
AN : $T = 0,4 \text{ s}$

b) A la date $t = 0$, la corde est tendue horizontalement. A cette date précise son extrémité A est à la position au repos O ; immédiatement après, elle se déplace verticalement vers le haut. Le long de la corde la célérité des ébranlements est 10 m.s^{-1} .

b.1) Calcul de la longueur d'onde : $\lambda = cT = -$

AN : $\lambda = 4 \text{ m}$

b.2) Dessin de la corde :



b.3) Positions des points en phase et en opposition de phase avec A à la date $t = 6 T$:

• Positions des points qui vibrent en phase avec A :

Ils ont la même élongation que A; ils se situent à un nombre entier de longueurs d'onde de A ; soit : $a = k\lambda$ avec $k = 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5$ et 6 .

- pour $k = 1$, on a : $a = \lambda$; soit $d = 4 \text{ m}$

- pour $k = 2$, on a : $a = 2\lambda$; soit $d = 8 \text{ m}$

- pour $k = 3$, on a : $a = 3\lambda$; soit $d = 12 \text{ m}$

- pour $k = 4$, on a : $a = 4\lambda$; soit $d = 16 \text{ m}$

- pour $k = 5$, on a : $a = 5\lambda$; soit $d = 20 \text{ m}$

- pour $k = 6$, on a : $a = 6\lambda$; soit $d = 20 \text{ m}$

• Positions des points qui vibrent en opposition de phase avec A :

Ils ont des élongations opposées à celle de A; ils se situent à un nombre impair de demi-longueurs d'onde l'un de l'autre ; soit : $a = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ avec $k = 0 ; 1 ; 2 ; 3 ; 4$ et 5 .

- pour $k = 0$, on a : $a = \frac{\lambda}{2}$; soit $d = 2 \text{ m}$

- pour $k = 1$, on a : $a = \frac{3\lambda}{2}$; soit $d = 6 \text{ m}$

- pour $k = 2$, on a : $a = \frac{5\lambda}{2}$; soit $d = 10 \text{ m}$

- pour $k = 3$, on a : $a = \frac{7\lambda}{2}$; soit $d = 14 \text{ m}$

- pour $k = 4$, on a : $a = \frac{9\lambda}{2}$; soit $d = 18 \text{ m}$

- pour $k = 5$, on a : $a = \frac{11\lambda}{2}$; soit $d = 22 \text{ m}$

c) Ebauche de la courbe représentant l'élongation du mouvement d'un point quelconque de la corde en fonction du temps :

(voir cours)

III. REFLEXION, REFRACTION, DIFFRACTION, ET INTERFERENCE A LA SURFACE DE L'EAU :

1. Réflexion d'onde à la surface de l'eau :

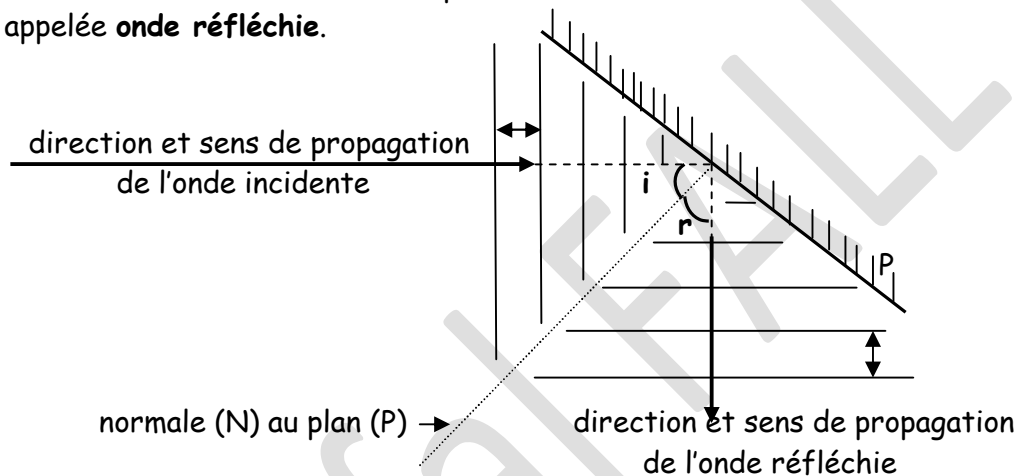
1.1 Mise en évidence :

- Réalisation :

Une onde rectiligne créée à la surface de l'eau d'une cuve à onde est interceptée par un obstacle formé d'une plaque de plastique (P) qui limite obliquement le milieu de propagation.

- Observation :

L'onde créée dite **onde incidente** rebondit sur l'obstacle (P) et change de direction de propagation à la surface de l'eau : c'est le phénomène de **réflexion de l'onde** et l'onde résultante est appelée **onde réfléchi**.



i : **angle d'incidence**; c'est l'angle formé par la direction de propagation de l'onde incidence et la normale (N) à l'obstacle.

r : **angle de réflexion**; c'est l'angle formé par la direction de propagation de l'onde réfléchi et la normale (N) à l'obstacle.

λ : **longueur d'onde de l'onde incidente**.

λ : **longueur d'onde de l'onde réfléchi**

- Résultats :

- Les ondes incidente et réfléchi sont contenues dans le même plan et ont même longueur d'onde ($\lambda = \lambda$), même célérité et même période T.

- A l'aide d'un rapporteur, par mesure, on trouve l'égalité entre les angles i et r.

1.2 Loi de Descartes pour la réflexion :

La direction de propagation de l'onde réfléchi n'est pas quelconque ; elle est donnée par la loi de Descartes pour la réflexion.

René Descartes (1596-1650) est un philosophe, physicien et mathématicien français.



- Enoncé :

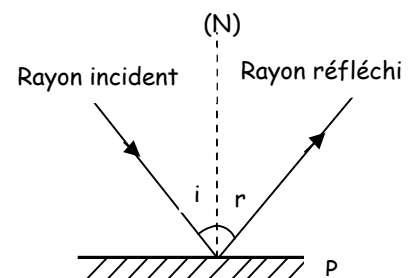
L'angle d'incidence i est égal à l'angle de réflexion r

=

- Représentation :

- Les ondes incidente et réfléchi sont respectivement matérialisées par le **rayon incident** et le **rayon réfléchi**. Ces rayons sont chacun représentés par un trait surmonté d'une flèche qui représente la direction et le sens de propagation de l'onde.

- Le schéma traduisant la loi de Descartes pour la réflexion est représenté ci-contre :



1.3 Exercices d'application :

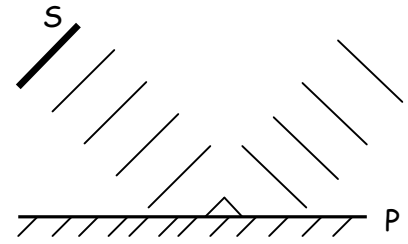
1.3.1 Exercice 1 :

- Enoncé :

La figure ci-contre représente une reproduction d'une expérience sur la réflexion d'une onde mécanique où S est la source et P l'obstacle.

a) Représenter la normale, les rayons incident et réfléchi et les angles d'incidence et de réflexion.

b) Rappeler la loi de Descartes pour la réflexion.



- Solution :

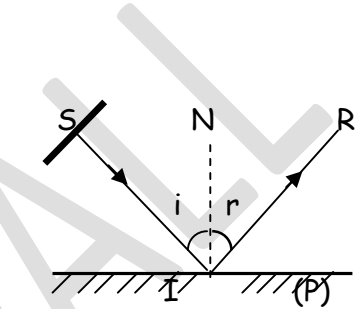
a) Représentation de la normale, des rayons incident et réfléchi et des angles d'incidence et de réflexion :

IN : normale à P i : angle d'incidence r : angle de réflexion

SI : rayon incident

IR : rayons réfléchis

b) Loi de Descartes pour la réflexion : l'angle d'incidence i est égal à l'angle de réflexion r ($i = r$)

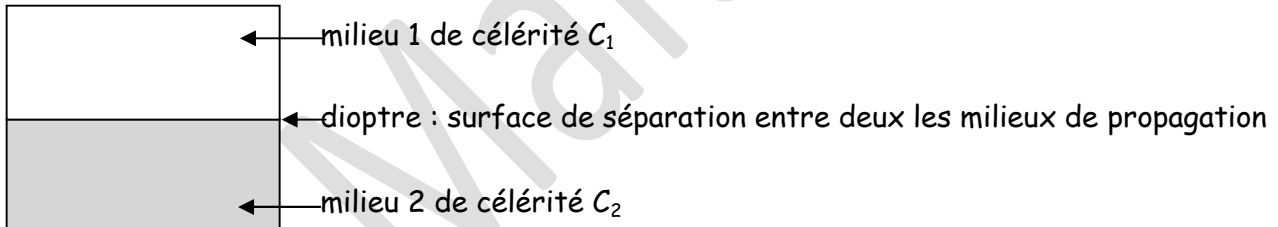


2. Réfraction d'onde à la surface de l'eau :

2.1 Mise en évidence :

- Réalisation :

Par le biais d'une plaque de plexiglas placée sur le fond d'une cuve à onde de manière rectiligne et non parallèle à la source, on crée deux milieux différents de propagation.

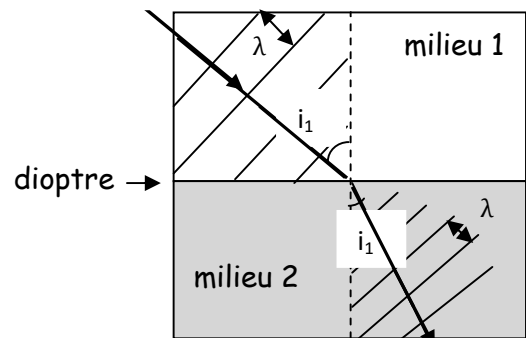


- Observation :

Une onde rectiligne incidente, créée par la source, se propage à la surface de la cuve et présente une cassure au niveau du dioptré.

L'onde incidente a changé de direction de propagation par son passage d'un milieu à un autre en donnant une onde dite **onde réfractée** de longueur d'onde différente : c'est le phénomène de **réfraction de l'onde**.

Direction et sens de propagation de l'onde incidente



Direction et sens de propagation de l'onde réfractée

- Résultats :

- Les ondes incidente et réfractée sont contenues dans le même plan et n'ont pas la même longueur d'onde (\neq).

- Par mesure de i_1 et i_2 et par calcul, on trouve les égalités entre les différents rapports :

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

2.2 Loi de Descartes pour la réfraction :

- Enoncé :

Le rapport entre les sinus des angles d'incidence et de réfraction est une constante tel que :

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

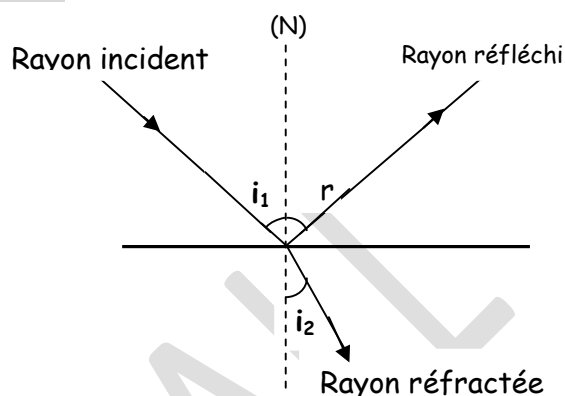
- Représentation :

i_1 : **angle d'incidence**; c'est l'angle formé par la direction de propagation de l'onde incidence et la normale (N) au dioptre.

i_2 : **angle de réfraction**; c'est l'angle formé par la direction de propagation de l'onde réfléchi et la normale (N) au dioptre.

: longueur d'onde de l'onde incidente.

: longueur d'onde de l'onde réfractée.



- Remarque : La réfraction est toujours accompagnée de réflexion.

2.3 Exercice d'application :

- Enoncé :

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-contre ils ont reproduit, dans un ordre quelconque, les schémas relatifs à ces phénomènes où (o) désigne un obstacle

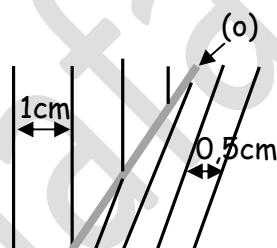


figure 1

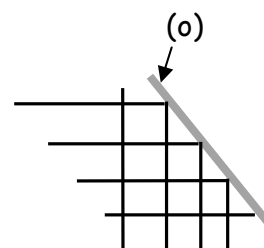


figure 2

a) Pour chacune des figures 1 et 2 préciser le phénomène mis en évidence.

b) 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 (échelle du document est 1/5). La célérité de l'onde réfractée est-elle plus grande ou plus petite que celle de l'onde incidente ? Justifier la réponse.

c) Quelle est la valeur de l'angle d'incidence lorsque l'angle de réfraction vaut 30° ?

- Solution :

a) Phénomènes mis en évidence :

Pour la figure 1 c'est la réfraction d'onde et pour la figure 2 c'est la réflexion d'onde à la surface d'un liquide.

b) Exploitation de la figure 1 mettant en évidence le phénomène de réfraction :

- Détermination des valeurs des longueurs d'onde des ondes réfractée et incidente :

$$\text{(longueur d'onde de l'onde incidente) : } = 1.10^{-2} \text{ cm}$$

$$\text{(longueur d'onde de l'onde réfractée) : } = 0,5.10^{-2} \text{ cm}$$

- La célérité de l'onde réfractée est plus petite que celle de l'onde incidente. En effet $v = \frac{\lambda}{T}$ avec la période T constante.

c) Valeur de l'angle d'incidence : = —

$$\text{AN : } i_2 = 45^\circ$$

3. Diffraction d'onde à la surface de l'eau :

2.1 Mise en évidence :

- Réalisation :

On crée des ondes rectilignes se propageant vers une règle munie d'une ouverture réglable. La règle est placée de telle manière que l'ouverture de la fente soit verticale et immergée en partie dans l'eau de cuve à onde.

- Observations :

Les ondes rectilignes se propagent de la source S et passent par l'ouverture O. Après passage de l'ouverture, deux cas peuvent être observés :

- si l'ouverture est grande ($d \approx 4 \text{ cm}$) alors des ondes pratiquement rectilignes sont observées dans la partie centrale. On dit que l'onde a été **diaphragmée** (figure 1);

- si l'ouverture est petite ($d \approx 1 \text{ cm}$) alors des ondes circulaires semblent naître de O où elles y sont centrées. Ce phénomène est la **diffraction des ondes** (figure 2).

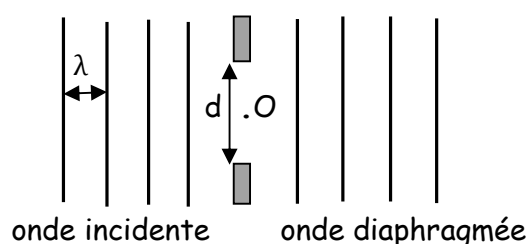


figure 1

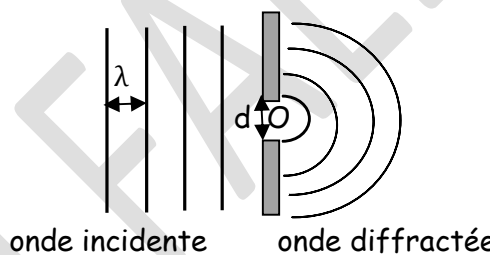


figure 2

- Résultats :

Pour une valeur $\lambda = 0,01$, la diffraction n'est observée que pour une ouverture $d \approx 1 \text{ cm}$.

2.2 Conclusion :

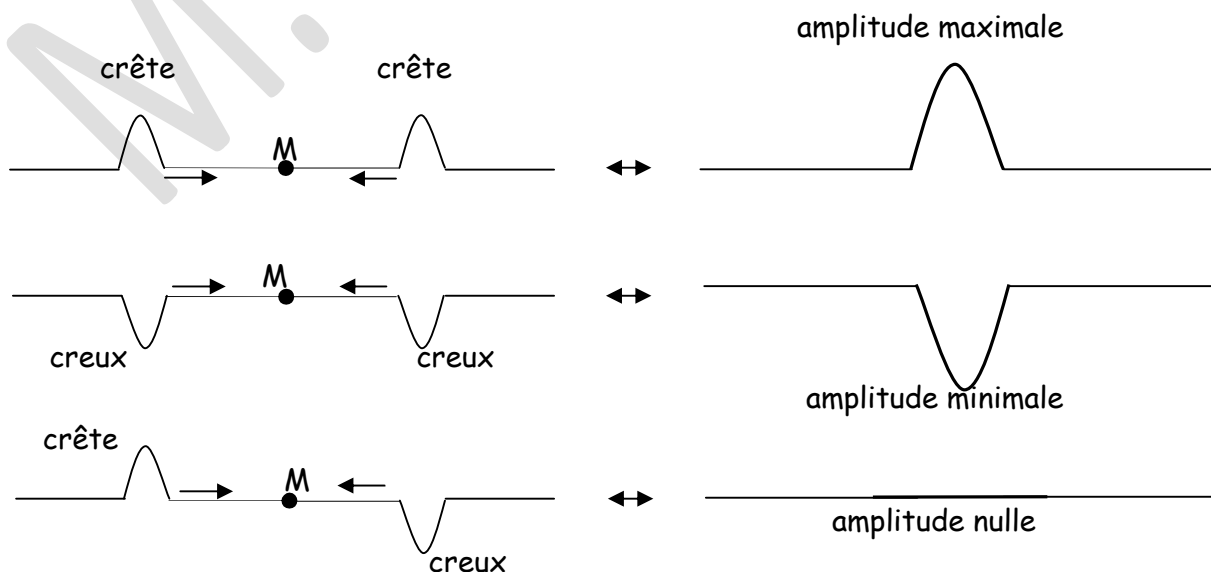
Le phénomène de diffraction se manifeste si largeur du trou est l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de l'onde incidente ($d \approx \lambda$).

4. Interférences mécaniques :

4.1 Principe de superposition d'ébranlements :

4.1.1 Superposition de deux ébranlements le long d'une corde :

- Provoquons deux ébranlements transversaux aux extrémités d'une corde. Les ébranlements se déplacent l'un vers l'autre se croisent en se combinant comme l'indique les différents cas suivants :



- Au point de croisement, la perturbation semble être la somme des deux perturbations incidentes. Ce résultat est généralisable dans tous les cas où la perturbation est suffisamment petite, il constitue le principe de superposition des petits ébranlements énoncé ci-après.

4.1.2 Principe de superposition :

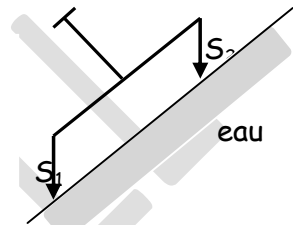
Lorsque deux signaux se superposent, l'élongation résultante en tout point du milieu de propagation est égale à la somme algébrique des élongations provoquées par chacun des deux signaux se propageant de façon indépendante.

4.2 Mise en évidence d'interférences mécaniques à la surface de l'eau :

Réalisation :

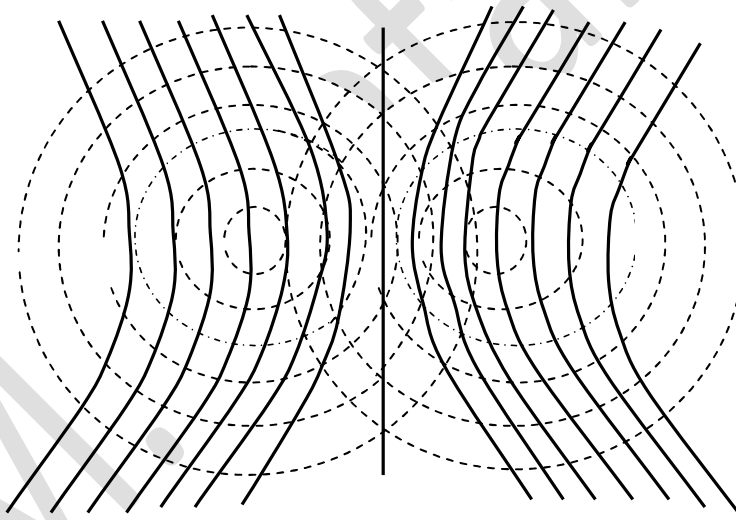
On dispose d'un vibreur animé d'un mouvement périodique, muni de deux pointes verticales S_1 et S_2 qui tombent à la surface de l'eau (figure).

On note que les deux sources de perturbations S_1 et S_2 sont animés de mouvement vibratoires dont les périodes et les amplitudes sont rigoureusement identiques.



Observation :

- On observe sur la surface libre la formation de rides alternativement claires et sombres, rides ayant la forme d'arcs d'hyperboles appelés **franges d'interférences**.
- Le ralenti stroboscopique montre que ces franges naissent de la superposition des ondes circulaires issues de S_1 et S_2 .



Interprétation :

En un point M de la surface de l'eau, les perturbations issues de S_1 et S_2 se rencontrent et obéissent au principe de superposition des petits ébranlements :

- si deux « crêtes » (ou « creux ») se rencontrent alors leurs élongations s'ajoutent et M appartient à une frange d'interférence d'amplitude maximale (minimale); on parle d'**interférences constructives**.
- si le « creux » d'une onde se superpose à une « crête » de l'autre onde alors M appartient à une frange d'interférence d'amplitude nulle ; on parle d'**interférences destructives**.

4.3 Conclusion :

Le phénomène d'**interférences** résulte de la superposition de deux mouvements vibratoires issus de deux **sources cohérentes et synchrones**.

I. EMISSION ET RECEPTION DE LA LUMIERE :

1. L'émission lumineuse :

Le Soleil et un arbre sont bien tous les deux « visibles », ils émettent de la lumière : ce sont des **sources lumineuses** ou **émetteurs** lumineux.

1.1 Les sources primaires de lumière :

Les **sources primaires** de lumière produisent elles-mêmes la lumière qui nous parvient; on distingue :

- les **sources primaires naturelles** telles que le Soleil (et les autres étoiles) et les combustions vives (réaction chimique avec le dioxygène qui s'effectue avec incandescence),
- les **sources primaires artificielles** que sont principalement les lampes (ampoule électrique, lasers, lampe au néon) ou l'écran d'un ordinateur.

1.2 Les sources secondaires de lumière :

Les **sources secondaires** de lumière sont des objets qui émettent de la lumière lorsqu'ils émettent eux-mêmes frappés par la lumière issue d'une source primaire.

Lorsque la lumière rencontre un **corps opaque** (objet qui n'est pas traversé par la lumière) alors elle est projetée sur l'objet qui en **réfléchit** une partie (l'autre partie étant absorbée) : on dit que la lumière est **diffusée** par l'objet. Ainsi, les **sources secondaires de lumière** sont constituées par les **objets réfléchissants** (miroir) et les **objets diffusants** (ciel, arbre, ...).

2. La réception de la lumière :

Les récepteurs de lumière détectent la lumière et la transforment en un type d'information. Parmi les récepteurs de lumière, on peut citer :

- la **pellicule d'un appareil photo** qui convertit la lumière en énergie chimique;
- une **cellule photoélectrique** qui convertit la lumière en signal électrique ;
- l'**œil humain** est un récepteur de lumière particulièrement sophistiqué : il s'adapte aux conditions de luminosité, permet de voir de près comme de loin et distingue les couleurs.

II. PROPAGATION DE LA LUMIERE :

1. La propagation rectiligne de la lumière :

1.1 Le principe de la propagation rectiligne de la lumière :

Un principe est une loi physique qui ne se démontre pas; il est vérifié expérimentalement par ses conséquences.

1.1.1 Faits d'observation :

- Première observation :

La lumière solaire pénètre dans une pièce obscure à travers une petite ouverture. On peut se rendre compte que les volumes éclairés sont limités par des droites.

- Deuxième observation :

Dans une nuit brumeuse, on voit que les faisceaux des phares d'une automobile sont limités par des droites.

- Conclusion :

Ces faits d'observations permettent de vérifier le mode de propagation de la lumière caractérisé par le principe de la propagation rectiligne de la lumière.

1.1.2 Enoncé du principe de la propagation rectiligne de la lumière :

Dans les milieux **transparents et homogènes** la lumière se propage **en ligne droite**.

1.2 Rayon et faisceaux lumineux :

1.2.1 Rayon lumineux :

- Définition :

Un rayon lumineux est tout trajet rectiligne suivi par la lumière dans un milieu.

- Représentation :

Le rayon lumineux est un outil de l'optique ; même s'il n'est pas possible de l'isoler, il peut être matérialisé par un **segment de droite** surmonté d'une flèche qui indique le sens de propagation du rayon lumineux :



1.2.2 Faisceaux lumineux :

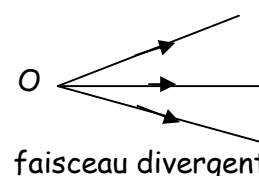
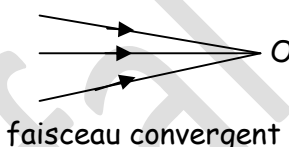
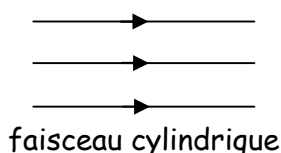
- Définition :

Un faisceau lumineux est un ensemble de rayons lumineux issus d'une source lumineuse.

- Types de faisceaux lumineux :

On distingue trois types de faisceaux lumineux que sont:

- **les faisceaux cylindriques** (ou parallèles) dont les rayons qu'ils contiennent sont parallèles ;
- **les faisceaux convergents** dont tous les rayons qu'ils aboutissent à un même point O ;
- **les faisceaux divergents** dont tous les rayons partent d'un même point O.



2. Vitesse de la lumière :

2.1 Vitesse de la lumière dans le vide :

Dans le **vide**, la vitesse de la lumière, également appelée **célérité** et notée **C**, est constante, sa valeur approchée est : $C \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ou $C \approx 300\,000 \text{ km/s}$

2.2 Vitesse de la lumière dans un milieu transparent:

- Relation :

La lumière dans un milieu transparent se propage à une vitesse constante inférieure à C. Cette vitesse dépend de la densité du milieu de propagation ; elle est donnée par :

$$v = \frac{C}{n}$$

C: célérité
n: constante
: m/s

La constante **n**, grandeur supérieure à 1, est caractéristique du milieu considéré ; on la nomme **indice de réfraction du milieu**.

- Exemples :

Dans le vide, où la lumière ne subit aucune modification, $n = 1$, tandis que $n > 1$ dans tous les autres milieux.

milieu	indice	vitesse de la lumière (km/s)
eau	1,33	225 000
alcool	1,36	221 000
verre	1,50	200 000

On dit qu'un milieu 1 est plus réfringent qu'un milieu 2 si $n_1 > n_2$

3. Exercices d'application :

3.1 Exercice 1:

- Enoncé :

Calculer le temps que met un rayon lumineux émis par le Soleil pour parvenir à la Terre. On donne la distance Terre-Soleil : 149.10^9 m.

- Solution :

Calcul du temps mis par le rayon lumineux émis par le Soleil pour parvenir à la Terre:

$$t = - \quad \text{AN: } \underline{t = 496,666 \text{ s}}$$

3.2 Exercice 2:

- Enoncé :

Calculer l'indice de réfraction d'un milieu dans lequel la lumière se propage à la vitesse de 185 000 km/s.

- Solution :

Calcul de l'indice de réfraction du milieu : = - AN: n = 1,62

3.3 Exercice 3:

- Enoncé :

Calculer la vitesse de la lumière dans l'air dont l'indice de réfraction $n = 1,000 293$ en donnant le résultat à 5 chiffres significatifs. Comparer à la vitesse de la lumière dans le vide.

- Solution :

Calcul de la vitesse de la lumière dans l'air : = - AN: v = 299 912, 12575 km/s.

III. REFLEXION ET REFRACTION DE LA LUMIERE :

Lorsqu'un rayon lumineux se propage dans l'air et atteint la surface d'un plan d'eau alors une partie de la lumière se reflète (**réflexion**) et l'autre partie pénètre dans l'eau (**réfraction**). L'eau et l'air étant considérés comme deux milieux homogènes, les trajectoires des rayons lumineux dans l'un et l'autre sont des lignes droites.

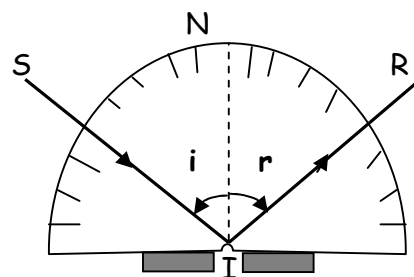
1. La réflexion de la lumière :

1.1 Mise en évidence expérimentale :

- Procédé :

Le dispositif expérimental est formé d'une glace (miroir) perpendiculairement à laquelle est disposé un demi-cercle gradué (voir schéma).

Un laser envoie sur la glace un pinceau lumineux dont la trace sur le demi-cercle est représenté par SI rencontre la glace au point I, puis est renvoyé dans une direction différente dont le rayon est représenté par IR.



Ce phénomène de renvoi de la lumière par une surface plane polie dans une direction privilégiée s'appelle **réflexion de la lumière**.

- Résultats :

- Le rayon réfléchi IR est dans le plan du demi-cercle contenant le rayon incident SI ; ce plan est nommé **plan d'incidence**.
- Quelque soit la direction du rayon incident, les angles d'incidence (i) et de réflexion (r) sont égaux.

1.2 Les lois de la réflexion :

1.2.1 Première loi de Descartes relative à la réflexion :

Le rayon réfléchi est le plan d'incidence (plan contenant le rayon incident).

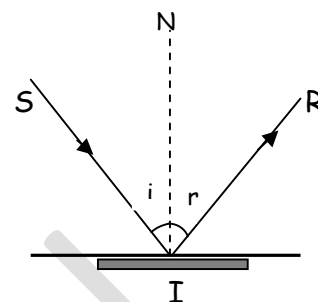
1.2.2 Deuxième loi de Descartes relative à la réflexion :

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

1.2.3 Représentation :

IN : normale au miroir **SI** : rayon incident **IR** : rayon réfléchi
 i : angle d'incidence; c'est l'angle formé par le rayon incident et la normale IN.

r : angle de réflexion; c'est l'angle formé par le rayon réfléchi et la normale IN.



1.3 Exercice d'application : (Bac 2009 - 1^{er} groupe)

• Énoncé :

On dispose de deux miroirs plans (M_1) et (M_2) perpendiculaires. Un rayon lumineux arrive sur (M_1) en un point A comme indiqué sur le croquis ci-contre. Ce rayon fait un angle de 60° avec le miroir (M_1).

a) Quel est l'angle d'incidence du rayon sur le miroir (M_1) ?

b) Soit B le point de rencontre du rayon réfléchi par (M_1) avec le miroir (M_2). Recopier le schéma et représenter le rayon réfléchi par (M_1).

c) Trouver la valeur de l'angle d'incidence sur le miroir (M_2). Représenter le rayon BC réfléchi par le miroir (M_2).

d) Trouver l'angle formé par le rayon incident sur le miroir (M_1) et le rayon réfléchi par le miroir (M_2).

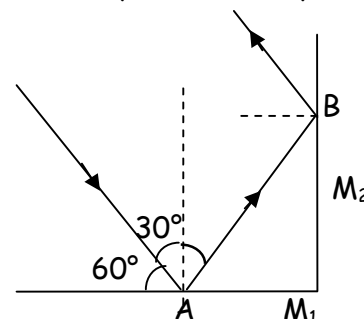
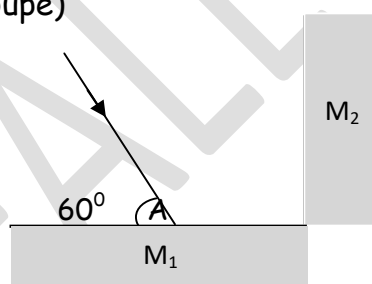
• Solution :

a) Valeur de l'angle d'incidence du rayon sur le miroir (M_1) :

$$i = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

b) Sur le schéma le rayon réfléchi par (M_1) est AB.

d) L'angle formé par le rayon incident sur le miroir (M_1) et le rayon réfléchi par le miroir (M_2) est 0° .



2. La réfraction de la lumière :

Lorsque l'on observe un objet plongé dans l'eau, il est difficile de déterminer son emplacement exact : les rayons lumineux étant déviés lorsqu'ils passent de l'eau à l'air, l'objet semble se trouver plus proche de la surface qu'il ne l'est vraiment. De même, une règle plongée dans un verre d'eau n'apparaît plus très droite lorsqu'on la regarde à travers le verre. Ceci traduit le phénomène de **réfraction** de la lumière.

2.1 Mise en évidence expérimentale :

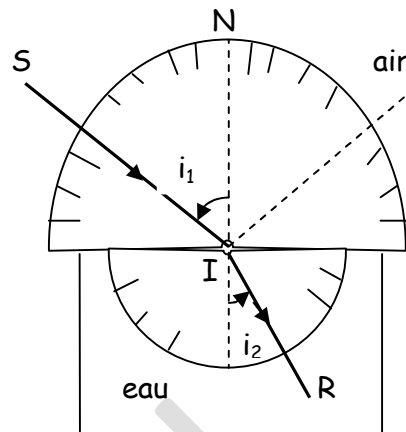
• Procédé :

Le dispositif expérimental est formé de deux rapporteurs convenablement disposés sur une cuve contenant de l'eau. Un pinceau lumineux envoyé, rencontre la surface plane et horizontale de l'eau dans laquelle il pénètre en changeant de direction (voir schéma ci dessous).

Ce phénomène de changement brusque de direction que subit la lumière quand elle traverse la surface de séparation de deux milieux transparents est appelé **réfraction de la lumière**.

• Résultats :

- Le rayon incident SI et le rayon réfracté sont dans le plan d'incidence (plan contenant les deux rapporteurs).
- Le rayon réfracté se rapproche de la normale IN, donc l'angle d'incidence i_1 est inférieur à l'angle de réfraction i_2 .
- Lorsqu'on fait varier i_1 et i_2 , on constate que le rapport de leur sinus demeure constant et est égal au rapport des indices de réfraction relatifs à l'air et l'eau.



2.2 Les lois de la réfraction de la lumière :

2.2.1 Première loi de Descartes relative à la réfraction :

Le rayon réfracté est contenu dans le plan d'incidence.

2.2.2 Deuxième loi de Descartes relative à la réfraction :

L'angle de réfraction est tel que le produit de son sinus par l'indice de réfraction de l'eau est égal au produit du sinus de l'angle d'incidence par l'indice de réfraction de l'air.

Cette formule peut se généraliser à n'importe quels milieux d'indices de réfraction n_1 et n_2 , c'est la loi de **Snell-Descartes** :

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{ou} \quad n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

- n_1 et n_2 sont respectivement les indices de réfraction des milieux 1 et 2
- i_1 et i_2 sont respectivement les angles d'incidence et de réfraction.

2.2.1 Représentation :

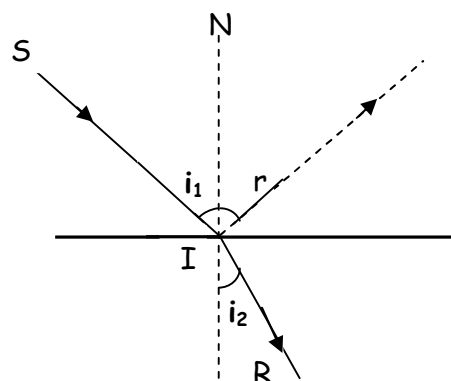
IN : normale au miroir

SI : rayon incident

IR : rayon réfractée

i_1 : angle d'incidence; c'est l'angle formé par le rayon incident et la normale IN.

i_2 : angle de réfraction; c'est l'angle formé par le rayon réfléchi et la normale IN.



2.3 Exercice d'application :

2.3.1 Exercice 1:

• Enoncé :

Un rayon lumineux se propage dans du plexiglas ($n = 1,5$) et sort dans l'air ($n = 1$). On appelle i_1 l'angle d'incidence et i_2 l'angle de réfraction. Compléter le tableau suivant:

i_1	0°	10°	20°	30°	40°
i_2					

• Solution :

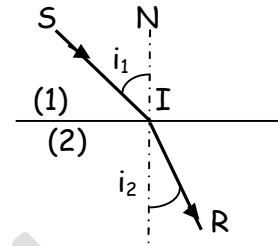
On pose $n_1 = 1,5$ et $n_2 = 1$. D'après la loi de Descartes pour la réfraction, on a $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$; d'où les valeurs consignées dans le tableau suivant :

i_1	0°	10°	20°	30°	40°
$\sin i_2$	0	0,26	0,51	0,75	0,96
i_2	0°	15°	$30,6^\circ$	$48,6^\circ$	$73,7^\circ$

2.3.2 Exercice 2:

- **Enoncé :** (Bac 01 - 1^{er} groupe)

Un rayon lumineux (SI) est brusquement dévié (IR) en traversant la surface de séparation de deux milieux transparents (1) et (2) comme l'indique la figure.



- Comment appelle-t-on ce phénomène ?
- Que représente SI, IR, i_1 et i_2 ?
- Donner la relation entre i_1 , i_2 , n_1 et n_2 sachant que n_1 et n_2 sont respectivement les indices des milieux (1) et (2).
- Calculer i_2 dans le cas où $i_1 = 90^\circ$, $n_1 = 1$ et $n_2 = 1.5$.

- **Solution :**

a) ce phénomène est réfraction de la lumière.

b) Signification de SI, IR, i_1 et i_2 : SI : rayon incident IR : rayon réfractée

i_1 : angle d'incidence; c'est à dire l'angle formé par le rayon incident et la normale IN.

i_2 : angle de réfraction; c'est à dire l'angle formé par le rayon réfléchi et la normale IN.

c) Relation entre i_1 , i_2 , n_1 et n_2 : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

d) Calcul de i_2 dans le cas où $i_1 = 90^\circ$: $\sin i_2 = \frac{1}{n_2} \sin i_1$ AN : $\sin i_2 = 0,66$ d'ou $i_2 = 41,3^\circ$

IV. LA NATURE ONDULATOIRE DE LA LUMIERE :

1. La lumière est un phénomène ondulatoire :

1.1 La diffraction de la lumière :

1.1.1 Mise en évidence expérimentale :

- **Réalisation :**

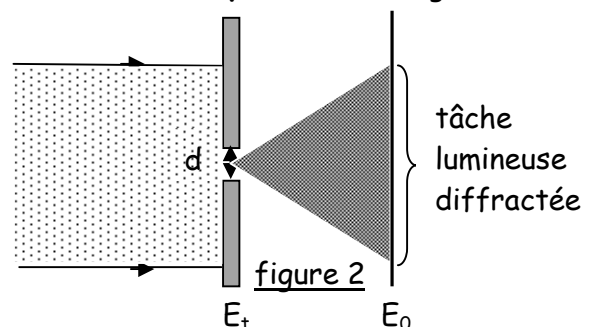
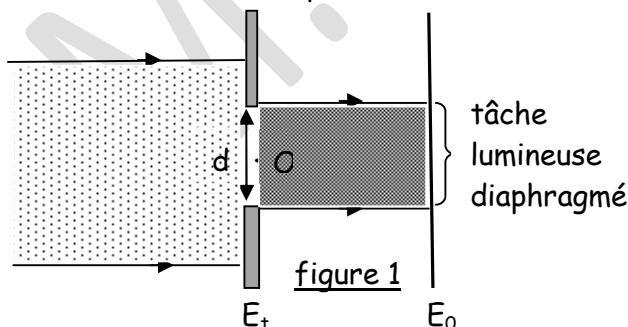
On envoie de la lumière sur un écran percé d'un trou circulaire (E_+), verticale et parallèle à un autre écran d'observation (E_0) qui reçoit le faisceau lumineux.

- **Observations :**

Les ondes rectilignes se propagent de la source S et passent par le trou O. Après passage par O, deux cas peuvent être observés :

- si le trou n'est trop petit alors une tâche de même diamètre que le trou est observée sur l'écran d'observation. On dit que la lumière est diaphragmée par le trou (figure 1);

- si le trou est petit alors on observe une tâche plus large que le trou et bordée d'anneaux sombres et éclairés. Ce phénomène est la diffraction de la lumière par le trou (figure 2).



- **Résultat :**

La diffraction de la lumière par le trou n'est observée que pour trou très petit.

1.1.2 Conclusion sur la diffraction:

Une source de lumière se comporte comme une source ponctuelle envoyant de la lumière dans un cône d'autant plus ouvert que le diamètre du trou est petit. On dit que la lumière subit **diffraction par le trou**.

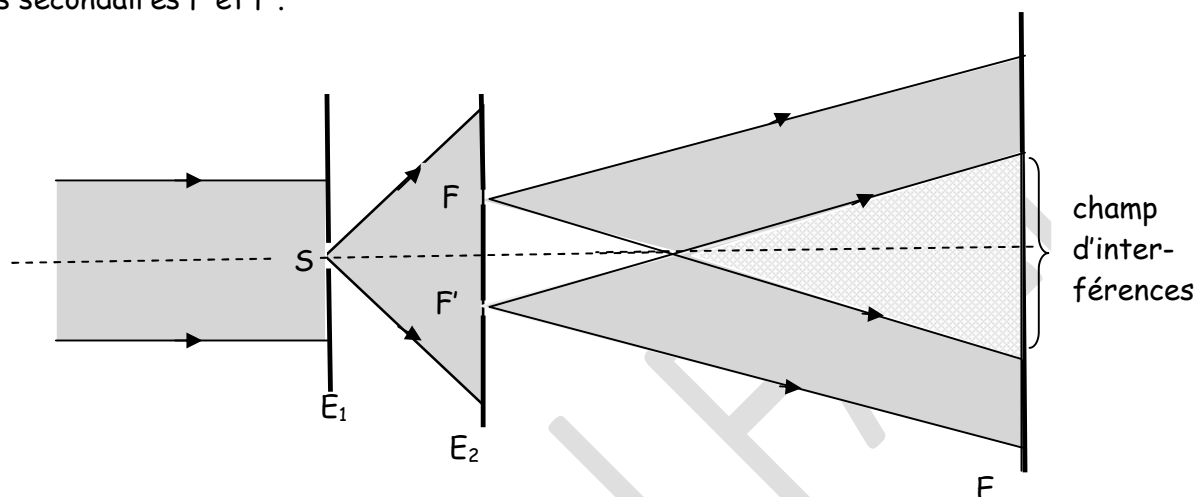
1.2 Les interférences lumineuses :

1.2.1 Mise en évidence expérimentale :

- Dispositif expérimental :

Le Dispositif expérimental dit de Young est constitué :

- d'un écran E_1 , muni d'un trou S qui reçoit un faisceau lumineux monochromatique;
- d'un écran E_2 , muni de deux fentes F et F' , symétriques, séparés par la distance $FF' = a$;
- d'un écran d'observation E , placé à une distance D de E_2 , reçoit la lumière issue des deux sources secondaires F et F' .

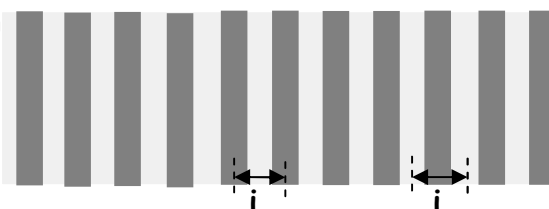


- Réalisation :

On fait superposer deux faisceaux lumineux issus d'une source lumineuse monochromatique. La zone où se superposent les faisceaux lumineux sur l'écran d'observation E , est dite **champ d'interférences**.

- Observation :

Dans le champ d'interférences, on observe des bandes alternativement sombres et brillantes, parallèles aux fentes dites **franges d'interférences**. C'est le phénomène **d'interférences lumineuses**.



- Remarque :

Deux franges sombres (ou brillantes) consécutives sont équidistantes d'une grandeur, noté i , appelée **interfrange** telle que :

$$i = \frac{\lambda D}{a} \quad (\lambda \text{ est longueur d'onde de la radiation monochromatique})$$

1.1.2 Conclusion sur les interférences lumineuses :

Deux **sources lumineuses cohérentes et synchrones** ; c'est-à-dire issues d'une même source monochromatique, se superposent en donnant des **franges d'interférences**. On dit que la lumière subit phénomène **d'interférences lumineuses**.

1.3 Conclusion : la nature ondulatoire de la lumière :

Avec la lumière, on observe les phénomènes de **diffraction** et **d'interférences** «semblables» à ceux notés avec les ondes mécaniques.

Ces résultats amènent à considérer que la **lumière est une onde**. La lumière est une onde qui se propage dans le vide, l'air, l'eau ou certains matériaux dits transparents (comme le verre). Dans le vide, la vitesse de la lumière est égale à environ 300 000 km/s. Mais dans tous les autres milieux, sa vitesse varie en fonction du milieu dans lequel elle se propage.

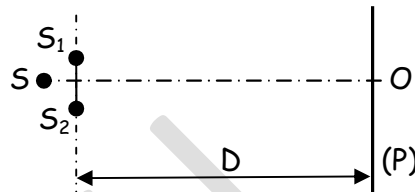
1.4. Exercices d'application : (Bac S - 2007 - 2^{ème} groupe)

- Énoncé :

Le dispositif interférentiel de Young ci-contre permet d'obtenir deux sources lumineuses ponctuelles S_1 et S_2 synchrones et cohérentes par dédoublement d'une source unique S . Les deux sources S_1 et S_2 sont distantes de $a = 1 \text{ mm}$. Le plan (P) de l'écran d'observation, parallèles à S_1S_2 est situé à la distance $D = 1 \text{ m}$ du milieu I de S_1S_2 .

La source S émet une radiation monochromatique de longueur d'onde

a.) Décrire ce que l'on observe sur l'écran (P). Quel caractère de la lumière est ainsi mis en évidence ?



b.) Calculer la longueur d'onde sachant que l'interfrange vaut $i = 0,579 \text{ mm}$.

- Solution :

a) Observation sur l'écran (P) :

Les deux sources lumineuses cohérentes et synchrones ; c'est-à-dire issues d'une même source monochromatique, se superposent en donnant des bandes alternativement sombres et brillantes dites franges d'interférences.

C'est le caractère ondulatoire de la lumière qui est mis en évidence.

b) Calcul de la longueur d'onde :

De l'expression $i = \frac{\lambda D}{a}$, on a la longueur d'onde ; soit : $\lambda = \frac{i a}{D} = 0,579 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

2. Les ondes électromagnétiques :

2.1 Le spectre visible de la lumière :

- La lumière visible :

L'ensemble des longueurs d'ondes que l'œil humain peut percevoir est appelé **lumière visible** (ou domaine visible) ; on parle d'ailleurs de **spectre lumineux** pour cette gamme de longueurs d'onde (400-800 nm).

La lumière se compose de plusieurs **lumières monochromatiques** de longueurs d'onde différentes ; ces ondes sont autant de couleurs différentes (arc en ciel) : du violet (la plus petite des longueurs d'onde de la lumière visible) au rouge (la plus grande), en passant respectivement par l'indigo, le bleu, le vert, le jaune et l'orange.

0,4	0,45	0,5	0,53	0,58	0,6	0,75	()
violet	indigo	bleu	vert	jaune	orange	rouge	

La lumière blanche, c'est-à-dire celle qui nous vient notamment du Soleil, est composée de toutes les couleurs du spectre lumineux. Lorsqu'un objet éclairé en plein jour nous apparaît d'une certaine couleur (rouge par exemple), c'est parce qu'il réfléchit cette couleur et absorbe toutes les autres.

2.2 De part et d'autre du spectre visible :

Au-delà de ces longueurs d'ondes spécifiques, l'onde électromagnétique n'est plus visible

2.2.1 Les radiations ultraviolettes (rayonnement U.V.) :

Expérimentalement, les radiations ultraviolettes sont « vues » au-delà du violet (elles sont invisibles à l'œil humain) grâce à la fluorescence qu'elles produisent. Bien qu'on ne les voit pas, les rayons ultraviolets se font sentir lorsque l'on reste trop longtemps exposé au Soleil (bronzage de la peau par coups de soleil).

2.2.2 Les radiations infrarouges (rayonnement I.R.) :

Expérimentalement, les rayonnements I.R. (invisibles à l'œil humain) sont détectés facilement grâce à leur effet thermique. Les rayonnements I.R. sont situés juste sous la couleur rouge du spectre visible. Plus un corps est chaud, plus il émet des rayonnements I.R ; exemples :

- thermographie pour réaliser une carte de température d'un corps humain ;
- imageur thermique qui permet de voir la nuit (photographie en I.R. sur lesquelles on voit des « corps chauds » qui émettent ces radiations).

2.3 Les rayons X et les rayons γ :

2.3.1 Les rayons X :

Les rayons X présentent des longueurs d'onde dix mille fois plus petites que celle de la lumière (0,1 nm). Ils sont donc extrêmement énergétiques et dangereux à haute dose, mais aussi extrêmement pratiques à faible dose. En effet, ils sont largement utilisés en médecine (ils impressionnent la plaque photographique et provoquent la fluorescence de certaines substances, ce qui permet leur utilisation en radiographie).

Contrairement à la lumière, les rayons X ne sont pas totalement bloqués par la matière, et peuvent donc être utilisés pour localiser des corps étrangers (des balles par exemple) ou certaines maladies (un cancer, des os cassés...) à l'intérieur du corps humain.

2.3.2 Les rayons γ :

Les rayons γ , longueur d'onde 1 pm, sont très pénétrants (les rayonnements les plus énergétiques) et par conséquent les plus dangereux en provoquant des cancers et des irradiations. Ils sont essentiellement produits par des réactions nucléaires. C'est pourquoi les murs protecteurs des réacteurs de centrales nucléaires sont constitués d'une forte épaisseur de béton pour les arrêter.

2.4 Comment peut-on utiliser le spectre électromagnétique ?

Le spectre électromagnétique est très utilisé en astronomie pour l'observation du ciel. En effet, toutes les sources de rayonnements électromagnétiques du ciel sont observées à l'aide de divers télescopes sensibles à une gamme précise de longueurs d'onde : radiotélescopes (pour les ondes radio), télescopes à infrarouges, rayons X et gamma, etc. L'étude des ondes électromagnétiques provenant du cosmos nous permet de connaître la nature chimique des astres (planètes, étoiles, astéroïdes, comètes, etc.) qui nous entourent, et de lever un peu plus le voile sur l'origine de l'Univers.

2.5 Exercice d'application : (Bac S - 1999 - 2^{ème} groupe)

• Énoncé :

- On donne les longueurs d'onde dans le vide λ en nm (480 ; 590 et 660) et une série de couleurs (jaune, bleu et rouge). Associer longueur d'onde dans le vide et couleurs.
- Une lampe à mercure, utilisée pour le bronzage du visage émet une radiation de fréquence égale à $1,18 \cdot 10^{15}$ Hz.

b.1) Calculer sa longueur d'onde dans le vide.

b.2) A quel domaine appartient-elle ? On donne : $400 \text{ nm} \leq \lambda_{\text{visible}} \leq 750 \text{ nm}$

• Solution :

a) Longueur d'onde λ (en nm) dans le vide et couleur: jaune (590), bleu (480) et rouge (660).

b) Lampe à mercure, utilisée pour le bronzage du visage :

b.1) Longueur d'onde dans le vide : $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,18 \cdot 10^{15}} = 2,54 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 254 \text{ nm}$

b.2) La radiation émise a pour longueur d'onde $\lambda = 254 \text{ nm}$; donc elle appartient au domaine du visible.

P₅

ASPECT CORPUSCULAIRE DE LA LUMIERE

DUALITE ONDE-CORPUSCULE

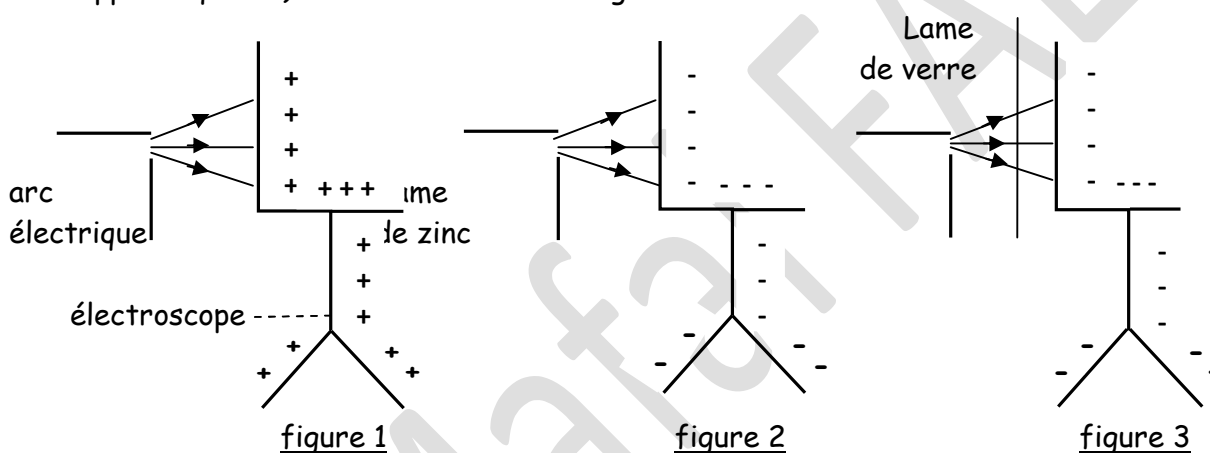
I. LA NATURE CORPUSCULAIRE DE LA LUMIERE :

1. L'effet photoélectrique:

1.1 Mise en évidence expérimentale :

• Procédé :

Une plaque de zinc bien décapée est fixée sur le plateau d'un électroscope. On électrise l'ensemble et on éclaire la lame de zinc avec un arc électrique (ou une lampe de mercure à enveloppe de quartz) comme le montre les figures suivantes :

• Observations :

Lorsque l'électroscope est chargé

- positivement, la divergence des feuilles se maintient, aucun phénomène ne se produit apparemment : l'électroscope conserve sa charge (figure 1);
- négativement, il se décharge (figure 2);
- négativement, mais qu'on interpose sur le trajet des rayons lumineux une lame de verre qui filtre les radiations UV, il conserve sa charge (figure 3).

• Conclusion :

- Les **radiations ultraviolettes** sont capables d'**extraire** de la plaque de zinc des charges négatives qui des **électrons**.
- Le phénomène ainsi mis en évidence n'était pas limité au zinc ; on l'observe pour d'autres métaux soumis à d'autre rayonnement. Il porte le nom d'**effet photoélectrique**.

1.2 Définition :

On appelle effet photoélectrique l'émission d'électrons par un métal sous l'action de radiations lumineuses.

1.3 Lois de l'émission photoélectrique :

D'autres expériences ont permis de montrer que l'**émission photoélectrique est instantanée et ne se produit que si la fréquence de la radiation éclairant le métal est supérieure à une fréquence seuil caractéristique du métal** : $\lambda > \lambda_0$ ou $\lambda < \lambda_0$

λ : longueur d'onde de la radiation lumineuse λ_0 : longueur d'onde caractéristique du métal

2. Interprétation de l'effet photoélectrique :

2.1 Introduction :

Découvert en 1887 par le physicien allemand **Hertz**, l'effet photoélectrique semble bien mystérieux avec son seuil photoélectrique. La théorie ondulatoire de la lumière qui réussit bien pour expliquer certains phénomènes lumineux échoue totalement pour l'effet photoélectrique. Ce n'est qu'en 1905 qu'Albert Einstein donna une explication de ces phénomènes et interpréta les lois de l'émission photoélectrique. En 1921, Einstein reçoit le **prix Nobel** pour ses travaux sur l'effet photoélectrique.

2.2 L'hypothèse d'Einstein :

Albert Einstein formula l'hypothèse que la lumière est constituée de corpuscules qui sont des particules élémentaires possédant une masse et une charge nulle que l'on appelle **photons**. Chaque photon transporte un «grain d'énergie» appelée **quantum d'énergie E** proportionnelle à la fréquence du rayonnement :

$$E = h \nu$$

E: J
ν: Hz
h: J.s

Le coefficient de proportionnalité **h** est la **constante de Planck**; sa valeur est : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

2.3 Interprétation des lois de l'émission photoélectrique :

- Lorsqu'un photon transportant l'énergie $h\nu$ frappe un métal dont l'énergie d'extraction W_0 (énergie qu'il faut fournir pour extraire un électron du métal avec une vitesse nulle) alors l'effet photoélectrique n'est possible que si : $h\nu \geq W_0$ ou $h\nu \leq W_0$

- Dans le cas d'un photon efficace ($E > W_0$), transfert énergétique provoque l'extraction de l'électron et lui communique l'énergie cinétique \mathcal{E}_c :

$$\mathcal{E}_c = h\nu - W_0$$

4. Conclusion : la nature corpusculaire de la lumière :

L'hypothèse d'Einstein qui stipule que la lumière est constituée de corpuscules, conféra à la lumière sa nature ondulatoire.

5. Exercices d'application :

5.1 Exercice 1 :

• Énoncé :

Calculer en J et en eV, l'énergie d'un photon de la lumière visible de longueur d'onde dans le vide égale à 589 nm.

• Solution :

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{AN: } E = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{589 \cdot 10^{-9}} = 0,337 \cdot 10^{-19} \text{ J}; \quad E = 3,37 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \text{ou} \quad E = 2,1 \text{ eV}$$

5.2 Exercice 2 : (Bac 05 - 2^{ème} groupe)

• Énoncé :

L'énergie d'extraction pour le baryum est égale à 2,5 eV.

a) Définir l'énergie d'extraction. Calculer est la longueur d'onde seuil du baryum

b) Avec le baryum, l'effet photoélectrique est-il observé pour :

b.1) une radiation visible de longueur d'onde $\lambda_1 = 0,6 \mu\text{m}$?

b.2) une radiation ultraviolette de longueur d'onde $\lambda_2 = 0,3 \mu\text{m}$?

• Solution :

a) Définition de l'énergie d'extraction (voir cours).

Calcul de la longueur d'onde seuil du baryum : $W_0 = h\nu_0$ AN: $\lambda = 0,4965 \cdot 10^{-7} \text{ m} \approx 0,5 \mu\text{m}$

b) b.1) une radiation visible de longueur d'onde $\lambda > \lambda_0$: pas d'effet photoélectrique

b.2) une radiation ultraviolette de longueur d'onde $\lambda < \lambda_0$: effet photoélectrique

II. DUALITE ONDE-CORPUSCULE :

Les phénomènes de diffraction et d'interférences lumineuses ont permis de montrer que la **lumière est de nature vibratoire** et qu'il s'agit d'une onde électromagnétique caractérisée par sa longueur d'onde .

Au début du XX^e siècle, Albert Einstein remet finalement en question la nature ondulatoire de la lumière par la théorie des «quanta» en considérant que la lumière est constituée de photons. Ceci met en évidence le **caractère corpusculaire de la lumière**.

Dès lors, la conception corpusculaire de la lumière ne s'oppose plus à la conception ondulatoire. Le paradoxe est que ces deux aspects de la lumière, aussi différent, aussi différents soient-ils, sont en réalité indissociables l'un de l'autre pour expliquer les phénomènes observés.

Les deux modèles sont complémentaires l'un de l'autre. En effet le comportement de la lumière, de longueur d'onde , dépend en fait des conditions d'observation :

- lorsque **grande**, c'est l'**aspect vibratoire** qui est mis en évidence ;
- lorsque **petite**, c'est l'**aspect corpusculaire** qui intervient :

L'unification entre les deux aspects repose sur la théorie d'unification de la mécanique ondulatoire du physicien français **Louis de Broglie**.

DOCUMENT 1

ALBERT EINSTEIN

Albert Einstein (1879-1955) est un **physicien américain d'origine allemande**, inventeur de l'une des théories les plus importantes de la physique du XX^e siècle : la théorie de la relativité. Après des études médiocres, Einstein occupe un emploi d'ingénieur à Zurich (Suisse).

En 1905, à l'âge de 26 ans, il obtient son doctorat de physique et révolutionne la physique avec la publication de ses découvertes sur l'**effet photoélectrique**, l'**équivalence matière-énergie** et la **relativité restreinte** fondée sur deux postulats :

- la relativité : toutes les lois de la physique sont similaires dans tous les repères inertiels ;
- l'invariance de la vitesse de la lumière dans le vide (environ 300 000 km/s).

En 1916, Einstein publie sa théorie de la relativité générale, qui englobe les lois de la relativité restreinte et les lois de la gravitation d'**Isaac Newton**. L'année suivante, il applique sa nouvelle théorie à la cosmologie (science de l'univers) et propose un modèle d'Univers statique. Mais en 1929, Edwin Hubble démontre que l'Univers est en expansion.

En 1921, Einstein reçoit le **prix Nobel** pour ses travaux sur l'effet photoélectrique. Son hypothèse corpusculaire de la lumière ne sera confirmée que 18 ans plus tard par le physicien américain **Arthur Compton**.

Dès les années 1920, Einstein est un savant respecté, mais aussi un véritable héros populaire.

En 1933, Hitler prend le pouvoir, et Albert Einstein quitte l'Allemagne. Après un passage par Paris et la Belgique, il accepte un poste de professeur à l'université de Princeton (États-Unis).

En 1939, il écrit au président américain Franklin D. Roosevelt pour lui demander de lancer un programme de recherche sur l'énergie nucléaire, afin de ne pas laisser l'Allemagne nazie prendre de l'avance dans ce domaine (ce programme prendra le nom de **projet Manhattan**). Il ne fait cependant pas partie de l'équipe qui fabrique la **première bombe atomique**.

En 1945, il réécrit au président américain pour tenter de le convaincre de ne pas utiliser cette arme. Lui qui est à l'origine de la **physique nucléaire**, il luttera jusqu'à sa mort contre la prolifération des armes atomiques. Au-delà de la portée de ses travaux, qui sont à l'origine de la physique contemporaine, sa personnalité marginale et ses engagements politiques en ont fait un personnage mythique du XX^e siècle.

La lumière est-elle vraiment constituée de particules, comme le pensaient les savants de l'Antiquité ?

Au XVII^e siècle, **Isaac Newton** le croit. Selon lui, cette conception permet notamment d'expliquer très simplement les phénomènes de « rebond » (la réflexion) et de propagation rectiligne de la lumière. C'est la théorie corpusculaire de la lumière.

En 1666, Newton décompose pour la première fois la lumière blanche (c'est-à-dire celle du Soleil) en différentes couleurs à l'aide d'un prisme. Il observe alors, sans pouvoir l'expliquer, que deux rayons lumineux de couleurs différentes sont réfractés (déviés) de façons différentes. Pourquoi et comment des particules de lumière agiraient-elles de cette façon ?

René Descartes et **Christiaan Huygens** pensent plutôt que la lumière est une onde qui se propage à travers une substance immatérielle et invisible : l'éther. Selon eux, ce sont les caractéristiques de l'éther qui déterminent à la fois la couleur et le comportement de la lumière.

En 1801, **Thomas Young** perce deux trous dans une plaque opaque. En éclairant l'un des côtés de la plaque, il observe sur un écran placé de l'autre côté une série de franges, alternativement sombres et brillantes : les franges d'interférences. Le phénomène d'interférences lumineuses peut être expliqué en considérant que la lumière se comporte comme une onde. C'est donc la théorie ondulatoire de la lumière qui s'impose au début du XIX^e siècle.

La lumière se comporte comme une onde ...

Lorsqu'un élastique est tendu entre deux points et qu'une impulsion (un choc par exemple) est donnée à l'une des extrémités, une déformation sinuuse progresse d'un bout à l'autre de l'élastique et en affecte successivement tous les points : c'est une onde progressive.

De façon générale, une onde progressive se caractérise par sa direction et sa vitesse de propagation, son intensité et sa fréquence. La longueur d'onde (λ) est égale à la distance qui sépare deux crêtes ou deux creux. La fréquence (ν), la longueur d'onde (λ) et la vitesse de propagation de l'onde (v) sont liées par la formule : $v = \lambda \times \nu$

À la fin du XIX^e siècle, **James Maxwell** puis **Heinrich Hertz** établissent la nature électromagnétique de la lumière : de même que les ondes radios ou les rayons X, la lumière est une onde électromagnétique, créée par des variations dans le temps et l'espace des champs électriques et magnétiques.

La lumière blanche, comme celle du Soleil, est composée de plusieurs ondes aux différentes longueurs d'onde, que l'œil humain perçoit comme différentes couleurs : du violet (les plus petites longueurs d'onde) au rouge (les plus grandes).

... mais aussi comme un ensemble de particules

Au début du XX^e siècle, **Albert Einstein** remet finalement en question la nature ondulatoire de la lumière en imaginant l'existence de très petites particules de lumière qu'il appelle photons. Les photons n'ont pas de masse ni de charges électriques, mais ils possèdent une énergie qui dépend de leur longueur d'onde.

Dès lors, la conception corpusculaire de la lumière ne s'oppose plus à la conception ondulatoire. Les deux modèles sont complémentaires : la lumière se comporte à la fois comme une onde et comme un ensemble de particules ; le comportement de la lumière dépend en fait des conditions d'observation.

Document extrait d'Encarta Junior

CHIMIE

I. PRESENTATION :**1. Généralités :****1.1 Quelques définitions :****1.1.1 Matières plastiques :**

Les matières plastiques, aussi appelées **plastiques** ou **polymères**, sont des matériaux organiques synthétiques formés de **macromolécules**, pour la plupart des **dérivés du pétrole**.

1.1.2 Polymères :

Un polymère est une molécule engendrée par la répétition d'une petite unité structurale appelée **motif**.

1.1.3 Degré de polymérisation :

Le degré de polymérisation (ou indice de polymérisation), noté **n**, est le nombre moyen de motifs que comporte un polymère.

1.2. Remarques :• **Macromolécules :**

Une macromolécule (ou haut polymère) est un polymère dont la valeur de **n** est supérieure à la centaine.

• **Obtention :**

Principalement, les plastiques sont obtenues par réaction de polymérisation, notamment par réaction de polyaddition

2. Classification des plastiques :

Selon leur structure, les plastiques sont plus ou moins déformables à chaud, ce qui conduit à les classer en deux grandes catégories :

- les **plastiques thermoplastiques** qui, sous l'action de la chaleur, se ramollissent, puis fondent ; exemples : sachet en plastique ;
- les **plastiques thermodurcissables** qui, sous l'action de la chaleur, se durcissent de manière irréversible, puis fondent ; exemples : boule de pétanque en plastique ;

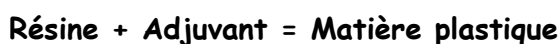
On peut aussi noter une autre catégorie de plastiques que sont les **élastomères** qui, à froid, peuvent subir une déformation sous l'action d'une contrainte mécanique et retrouvent leur forme dès que cesse cette contrainte.

3. Qualités des matières plastiques :

Les polymères sont rarement utilisables en l'état pur, leurs propriétés chimiques, mécaniques ou thermiques n'étant pas assez bonnes. Ainsi pour rendre spécifiques les qualités des polymères en adaptation au besoin, on y incorpore, avant leur mise en forme des **adjuvants** tels que :

- des **lubrifiants**, pour faciliter le moulage ;
- des **plastifiants**, pour améliorer la souplesse ;
- des **charges** (calcaire, farine de bois, ...), pour augmenter la dureté et la résistance au choc.

D'une manière générale, la fabrication des plastiques repose sur le principe suivant :



II. PLASTIQUES OBTENUS PAR POLYADDITION :

1. La réaction de polyaddition :

Une matière plastique ou **polymère** résulte d'une réaction de polymérisation telle que la réaction de **polyaddition**.

1.1 Définition :

La polyaddition consiste en l'addition, les unes à la suite des autres, d'un grand nombre de molécules identiques appelées **monomères**.

1.2 Les monomères :

1.2.1 Définition :

Un monomère est un composé insaturé comportant au moins une double liaison C-C.

1.2.2 Exemples :

Souvent, on utilise les monomères dits **dérivés vinyliques** notés $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{X}$ suivants :

éthylène	propène	chlorure de vinyle	styrène	acide acrylique	acétate de vinyle
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CO}_2\text{H}$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{OCOCH}_3$

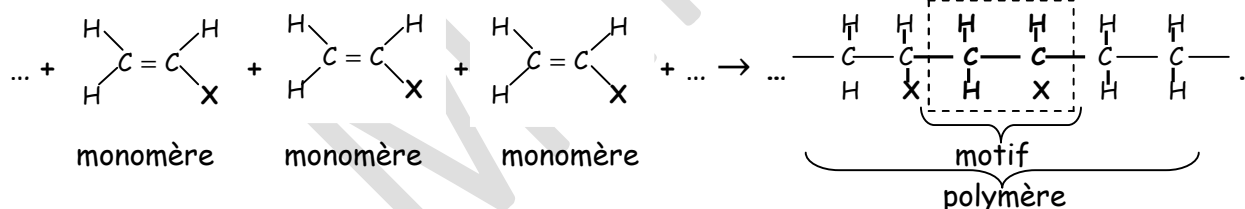
1.3 Equation-bilan de la polyaddition :

1.3.1 Principe :

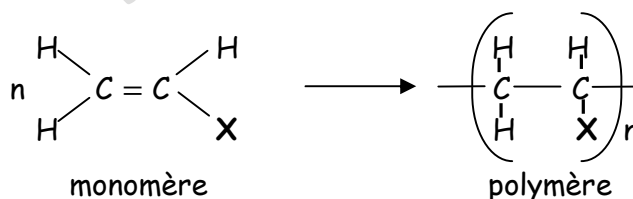
Lors de la polyaddition, il y a ouverture des doubles liaisons des monomères et formation de liaisons simples entre les atomes de carbone qui passent ainsi d'une structure trigonale à une tétraédrique.

1.3.2 Equation-bilan de polyaddition de dérivés vinyliques :

L'équation-bilan de la réaction de polyaddition d'un dérivé vinylique s'écrit :



Plus simplement, on représente l'équation-bilan de cette polymérisation par :



1.3.3 Remarques :

La **formule du polymère** s'écrit $\left(\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ | & | \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ | & | \\ \text{H} & \text{X} \end{array} \right)_n$ où $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ | & | \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ | & | \\ \text{H} & \text{X} \end{array}$ est son motif et n son degré de polymérisation.

Le monomère et le motif ont les mêmes compositions massique et molaire ; il vient :

$$M_p = n \cdot M_m$$

où M_m la masse molaire du monomère et M_p est la masse molaire du polymère et n son degré de polymérisation. On précise que le degré de polymérisation (n) n'a pas d'unité.

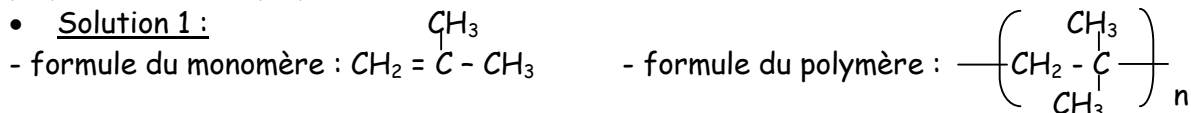
1.4 Exercice d'application :

1.4.1 Exercice 1 :

• Enoncé 1 :

Le polyisobuthylène, obtenu par polyaddition du méthylpropène, a pour masse molaire moyenne 1 000 000 g/mol. Ecrire les formules du monomère et du polymère. Calculer le degré de polymérisation du polymère.

• Solution 1 :



- Calcul du degré de polymérisation du polymère :

On sait que $M_p = n.M_m$; il vient : $\quad = \quad$

avec $M_m = 4M(\text{C}) + 8M(\text{H}) = 56 \text{ g/mol}$ et $M_p = 1\,000\,000 \text{ g/mol}$ AN : $n = 14\,857$

1.4.2 Exercice 2 :

• Enoncé 2 :

Le chlorotrifluoroéthylène se polymérise pour donner le polychlorotrifluorure d'éthylène (appelé Kel-F), utilisé pour sa remarquable résistance aux agents chimiques.

a) Sachant que le chlorotrifluoroéthylène a pour formule $\text{CF}_2 = \text{CFCl}$, écrire l'équation-bilan de la polymérisation.

b) Quelle est la masse molaire moyenne d'un polychlorotrifluorure d'éthylène dont l'indice de polymérisation est $n = 1500$. On donne la masse molaire du motif $M_m = 116,5 \text{ g.mol}^{-1}$.

• Solution 2 :

a) Equation-bilan de la polymérisation du chlorotrifluoroéthylène : $\text{CF}_2 = \text{CFCl}$



b) Masse molaire moyenne d'un Kel-F :

On a : $M_p = n.M_m$ AN: $M_p = (1500 \times 116,5) \text{ g.mol}^{-1}$ $M_p = 174\,750 \text{ g.mol}^{-1}$

1.4.3 Exercice 3 :

• Enoncé 3 :

On réalise l'analyse d'un polymère obtenu par polyaddition. On constate qu'il contient, en masse, 73,2% de chlore, 24,8% de carbone et 2% d'hydrogène.

a) Quelle est la composition en masse du monomère M ?

b) Le polymère a une masse molaire moyenne de $121\,000 \text{ g.mol}^{-1}$ et un degré de polymérisation moyen de 1250. Donner la formule brute de M.

c) Indiquer toutes les formules développées possibles pour M.

d) Donner, dans chaque cas, le motif et le nom du polymère.

• Enoncé 3 :

a) Le monomère M a la même composition en masse que le polymère d'où la même composition en masse du monomère M : Cl : 73,2%, C : 24,8% et H : 2%.

b) Formule brute du monomère M :

- Masse molaire du monomère : $M_m = M_p/n$; $M_m = 96,8 \text{ g/mol}$.

- Soit $\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_z$ la formule du monomère. L'utilisation de la relation de proportionnalité donne :

$$\frac{x}{12} = \frac{y}{1} = \frac{z}{35,5} = \frac{96,8}{12 + y + 35,5z}$$

On obtient : $x = 2$; $y = 2$ et $z = 2$; d'où la formule brute du monomère M : $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$

2. Propriétés et usages des principales matières plastiques :

monomère	polymère	propriétés	Principaux usages
éthylène $CH_2=CH_2$	polyéthylène (PE) $\left(CH_2 - CH_2 \right)_n$	Thermoplastique, translucide en film, souple et résistant aux rayons X.	<ul style="list-style-type: none"> • PEbd (polyéthylène basse densité) : <ul style="list-style-type: none"> - films agricoles. - bouteilles, pots, jouets. - tuyaux souples, isolation câbles électriques. - coques des bateaux, planches de voile. • PEhd (polyéthylène haute densité) : <ul style="list-style-type: none"> - corps creux pour embouteillages rigides. - fosse septiques, fûts industriels.
propène $CH_2=CH - CH_3$	polypropène (PP) $\left(CH_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right)_n$	Thermoplastique, faible densité, rigide, très peu perméable à l'eau, résistant aux températures élevées et aux chocs.	<ul style="list-style-type: none"> - coque de valise. - mobilier de jardin. - pare-chocs de voiture. - seringues, flacons, prothèses. - vaisselles pour micro-onde.
chlorure de vinyle $CH_2=CH - Cl$	polychlorure de vinyle (PVC) $\left(CH_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} \right)_n$	Thermoplastique, souple ou rigide, opaque ou translucide.	<ul style="list-style-type: none"> • PVC rigide : <ul style="list-style-type: none"> - tuyaux d'alimentation et d'évacuation d'eau. - tableau de bord d'automobile. • PVC souple : <ul style="list-style-type: none"> - tuyaux d'arrosage - ficelles, cordes, lacets. - bouteille d'eau minérale.
styrène $CH_2=CH - C_6H_5$	polystyrène (PS) $\left(CH_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right)_n$	Thermoplastique, bonnes propriétés optiques.	<ul style="list-style-type: none"> • PS cristal : <ul style="list-style-type: none"> - boîtiers de Tv, de radio, de caméra. - casiers de réfrigérateur. - pots de yaourts. • PS expansé : <ul style="list-style-type: none"> - plaques pour isolation thermique et phonique. - emballage protecteur.
méthacrylate de méthyle $CH_2=C \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{O} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{O} \end{matrix}$	polyméthacrylate de méthyle (PMMA) ou Plexiglas® $\left(CH_2 - \underset{\text{CO}_2\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} \right)_n$	Thermoplastique, transparent, excellentes propriétés optiques.	<ul style="list-style-type: none"> - plaques transparentes pour verrières, hublots, phares, enseignes. - lentilles de contact, cristallins artificiels.
acétate de vinyle $CH_2=C \begin{matrix} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{O} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{O} \end{matrix}$	polyacétate de vinyle $\left(CH_2 - \underset{\text{CO}_2\text{CH}_3}{\overset{\text{H}}{\text{C}}} \right)_n$	Thermoplastique, brillant.	<ul style="list-style-type: none"> - latex qui rend les peintures brillantes et dures.
tétrafluoroéthylène $CF_2=CF_2$	polytétrafluoroéthylène $\left(CF_2 - CF_2 \right)_n$	Excellente résistance à la chaleur.	<ul style="list-style-type: none"> - revêtement des poêles et casseroles

3. Tests de reconnaissance de quelques plastiques :

3.1 Test de chauffage : les plastiques thermoplastiques ou thermodurcissables

- Procédé :
- On chauffe un agitateur en verre puis on le pose sur le plastique à tester.
- Résultat :

Si l'échantillon de plastique à tester fond alors il est thermoplastique ; sinon il est thermodurcissable.

3.2 Tests de pyrolyse et d'inflammabilité : les plastiques sont des composés organiques

3.2.1 Test de pyrolyse :

- Procédé :
- On chauffe dans un tube à essai l'échantillon de plastique à tester.
- Résultat :
- Il y a apparition d'une fumée noire qui atteste le plastique contient du carbone.

3.2.2 Test d'inflammabilité :

- Procédé : On réalise la combustion du plastique.
- Résultat :

Le gaz, identifiable grâce à l'eau de chaux, est du dioxyde de carbone.

3.2.3 Remarque :

Pour les deux tests de pyrolyse et d'inflammabilité, il est déconseillé de les réaliser lorsqu'on ne connaît pas la nature du plastique à tester. En effet, par chauffage, certains plastiques émettent des gaz toxiques tels que HCl, HCN, SO₂, ...

3.3 Test densité : les plastiques sont des matériaux peu denses

Ce test sert à reconnaître le PE ou le PP, seuls plastiques de densités inférieures à 1, donc ils flottent à la surface de l'eau.

- Procédé :
- Dans un bécher, versons 100 mL d'eau, ajoutons quelques gouttes de détergent, puis immergeons des échantillons de quelques centimètres carrés de divers plastiques.

- Résultat :
- Seuls les échantillons de **PE** et de **PP** flottent à la surface de l'eau.

- Remarque :
- Si progressivement on ajoute du chlorure de sodium en poudre (5g par 5g) tout en agitant alors les échantillons remontent à la surface les uns après les autres.

Les résultats expérimentaux ont permis d'établir le classement des plastiques selon leur densité ; on obtient suivant : $d(\text{PP}) \approx d(\text{PE}) < 1 < d(\text{PS}) < d(\text{PMMA}) < d(\text{PVC})$

3.4 Test de Belstein : les plastiques chlorés comme le PVC

- Procédé :
- Préalablement décapé, un fil de cuivre est porté au rouge dans la flamme d'un bec bunsen.
 - Puis le fil est mis en contact avec l'échantillon de plastique à tester ; une petite quantité de matière y est prélevée par fusion.
 - En suite, le fil est réintroduit dans la flamme avec le plastique prélevé.

- Résultat :
- Si le plastique contient du chlore, comme le **PVC**, alors la flamme se colore en vert.

- Remarque :
- Avant de réintroduire le fil de cuivre pour tester un autre plastique, il faut attendre la disparition de la coloration verte.

3.5 Test de solvant : les plastiques résistants à quelques solvants

- Procédé :

- Dans un tube à essai contenant environ 3 ml d'acétone, on ajoute un petit morceau de plastique à tester.
- Le tube bouché est agité pendant quelques minutes dans un bécher d'eau tiède (vers 40°).
- Filtrons le mélange en laissant s'écouler le filtrat dans 3 mL d'un mélange (eau-alcool) placé dans un autre tube à essai.

- Résultat :

S'il apparaît un précipité ou un trouble donc le plastique était soluble dans le solvant initial (acétone), c'est le cas du **PS**.

- Remarque :

Le test de solvant doit être réalisé loin de toute flamme car l'acétone est très inflammable.

3.6 Exercices d'application :

3.6.1 Exercice 1 :

- Énoncé 1 :

On a déterminé expérimentalement le degré de polymérisation et la masse molaire moyenne d'un composé de polymérisation ; on a trouvé $n = 1500$ et $M = 93,75$ kg/mol. Par ailleurs, l'analyse élémentaire du polymère conduit à la composition centésimale massique suivante :
% C = 38,4% ; % H = 4,80% ; % Cl = 56,8%.

a) Montrer que ces résultats permettent de déterminer la formule du monomère.

b) Ecrire l'équation-bilan de la polymérisation.

c) De quel polymère s'agit-il ? Quels sont la formule et le nom du polymère.

d) Quel test permet-il de l'identifier ? Décrire brièvement ce test.

- Solution 1 :

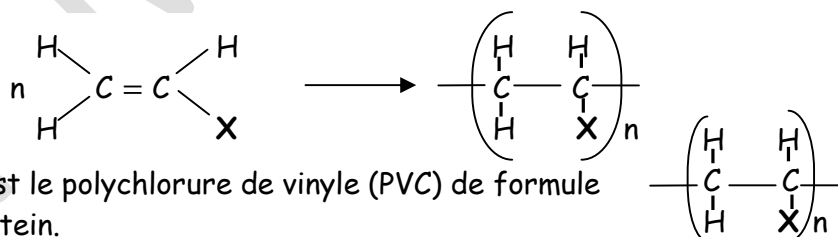
a) Formule brute du monomère :

- Masse molaire du monomère : $M_m = M/n$; $M_m = 63,83$ g/mol.

- Soit $C_xH_yCl_z$ la formule du monomère ; on a : $\frac{x}{12} = \frac{y}{1} = \frac{z}{35,5} = \frac{63,83}{100}$.

On obtient : $x = 2$; $y = 3$ et $z = 1$; d'où la formule brute du monomère M : C_2H_3Cl

b) Equation-bilan de la polymérisation :



d) C'est le test de Belstein.

Un fil porté au rouge dans la flamme d'un bec bunsen, est mis en contact avec l'échantillon de plastique à tester ; une petite quantité de matière y est prélevée par fusion. En suite, le fil est réintroduit dans la flamme avec le plastique prélevé. Si la flamme se colore en vert alors le plastique contient du chlore, comme le **PVC**.

3.6.2 Exercice 2 :

Un élève de la classe de Terminale L₂ veut savoir de quel plastique est fait le corps de son stylo. Sachant que celui-ci est en PE ou PVC.

a) Donner la signification des abréviations PE et PVC.

b) Quels sont les deux tests qu'il doit faire pour le savoir ? Décrire ces deux tests.

c) Donner deux exemples d'objets en plastique de même nature que le corps du stylo de l'élève

III. L'ENVIRONNEMENT ET LES MATIERES PLASTIQUES :

1. Introduction :

Fabriquées depuis seulement un siècle, les matières plastiques prennent une grande place dans notre vie quotidienne car elles sont très variées et très diversement utilisées. L'optimisation de l'utilisation des plastiques réside sur leurs principaux avantages et qualités ; ce sont des matières :

- légères, déformables, résistantes, rigides, souples, malléables, ...
- isolantes électriques et thermiques,
- à longue durée de vie et de faible dégradabilité.

Mais les principaux avantages des plastiques deviennent des inconvénients après usages. Légers, ils sont facilement emportés par le vent et ils peuvent s'accumuler sans se détruire et donner lieu à des pollutions relativement durables. Donc, il faut une bonne gestion des déchets plastiques dont les principaux modes d'élimination sont l'incinération et le recyclage.

2. L'incinération des plastiques :

De nombreuses matières plastiques sont brûlées dans des usines de traitement de déchets. Cette incinération permet d'économiser de l'énergie pour la production d'électricité.

Cependant, l'incinération de certains plastiques produit des gaz polluants et des substances toxiques (dioxines). Il faut donc traiter les produits de combustion pour que des gaz polluants ne soient pas rejetés dans l'atmosphère. Dans tous les cas, l'usine d'incinération rejette de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone qui sont des gaz à effet de serre.

3. Le recyclage :

La majorité des plastiques est recyclable parait donc être la solution la mieux adaptée. Le traitement varie selon l'origine et la nature des déchets plastiques ; on distingue :

- le recyclage thermique qui concerne les déchets plastiques mélangés et non triés ;
- le recyclage chimique qui s'opère sur les déchets plastiques triés et traités chimiquement par pyrolyse (déchets de PS) ou par dépolymérisation (déchets de Plexiglas) ;
- le recyclage matière
 - qui utilise les déchets plastiques thermoplastiques qui, après tri, sont fondus et remis en forme pour une nouvelle utilisation ;
 - qui utilise les déchets plastiques thermodurcissables qui, après broyage, servent de charge pour de nouveaux plastiques.

IV. CONCLUSION :

La réduction des déchets plastiques est le dernier enjeu ainsi que la contribution pour un environnement sain pour tous. Ainsi, pour une meilleure gestion des plastiques, des recherches ont été entreprises pour mettre en œuvre des polymères dégradables et biodégradables.

- La dégradation est un processus où de très grosses molécules se fragmentent en de plus petites. Pour se faire, de l'oxygène est incorporé dans les fragments moléculaires et la dégradation oxydante peut être initiée par la chaleur.

- La biodégradation est le processus par lequel les microorganismes (bactéries ou algues) convertissent les matériaux en gaz carbonique, eau et biomasse. Des charges biodégradables (amidon de maïs) sont incorporées pour obtenir de tels plastiques.

En définitive, les techniques de synthèses utilisées ont jusqu'ici mis en œuvre des plastiques qui n'ont pas encore une dégradabilité suffisante pour apporter une solution efficace au problème de leur élimination.

I. LES TEXTILES ARTIFICIELS :

1. Origine :

Les textiles artificiels sont fabriqués à partir de produits naturels, principalement la cellulose qui est une substance macromoléculaire du groupe des glucides, de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$. La cellulose est caractéristique de la membrane des cellules végétales ; elle peut être extraite de la perte de bois, des déchets de coton ou des protéines d'arachide.

2. Procédé de fabrication des textiles artificiels :

Le procédé de fabrication des textiles artificiels se résume en trois étapes :

- 1^{ère} étape : on fait dissoudre la cellulose ou un de ses dérivés dans un solvant pour obtenir des solutions d'une viscosité convenable ; à la suite du procédé,
- 2^{ème} étape : on fait passer la solution dans les filières, plaques percées de trous calibrés ;
- 3^{ème} étape : à la sortie des filières, évaporer ou détruire chimiquement le solvant afin de reconstituer la cellulose ou un dérivé sous forme de fils.

3. Exemple de textile artificiel : la viscose

La **viscose** est un textile artificiel qui dérive de la cellulose régénérée chimiquement à partir de pâte de bois. Elle existe sous deux formes : la **rayonne** (fils ou fibres longs) et la **fibranne** (fils ou fibres courts).

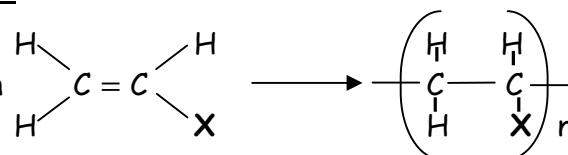
II. LES TEXTILES SYNTHETIQUES :

Le procédé de fabrication des textiles synthétiques fait appel à l'une des deux types de réactions que sont la polymérisation ou la polycondensation.

1. Textiles synthétiques obtenus par polymérisation :

1.1 Principe de la polymérisation :

La polymérisation utilisée par le procédé de fabrication des textiles synthétiques, repose sur le principe identique à celui déjà étudié avec les plastiques ; soit :

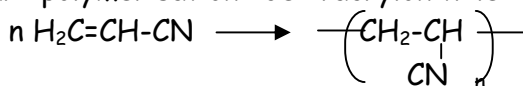


1.2 Exemples :

1.2.1 Le polyacrylonitrile (PAN) :

• Obtention du PAN:

Le PAN s'obtient par polymérisation de l'acrylonitrile de formule $H_2C=CH-CN$, selon l'équation :

• Un exemple de fibre de PAN : l'Orlon®

Le PAN $\left(\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH} \\ | \\ \text{CN} \end{array} \right)_n$ se décompose avant sa fusion à température supérieure à 200°C et on

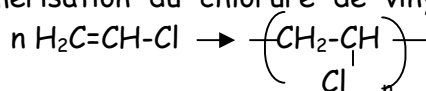
doit le filer en solution dans un solvant dans un solvant $\left(\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{N} \\ | \quad | \\ \text{O} \quad \text{CH}_3 \end{array} \right)$; on obtient une fibre textile appelée **orlon**.

Les polyacrylonitriles ont une faible résistance à l'usure. Cependant, ils sont les plus agréables au toucher des fibres synthétiques.

1.2.2 Le polychlorure de vinyle (PVC) :

- Obtention du PVC:

Le PVC s'obtient par polymérisation du chlorure de vinyle de formule $H_2C=CH-Cl$, selon l'équation :



- Un exemple de fibre de PVC : le Rhovyl ®

Outre ses propriétés thermoplastique, le PVC peut être filé tout seule et obtient la fibre textile appelée **Rhovyl ®**

2. Textiles synthétiques obtenus par polycondensation :

2.1 Principe de la polycondensation :

Une polycondensation est une réaction au cours de laquelle un grand nombre de molécules s'unissent par des liaisons qui se forment lors de réactions entre deux groupes portés par des molécules identiques (ou différentes).

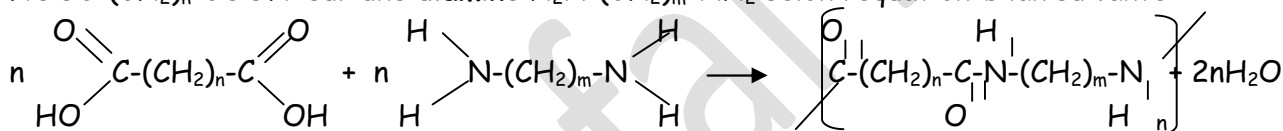
2.2 Exemples :

Les réactions de polycondensation s'accompagnent souvent de l'élimination de petites molécules (HCl ou H_2O). Ces réactions permettent d'obtenir les polyamides ou les polyesters.

2.2.1 Les polyamides :

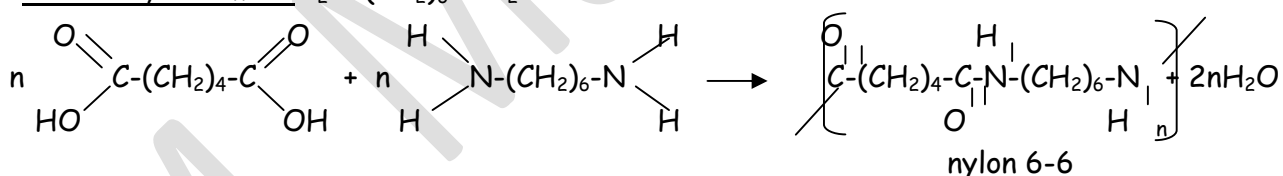
- Obtention des polyamides :

Les **polyamides** s'obtiennent par polycondensation en faisant réagir un **diacide carboxylique** $HOOC-(CH_2)_n-COOH$ sur une **diamine** $H_2N-(CH_2)_m-NH_2$ selon l'équation-bilan suivante :



- Un exemple de polyamide : le nylon 6-6 ®

Le **nylon 6-6 ®** (noté P.A. 6-6) est un polyamide. Il est le plus utilisé des polyamides ; on le fabrique industriellement en faisant réagir l'acide hexanedioïque $HOOC-(CH_2)_4-COOH$ et l'hexane-1,6-diamine $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$:



Le nylon 6-6 ® est un solide blanc thermoplastique, insoluble dans les solvants organiques. Il est sensible à l'action de la lumière solaire qui provoque des variations de sa couleur.

2.2.2 Les polyesters :

- Obtention des polyesters :

Les **polyesters** s'obtiennent par polycondensation en faisant réagir un **diacide carboxylique** $HOOC-(CH_2)_n-COOH$ sur une **dialcool** $HO-(CH_2)_m-OH$.

- Un exemple de polyester : le Tergal ®

Le **Tergal ®** (en France) ou le **Dacron ®** (aux Etats Unis) est un polyester : le polytéréphtalate d'éthylène (PET).

On le fabrique industriellement par polycondensation de l'acide téréphtalique $HOOC-C_6H_4-COOH$ et de l'éthane-1,2-diol $HO-(CH_2)_2-OH$.

Le Tergal ® est un polyester thermoplastique qui possède une bonne résistance aux frottements ; il sèche bien et est sensible à la lumière solaire.

3. Exercices d'application :

3.1 Exercice 1 :

• Enoncé 1 :

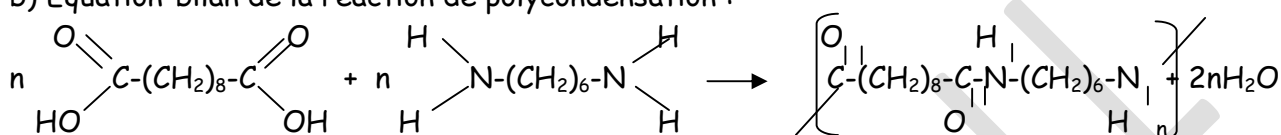
Soient deux composés A et B : A est un diacide carboxylique à chaîne linéaire, de formule $C_{10}H_{18}O_4$ et B est l'hexane-1,6-diamine.

- Ecrire les formules semi-développées des composés A et B.
- Ecrire l'équation-bilan de la réaction de polycondensation.

• Solution 1 :

a) Formules semi-développées de A et B : A : $HOOC-(CH_2)_8-COOH$ et B : $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$

b) Equation-bilan de la réaction de polycondensation :



3.2 Exercice 2 :

• Enoncé 2 :

Le nylon 4-6 est obtenu par polycondensation de l'acide hexanedioïque et de la butane-1,6-diamine.

- Ecrire les formules semi-développées de ces deux composés.
- En déduire le motif du nylon 4-6. Justifier son abréviation normalisée P.A. 4-6.

• Solution 2 :

a) Formules semi-développées des composés :

- acide hexanedioïque: $HOOC-(CH_2)_4-COOH$ - butane-1,6-diamine: $H_2N-(CH_2)_4-NH_2$

b) Motif du nylon 4-6 :

$$\left[\begin{array}{c} O & & H \\ | & & | \\ C-(CH_2)_4-C-N-(CH_2)_4-N \\ | & & | \\ O & & H \end{array} \right]_n$$

Justification de l'abréviation normalisée P.A. 4-6 : l'abréviation normalisée P.A. 4-6 signifie un polyamide qui résulte d'une diamine à 4 atomes de carbone et d'un diacide à 6 atomes de carbone.

3.3 Exercice 3 :

• Enoncé 3 :

Le polyacrylonitrile (PAN) a pour formule $-(CH_2-CH)_n-$ avec un CN groupement sur le carbone. Il est obtenu par polymérisation de l'acrylonitrile ; il sert surtout à fabriquer des fibres textiles commercialisées sous le nom d'Orlon® ou de Crylor®.

- Quelle est la formule du monomère ?
- Pourquoi ne doit-on jamais faire brûler des tissus en Orlon® ou en Crylor® ?

• Solution 3 :

a) Formule du monomère : $H_2C=CH-CN$

b) Risque de dégagement de cyanure d'hydrogène (HCN) qui est un poison très toxique.

III. CONCLUSION :

Les textiles artificiels et les textiles synthétiques diffèrent par leurs procédés de mise en œuvre chimique :

- les acétates de cellulose (rayonne et fibranne) sont des textiles artificiels fabriqués à partir d'une substance macromoléculaire naturelle qu'est la cellulose ;
- les polyamides (nylon) et les polyesters (tergal) sont des textiles synthétiques fabriqués à partir de macromolécules synthétiques obtenues par polymérisation ou par polycondensation de monomères dérivés du pétrole.

C₃

LES SAVONS

I. RAPPELS :

1. Présentation des quelques composés organiques oxygénés :

1.1 Les alcools :

1.1.1 Définition :

Les alcools sont des composés organiques oxygénés dont la chaîne carbonée comporte un groupe - OH lié à un atome de carbone tétraédrique.

Les alcools se notent R-OH où le groupe -OH représente le groupe fonctionnel des alcools ; il se nomme **groupe hydroxyle**.

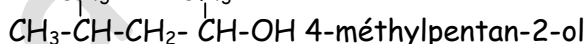
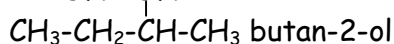
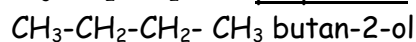
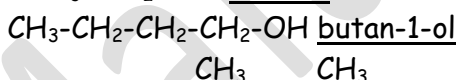
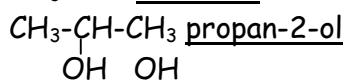
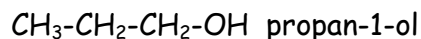
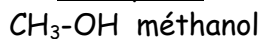
1.1.2 Nomenclature :

• Règles :

Les alcools à chaîne carbonée saturée, c'est-à-dire dérivant d'alcane, sont notés C_nH_{2n+1}-OH. Pour nommer de tels alcools, on applique les règles suivantes :

- on détermine la chaîne carbonée la plus longue qui contient le groupe hydroxyle ;
- la terminaison -e de l'alcane dont l'alcool dérive (alcane me même chaîne carbonée) est remplacé par -ol précédé du numéro le plus petit l'atome de carbone porteur du groupe -OH (on numérote la chaîne carbonée en commençant par l'extrémité la plus proche de -OH).

• Exemples :



1.1.3 Remarques :

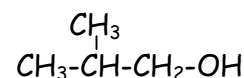
• Remarque 1 :

Deux alcools de même formule brute et des formules semi-développées différentes sont des **isomères** tels que le propan-1-ol et le propan-2-ol.

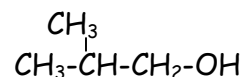
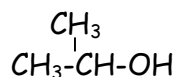
• Remarque 2 :

Il existe trois classes d'alcools que sont :

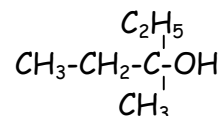
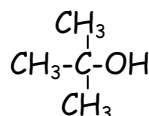
- les alcools primaires R-CH₂-OH :



- les alcools primaires R-CH-OH :



- les alcools primaires R-C-OH :

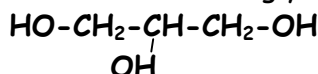


• Remarque 3 :

Un polyalcool est un alcool qui comporte plusieurs groupes hydroxyles ; exemples :

- l'éthane-1,2-diol ou glycol: HO-CH₂-CH₂-OH

- le propane-1,2,3-triol ou **glycérol**, vendu sous le nom commercial de glycérine, est un liquide incolore et très visqueux, de formule :



1.1.4 Exercice d'application :

- Énoncé :

Un mono alcool saturé A a pour masse molaire $M_A = 74$ g/mol. Quelle est sa formule brute. En déduire ses différents isomères.

- Solution :

Soit A : $C_nH_{2n+1}-OH$; on a : $M_A = M(C_nH_{2n+1}-OH) \Rightarrow 74 = 12n + (2n+1) + (16+1) \Rightarrow n=4$ d'où A : C_4H_9-OH

1.2 Les acides carboxyliques :

1.2.1 Définition :

Les acides carboxyliques sont des composés organiques oxygénés dont la molécule comporte le groupe **-COOH**.

Les acides carboxyliques se notent **R-COOH** où le groupe **-COOH** représente le groupe fonctionnel des acides carboxyliques ; il se nomme **groupe carboxyle**.

1.2.2 Nomenclature :

- Règle :

Le nom d'un acide carboxylique s'obtient en ajoutant la terminaison **-oïque** au nom de l'alcane correspondant (avec élision du -e) et en le faisant précéder du terme **acide**. Le carbone du groupe fonctionnel porte toujours le numéro 1.

- Exemples :

CH_3-COOH acide éthanoïque

CH_3-CH_2-COOH acide propanoïque

$CH_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-CH_2-CH_2-COOH$ acide 4-méthylpentanoïque

$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$ acide butanoïque

1.2.3 Exercice d'application :

- Énoncé :

On considère les acides carboxyliques de masse molaire moléculaire 102 g/mol.

a) En posant $C_nH_{2n}O_2$ la formule générale des acides carboxyliques, déterminer la formule brute de ces acides.

b) En déduire la formule semi-développée et le nom de chacun des acides répondant à cette formule brute.

- Solution :

a) formule brute des acides carboxyliques de masse molaire moléculaire 102 g/mol :

$M(C_nH_{2n}O_2) = 102$ g/mol $\Leftrightarrow 12n + 2n + 32 = 102 \Rightarrow n = 5$; d'où la formule brute: $C_5H_{10}O_2$

b) formule semi-développée et nom de chacun des acides de formule brute $C_5H_{10}O_2$:

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$ acide pentanoïque

$CH_2-C(\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}_3})_2-COOH$ acide 2,2-diméthylpropanoïque

$CH_3-CH_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-COOH$ acide 2-méthylpentanoïque

$CH_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-CH_2-COOH$ acide 3-méthylpentanoïque

1.3 Les esters :

1.3.1 Définition :

Les esters sont des composés organiques oxygénés dont la molécule comporte le groupe fonctionnel $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{O}-\text{R} \end{array}$. Les esters se notent $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{R}' \end{array}$

1.3.2 Nomenclature :

alcanoate d'alkyle
 $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{R}' \end{array}$

$CH_3-CH_2-CH_2-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3 \end{array}$

butanoate de 2-méthylpropyle

1.3.3 Exercice d'application :

Déterminer le nom et la formule semi-développée de chacun des esters de formule $C_5H_{10}O_2$.

1.4 Autres composés organiques oxygénés :

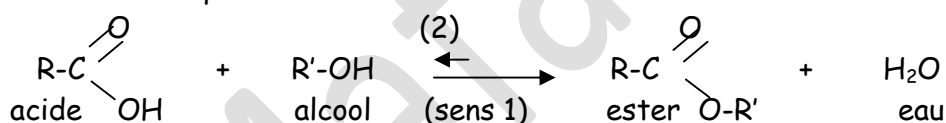
composés	formule	exemples
aldéhyde	$\text{R}-\text{C}\begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$ 2-méthylbutanal
cétone	$\text{R}-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{R}'$	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{CH}_3$ 4-méthylpentan-2-one
chlorure d'acyle	$\text{R}-\text{C}\begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{Cl} \end{array}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{Cl} \end{array}$ chlorure de propanoyle
anhydride d'acide	$\text{R}-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{O}-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{R}'$	$\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{O}-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{CH}_3$ anhydride propanoïque

2. Deux exemples de réactions chimiques avec les composés organiques oxygénés : l'estérification et l'hydrolyse.

2.1 La réaction d'estérification :

2.1.1 Définition :

L'estérification (sens 1) est la réaction entre un acide carboxylique et un alcool conduisant à un ester et à de l'eau ; d'équation-bilan :



2.1.2 Caractéristiques de la réaction d'estérification :

- Résultats expérimentaux :

Avec un mélange initial d'une mole d'acide éthanoïque et d'une mole d'éthanol ; on obtient :

- à la température ambiante, et en l'absence de catalyseur, la composition du mélange n'évolue pratiquement pas : **l'estérification est une réaction très lente;**

- la quantité d'ester formée tend vers une limite, sensiblement égale aux deux tiers des quantités des réactifs mises en jeu, qui est atteinte au bout d'environ 8 jours à la température de 100 °C : **l'estérification est une réaction limitée;**

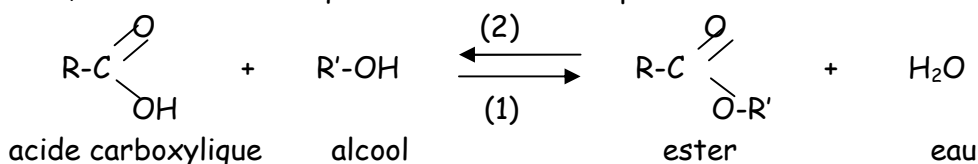
- le bilan énergétique de l'estérification est nul, la réaction s'effectue sans de chaleur : **l'estérification est une réaction athermique ;**

- une augmentation de température ou l'intervention d'un catalyseur permet d'accélérer la réaction d'estérification sans modifier la limite d'estérification.

- Conclusion : l'estérification est une réaction lente, limitée et athermique.

2.1.3 Remarque :

L'estérification (sens 1) est la réaction limitée où coexistent l'acide, l'alcool, l'ester et l'eau. Cette limite est due à la réaction inverse dite hydrolyse (sens 2). Ces deux réactions, inverses l'une de l'autre, conduisent à un équilibre se traduisant par une double flèche :



2.1.4 Exercice d'application :

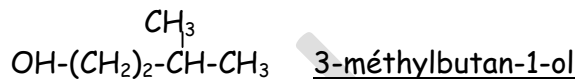
• Enoncé :

On considère un composé A de formule semi-développée $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-(\text{CH}_2)_2-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$. Le composé A est un ester à goût et odeur de banane, utilisé dans l'aromatization de boissons.

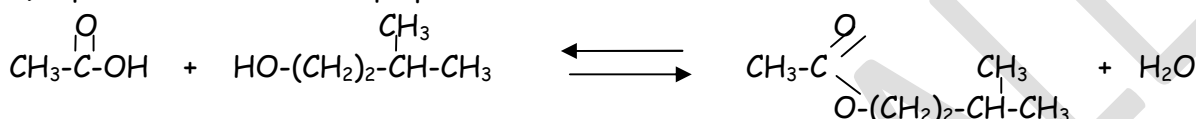
- De quels alcool et acide dérive le composé A ?
- Ecrire l'équation de la réaction qui permet d'obtenir A à partir de ces composés.
- Donner les caractéristiques de cette réaction.

• Solution :

- L'alcool et l'acide dont dérive le composé A :



- Equation de la réaction qui permet d'obtenir A :

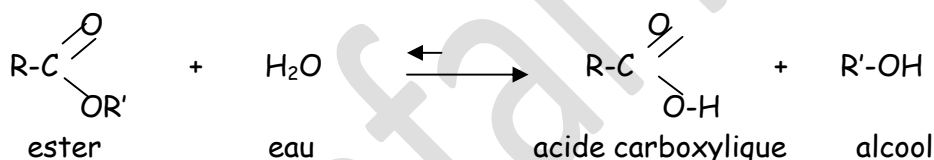


- Caractéristiques de la réaction : lente, limitée et athermique.

2.2 La réaction d'hydrolyse :

2.2.1 Définition :

L'hydrolyse est la réaction entre un ester et l'eau conduisant à un acide carboxylique et un alcool; d'équation-bilan :



L'hydrolyse est la réaction inverse de la réaction d'estérification.

2.2.2 Caractéristiques de la réaction d'hydrolyse :

L'hydrolyse a les mêmes caractéristiques que l'estérification ; elle est lente, limitée et athermique.

2.2.3 Exercice d'application :

• Enoncé :

La réaction entre un corps A, de formule brute $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$ et de l'eau, donne de l'acide 2-méthylpropanoïque et un alcool B.

- Donner le groupe fonctionnel du corps A.
- Quel est le nom de la réaction ? Ecrire son équation-bilan.

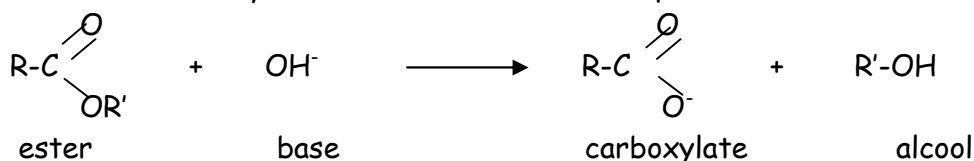
• Solution :

- Groupe fonctionnel du corps A : $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OR}'$ (groupe ester)

- Réaction d'hydrolyse d'équation-bilan : $\text{CH}_3-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_3\text{H}_7 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + \text{C}_3\text{H}_7-\text{OH}$

2.2 La réaction de saponification :

La saponification est l'action des ions hydroxyde OH^- sur un ester. La réaction est lente et totale ; elle conduit à un carboxylate et à un alcool suivant l'équation-bilan :



II. LES SAVONS :

1. Généralités :

1.1 Les acides gras :

1.1.1 Définition :

Un acide gras est un acide carboxylique à chaîne carbonée longue, non ramifiée, à nombre pair d'atomes de carbone compris entre 4 et 22 et comportant éventuellement une ou plusieurs doubles liaisons.

1.1.2 Exemples d'acides gras :

nom officiel nom usuel	formule brute	formule semi-développée	origine naturelle
acide butanoïque acide butyrique	$C_4H_8O_2$	$CH_3-(CH_2)_2-COOH$	beurre
acide dodécanoïque acide laurique	$C_{12}H_{24}O_2$	$CH_3-(CH_2)_{10}-COOH$	huile de palmiste
acide hexadécanoïque acide palmitique	$C_{16}H_{32}O_2$	$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$	huile de palme
acide (Z)-octadéc-9-énoïque acide oléique	$C_{18}H_{34}O_2$	$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$	huile d'olive

1.2 Les corps gras :

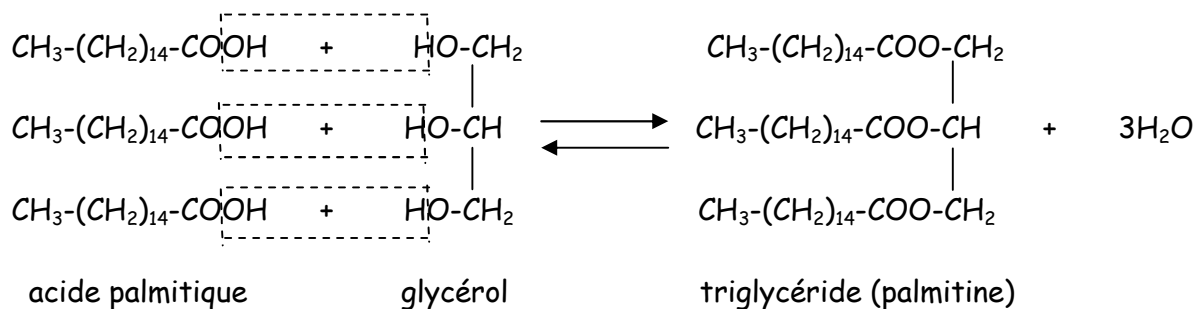
Ce sont des composés naturels, d'origine végétale ou animale, encore appelés lipides. Ils se caractérisent par leur insolubilité dans l'eau. Parmi les corps gras, on distingue les **huiles** et les **graisses**.

1.1.1 Définition :

Les corps gras sont essentiellement constitués de **triglycérides** qui sont des triesters du glycérol et d'acide gras.



1.1.2 Exemple de préparation d'un triglycéride :



2. Préparation et propriétés d'un savon :

2.1 Préparation d'un savon :

2.1.1 Définition :

Les savons sont des mélanges de carboxylates, dérivés d'acides gras.

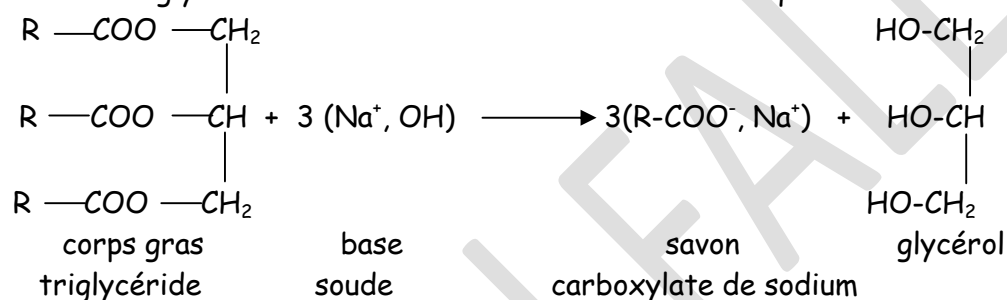
2.1.2 Obtention d'un savon :

• Principe :

- Un savon s'obtient par la réaction de saponification qui consiste à faire réagir une **base** (l'hydroxyde de sodium ou l'hydroxyde de potassium) avec un **corps gras** (triglycérides).
- La réaction de saponification conduit à un mélange de glycérol et de carboxylates de sodium (pour les savons durs) ou de carboxylates de potassium (pour les savons mous).

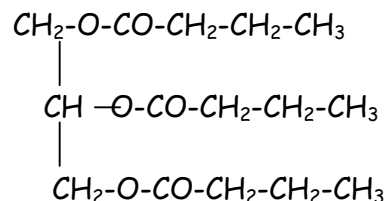
• Equation-bilan :

La saponification d'un triglycéride est une réaction **lente** et **totale** d'équation-bilan :

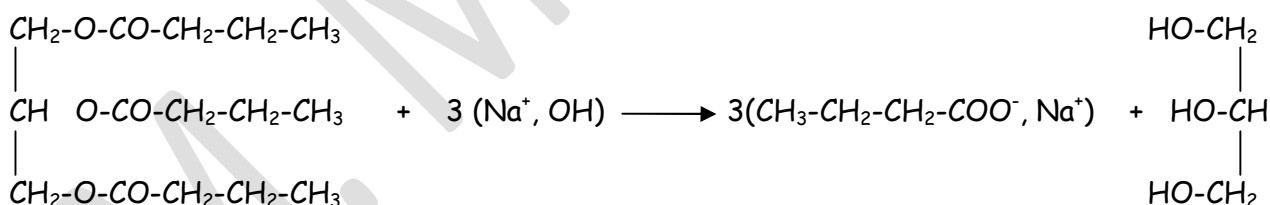


• Exemple :

La butyrine est un corps gras présent dans le beurre. Elle peut être considérée comme résultant de la réaction entre le glycérol (ou propane-1,2,3-triol) et l'acide butyrique. La formule semi-développée de la butyrine est représentée ci-contre :



Lorsqu'on fait réagir, à chaud, une solution d'hydroxyde de sodium (soude) en excès sur la butyrine, on obtient un carboxylate (le butyrate de sodium) selon l'équation-bilan suivante :



2.1.3 Préparation au laboratoire :

• Mode opératoire :

- Dans un erlenmeyer, introduisons 10 g de pastilles de soude et 50 mL d'huile et ajoutons ensuite 100 mL d'éthanol.
- Agitons et chauffons durant 10 minutes à l'aide d'un agitateur magnétique chauffant : le mélange devient progressivement visqueux.
- Dans un verre à pied contenant 500 mL d'eau froide très salée, versons alors le mélange encore chaud ; il y a apparition d'un corps blanc jaunâtre et granuleux : le **savon** insoluble, précipite dans l'eau.
- Puis on procède par relargage ; opération qui consiste à faire rassembler le savon à la surface du liquide en agitant vivement le mélange.
- Par filtration, récupérons la phase contenant le savon. Le solide recueilli est rincé avec un peu d'eau salée puis séché à l'air ; on obtient du savon sous forme d'un solide blanc.

- Interprétation :

- Le chauffage sert à accélérer la réaction, car la saponification n'est pas instantanée et elle est lente à température ordinaire.
- L'addition d'éthanol permet d'homogénéiser le mélange et d'avoir une concentration importante d'ions OH^- qui ne réagiraient qu'avec le triester à l'interface des deux phases.
- L'opération de relargage est destinée à séparer le savon des autres composés présents très solubles dans l'eau.
- L'ajout de chlorure de sodium permet de diminuer la solubilité du savon.

2.2 Propriétés d'un savon :

2.1.1 Solubilité d'un savon :

- Solubilité dans l'eau distillée :

Les savons sont solubles dans l'eau distillée et la solution obtenue est basique (elle vire au bleu par ajout de quelques gouttes de BBT).

- Solubilité en milieu acide :

Quelques gouttes d'acide ajoutées à une solution savonneuse font apparaître un précipité insoluble dans l'eau : **la solubilité d'un savon est plus faible en milieu acide que dans l'eau.**

- Solubilité en milieu contenant des ions sodium Na^+ :

Un savon n'est pas efficace (mousse difficilement) dans une eau salée : **la solubilité d'un savon diminue en présence d'ions sodium.**

2.1.2 Mode d'action d'un savon :

Un savon est essentiellement composé d'ion carboxylate dont la structure particulière favorise les propriétés détergentes.

- Structure de l'ion carboxylate :

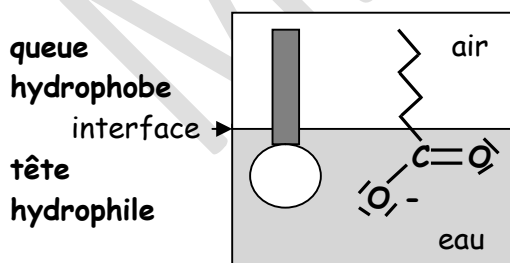
L'ion carboxylate RCOO^- est constitué de deux parties que sont une **tête hydrophile** et une **queue lipophile** :

- le **groupe carboxylate $-\text{COO}^-$** constitue le **pôle hydrophile** ; il présente une grande affinité pour l'eau.

- le **groupe alkyle $-\text{R}$** constitue le **pôle hydrophobe** ; il ne présente aucune affinité pour l'eau. Ce groupe qui est une longue chaîne carbonée (même structure que les corps gras) présente une bonne affinité pour les lipides, il est dit **lipophile**.

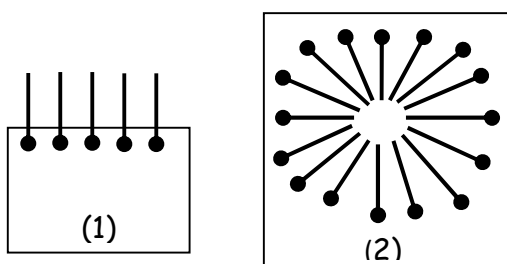
- Formation de micelles :

- En solution aqueuse, les ions carboxylates demeurent rassemblés à l'interface air-eau : **les têtes hydrophiles orientées vers l'eau et les queues hydrophobes orientés vers l'air.**



- Le pouvoir moussant des savons s'explique par la formation de ce film interfacial.

- Au sein de la solution, il y a formation de micelles qui sont des agglomérats de plusieurs dizaines d'ions avec les têtes polaires tournées vers l'extérieur.



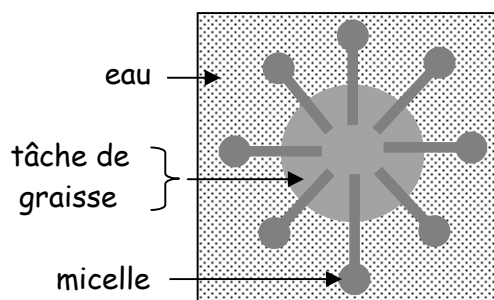
Il y a d'abord un **film interfacial** (1) à la surface du liquide avant de former des **micelles** (2) lorsque la concentration est au delà de $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

- Principe de détergence :

- La détergence est le processus selon lequel des salissures sont détachées de leur substrat et mises en solution ou dispersion.

- Les ions carboxylates peuvent interagir avec une salissure grasse à la surface d'un textile plongé dans une solution de savon.

Ces ions forment des micelles qui entourent la salissure et les extrémités lipophiles y pénètrent : les salissures sont dispersées dans l'eau et sont évacuées avec la solution aqueuse.



2.3 Exercice d'application :

- Énoncé :

Préambule :

Les lipides sont des esters d'acides gras; ils forment la majeure partie des huiles et graisses animales et végétales. Ils peuvent être préparés par réaction d'estérification entre un alcool et un acide carboxylique à longue chaîne carbonée appelé acide gras.

Questions :

a) L'acide oléique est l'acide (Z)-octadéc-9-énoïque, de formule : $C_{17}H_{33}-COOH$

a.1) Écrire l'équation-bilan de la réaction entre l'acide oléique et le propan-1-ol.

a.2) Quels sont les caractéristiques de cette réaction ?

b) L'oléine est le triester de l'acide oléique et du glycérol ou propan-1,2,3-triol ; on la rencontre dans l'huile d'olive.

b.1) Écrire la formule semi-développée du glycérol.

b.2) Écrire l'équation-bilan de la réaction de formation de l'oléine.

c) On fait agir sur le lipide (l'oléine), un excès d'une solution d'hydroxyde de sodium et on y ajoute de l'éthanol. Le mélange obtenu est chauffé pendant quelques minutes et on y verse de l'eau salée. Après relargage, on observe l'apparition d'un produit S d'aspect blanc jaunâtre qui se rassemble à la surface du liquide. Il se reforme également du glycérol.

c.1) Dans quel but ajoute-t-on de l'éthanol au mélange réactionnel ?

c.2) Pourquoi chauffe-t-on le mélange ?

c.3) Pourquoi de l'eau salée est versée dans le produit de la réaction ?

c.4) En quoi consiste le relargage ? Quel est son rôle ?

c.5) Écrire l'équation-bilan de la réaction. Quel est le nom général du produit S ? Comment nomme-t-on ce type de réaction ? Donner deux de ses caractéristiques.

d) Par filtration, on récupère la phase contenant le produit S. Le produit S, sous forme de solide, recueilli et purifié par rinçage avec un peu d'eau salée puis séché à l'air.

d.1) Sachant que la masse d'oléine utilisée est de $2 \cdot 10^3$ kg, calculer la masse du produit S obtenu.

d.2) Le produit S a-t-il un comportement acide, neutre ou basique vis-à-vis de l'eau ?

Données :

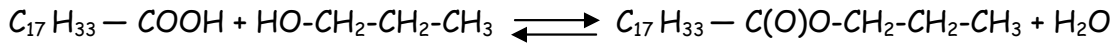
Masse molaire moléculaire de l'oléine : $M(\text{oléine}) = 884 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

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

• Solution :

a)

a.1) Equation-bilan de la réaction entre l'acide oléique et le propan-1-ol :

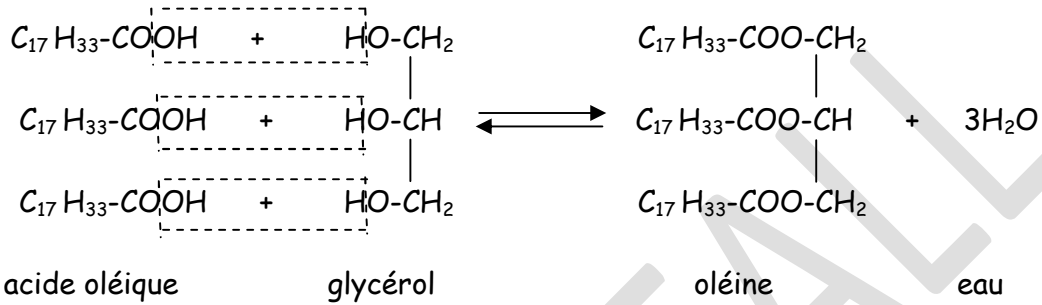


a.2) Caractéristiques de la réaction : lente, limitée et athermique.

b)

b.1) Formule semi-développée du glycérol : $HO-CH_2-\overset{OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-OH$

b.2) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de formation de l'oléine.



c)

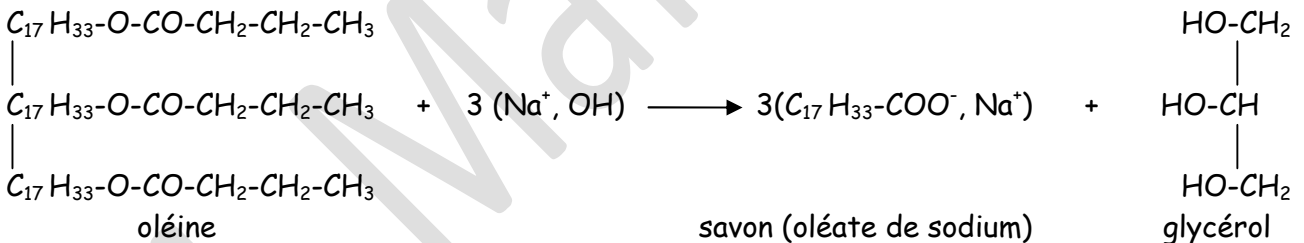
c.1) L'addition d'éthanol permet d'homogénéiser le mélange.

c.2) Le chauffage sert à accélérer la réaction de saponification qui est lente à température ordinaire.

c.3) L'ajout de l'eau salée permet de diminuer la solubilité du savon.

c.4) Le relargage est l'opération qui consiste à faire rassembler le savon à la surface du liquide en agitant vivement le mélange. L'opération de relargage est destinée à séparer le savon des autres composés présents très solubles dans l'eau.

c.5) Équation-bilan de la réaction :



Nom général du produit S : savon. Réaction de saponification : lente et totale.

d)

d.1) Masse du produit S obtenu (oléate de sodium) :

Nombre de mole d'oléine : $n(\text{oléine}) = m/M = 2\,000 / 0,884 = 1,13 \cdot 10^3 \text{ mol}$.

D'après l'équation-bilan, on a : $n(\text{oléate}) = 3 n(\text{oléine}) = 3,39 \cdot 10^3 \text{ mol}$.

Masse du produit S : $m(\text{savon}) = n(\text{oléate}) \times M(\text{oléate})$ avec $M(\text{oléate}) = 304 \text{ g/mol}$.

$$\underline{m(\text{savon}) = 1030 \text{ kg}}$$

d.2) Le produit S a un comportement basique vis-à-vis de l'eau.

C₄

LES LESSIVES, LES ANTISEPTIQUES ET LES DESINFECTANTS

I. LES LESSIVES :

Les savons sont les produits les plus courants pour nettoyer ou blanchir. Jusqu'en 1940, le savon était le seul détergent important. Cependant, depuis 1950, ils sont peu à peu supplantés par des agents de synthèse obtenus à partir de dérivés du pétrole. Depuis les années 1960, l'industrie du savon a diversifié ses produits avec l'apparition de savon liquide et de produits concentrés.

1. Les savons

1.1 Procédés de synthèse :

Le procédé de fabrication est la saponification (voir chapitre sur les savons); on prépare :

- les savons durs en faisant réagir la soude sur des huiles et des graisses contenant un fort pourcentage d'acides saturés.
- les savons mous ou semi-fluides en saponifiant l'huile de linette, l'huile de graine de coton et les huiles de poisson avec de la potasse.

1.2 Utilisations des lessives :

- Le savon (à suif) est un savon trop dur et trop insoluble pour obtenir un effet moussant satisfaisant ; il mousse dans l'eau salée et est utilisée comme savon pour le lavage à l'eau de mer.
- Le savon blanc est un savon de toilette de luxe préparé à partir d'huile d'olive de premier choix.
- Le savon à barbe est un savon mou contenant des stéarates de potassium et de sodium, qui lui confèrent une mousse persistante.
- La crème à raser est une pâte combinant savon à barbe et huile de coprah.
- La lessive en poudre est un mélange hydraté de savon et de carbonate de sodium.
- Le savon liquide est une solution aqueuse de savon à base de potassium.

1.3 Mode d'action

Les molécules de savon ont une structure moléculaire qui agit comme un lien entre l'eau et les particules de salissure, libérant ces particules de leur support. La molécule de savon présente une extrémité hydrophile et une extrémité hydrophobe. Dans l'eau, un grand nombre de molécules de savon forment des micelles. Lorsque l'on agite l'eau, les gouttelettes d'huile ou de graisse s'associent à la partie centrale des micelles en raison de leur caractère hydrophobe. Ainsi, les salissures grasses sont en suspension dans les micelles. Lors du rinçage, ces micelles sont entraînées par l'eau et les salissures sont ainsi détachées de leur support. C'est le pouvoir mouillant associé au pouvoir émulsifiant du savon dans l'eau qui permet le nettoyage des surfaces.

2. Détergents :

Détergents, produits dont les solutions contribuent à éliminer les salissures ou autres corps étrangers des surfaces contaminées.

2.1 Procédés de synthèse :

Pour obtenir un détergent, on traite un composé aromatique par l'acide sulfurique. Le mélange est ensuite neutralisé par une base : il se forme le sel de sodium du détergent.

2.2 Mode d'action et propriétés particulières :

- Mode d'action :

La molécule de détergent présente une extrémité hydrophile et une extrémité hydrophobe. L'une des parties de la molécule est soluble dans les solvants organiques, et l'autre partie est soluble dans l'eau.

- Propriétés particulières :

Les détergents sont constitués d'agents de surface, ou tensioactifs, c'est-à-dire des composés qui modifient les propriétés de surface. Ils se montrent efficaces dans l'eau dure et dans l'eau fraîche ou froide, alors que le savon est souvent inactif dans ces conditions. Ils diminuent la charge microbienne, par élimination des souillures porteuses de germes.

2.3 Effets secondaires sur l'environnement :

Contrairement aux savons, les détergents ne sont ni solubles ni biodégradables. En effet, une fois mélangés à l'eau, ils restent dans la solution. Ils ont tendance à former de la mousse dans les fosses de décantation et dans les décharges urbaines. On les retrouve même dans certains sols naturels et dans les eaux de surface.

II. LES ANTISEPTIQUES ET LES DESINFECTANTS :

Les antiseptiques et les désinfectants sont des composés capables de détruire les micro-organismes (notamment les bactéries et les champignons microscopiques) ou d'inhiber leur développement.

1. Les antiseptiques

L'usage très ancien des antiseptiques est longtemps resté empirique et occasionnel, jusqu'à ce que Louis Pasteur mette en évidence la présence de germes pathogènes dans les maladies infectieuses, rendant ainsi obsolète la théorie de la génération spontanée. S'appuyant sur cette découverte, le chirurgien britannique Joseph Lister introduit l'emploi des antiseptiques pour désinfecter les plaies cutanées (solution de phénol) en 1868.

1.1 Utilisations des antiseptiques :

L'antisepsie doit être précédé d'une déterision, d'un rinçage et d'un séchage : on ne désinfecte bien que ce qui est propre. L'usage des antiseptiques vise à détruire les micro-organismes (bactéries, champignons, virus...) sans abîmer les tissus.

Les antiseptiques sont utilisés sur des tissus vivants (principalement peau ou muqueuses) lésés ou non et sont généralement prescrits pour la désinfection des plaies et des brûlures ou lors des soins postopératoires, sous forme de solution aqueuse ou alcoolique, de savon, et parfois de pommade.

1.2 Exemples d'antiseptiques :

Selon les cas à traiter, on utilise les antiseptiques sous forme de solution et de savon. On distingue des alcools, des dérivés iodés, la chlorhexidine ou des ammoniums quaternaires en association :

- les dérivés chlorés comme la solution de Dakin®,
- les dérivés iodés comme la Bétadine®, l'alcool iodé® et la polyvidone iodée qui est l'antiseptique des muqueuses le plus employé (par exemple, la forme galénique utilisée pour la muqueuse buccale est le bain de bouche, et pour la muqueuse vaginale la solution gynécologique ou l'ovule gynécologique).

- les biguanides (chlorhexidine et hexamidine) tel que l'Hibitane®,
Par analogie, on appelle aussi antiseptiques certains médicaments prescrits par voie orale contre les infections intestinales ou urinaires et qui sont en fait des équivalents d'antibiotiques.

2. Les désinfectants :

2.1 Utilisations des antiseptiques :

Les désinfectants sont employés sur des surfaces inertes (par exemple en milieu hospitalier, pour la désinfection de matériel médico-chirurgical ou des locaux).

Les désinfectants ne sont pas des médicaments, c'est-à-dire qu'ils ne nécessitent pas d'autorisation de mise sur le marché (AMM). Ils sont cependant conformes aux normes AFNOR (Association française de normalisation) et leurs conditions d'utilisation sont rigoureusement définies.

2.2 Mode d'action :

Les modes d'action des désinfectants sur les micro-organismes (notamment bactéries et champignons microscopiques) ne sont pas toujours bien connus. On peut cependant citer trois grands types de mécanismes :

- l'altération irréversible de la membrane cytoplasmique des micro-organismes,
- l'inhibition de certaines enzymes essentielles à la vie de ces derniers,
- la dénaturation de la structure de leurs protéines ou de leurs acides nucléiques.

2.3 Exemples de désinfectants :

- Les aldéhydes :

Ils sont utilisés seuls (désinfection par voie aérienne) ou en association à d'autres principes actifs (inhibiteur de corrosion). Ils ne doivent pas être utilisés sur du matériel souillé. Les principaux produits d'aldéhydes sont :

- le formaldéhyde (ou formol) utilisé pour la désinfection des locaux hors présence humaine et pour la conservation de pièces anatomiques ;
- le glutaraldéhyde (ou pentanedial) utilisé pour la désinfection des instruments médico-chirurgicaux, des surfaces et des sols.

- Les alcools :

Ce sont principalement l'alcool éthylique et l'alcool isopropylique. Ils sont utilisés associés pour la désinfection des surfaces (sprays) avec une teneur égale ou inférieure à 30%.

- Les dérivés chlorés comme l'eau de Javel (préparé par dilution de l'extrait de Javel au quart) utilisé pour la désinfection de surfaces comportant des souillures organiques importante.

I. ESSAI DE DEFINITION :

Depuis maintenant une dizaine d'années, il n'est pas de semaines, voire de jours que l'on n'entende parler de **pollution**, mais force est de constater que sous ce mot se cachent des réalités très divers, et parfois bien des idées fumeuses.

C'est pourquoi, il semble fondamental de voir ce qui se cache derrière ce mot. La définition peut varier selon l'époque, le contexte ou le milieu considéré :

- définition ancienne (Litre de 1878 et Petit Larousse-1958) : « profanation, souillure » ;
- définition récente (Robert-1970) : « salir en rendant mal sain, dangereux ».

De ces essais de définition, deux éléments peuvent toutefois être décelés comme constants :

- la dégradation de quelque chose de primitivement bon ;
- le résultat d'une action humaine.

II. DIFFERENTS TYPES DE POLLUTIONS

Il existe deux principaux types de pollutions que sont les pollutions de l'air et de l'eau.

1. Pollution de l'air :

L'utilisation de combustibles fossiles (pour le chauffage, les transports ou la production d'électricité) est la principale cause de la pollution de l'atmosphère.

1.1 Les polluants de l'air :

Ils se subdivisent en deux catégories : les polluants primaires formés par les combustions et les polluants secondaires formés à partir des précédents à la suite de réactions complexes.

1.1.1 Les polluants primaires :**1.1.1.1 Les principaux polluants primaires :**• **Le dioxyde de carbone CO₂ :**

Les combustions du charbon et des composés organiques donnent naissance à d'énormes quantités de CO₂ rejetées dans l'atmosphère (20 milliard de tonnes rejetées chaque année dans l'atmosphère ; c'est énorme !). L'équation-bilan de la combustion du carbone s'écrit :



Le dioxyde de carbone, produit « normal », n'est pas nocif en lui-même, mais il contribue à l'effet de serre.

• **Le monoxyde de carbone CO :**

Il résulte de la combustion incomplète des carburants d'automobiles. C'est un gaz toxique dont le pourcentage dans l'air est très faible mais peu augmenter très fortement dans les grandes villes.

• **Le dioxyde de soufre SO₂ et le trioxyde de soufre SO₃ :**

Ils proviennent de la combustion de composés du soufre présents dans des combustibles (fiouls lourds) et dans certains carburants (gazole) :

- production de dioxyde de soufre (SO₂) par combustion du soufre : + →

- production de trioxyde de soufre (SO₃) par oxydation partielle de SO₂ : + - →

Les produits de ces réactions SO₂ (gaz) et SO₃ (solide) sont tous deux solubles dans l'eau. Ils « disparaissent » donc par mise en solution dans l'humidité atmosphérique.

- Les oxydes d'azote que sont le monoxyde d'azote NO et le dioxyde d'azote NO₂ :

Le monoxyde d'azote (NO) est émis par les moteurs d'automobiles suite à la combinaison du diazote (N₂) et du dioxygène (O₂) constituants de l'air à température élevée.

- d'abord, il y a transformation du diazote (N₂) en monoxyde d'azote (NO) : $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$
- par suite, le monoxyde d'azote produit s'oxyde instantanément à l'air : $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$

- Le plomb Pb :

Il provient de la combustion des additifs au plomb (antidétonants) destinés à améliorer la qualité des essences. Après la combustion, le plomb est libéré dans l'atmosphère. Depuis quelques années, on s'efforce d'éliminer le plomb des carburants, par la mise au point d'essences sans plomb.

1.1.1.2 Autres polluants primaires :

On peut noter d'autres polluants primaires tels que le chlorure d'hydrogène (HCl) issu de l'incinération de déchets plastiques chlorés) et les dioxines (polychlorophénols).

1.1.2 Les polluants secondaires :

Ce sont principalement l'acide sulfurique (H₂SO₄) et l'acide nitrique (HNO₃). Ils résultent de l'évolution dans l'atmosphère des polluants primaires que sont SO₂, NO et NO₂.

1.2 Les méfaits des polluants de l'air :

1.2.1 Conséquences des polluants de l'air sur la santé :

Le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote et l'ozone sont des irritants des voies respiratoires. Le trioxyde de soufre (SO₃), résultant de l'oxydation du SO₂, est responsable de « smog » dont le plus meurtrier fut celui de Londres en 1952, qui causa la mort de 4 000 personnes.

1.2.2 L'effet de serre :

L'atmosphère terrestre a un pouvoir de réflexion efficace ; l'énergie reçue du Soleil se trouve emprisonnée dans l'atmosphère qu'elle réchauffe. Ainsi, l'atmosphère fonctionne alors comme couvercle laissant entrer l'énergie, mais l'empêchant de ressortir ; c'est ce qui se passe dans une serre ou les vitres.

1.2.2.1 Définition :

L'effet de serre est le processus naturel de réchauffement du climat qui intervient dans le bilan radiatif de la Terre.

1.2.2.2 Les gaz à effet de serre (GES) :

Ce sont les polluants de l'atmosphère qui participent activement à l'effet de serre ; il s'agit du dioxyde de carbone, de l'ozone, du méthane, des oxydes d'azote et des CFC.

- Le dioxyde de carbone CO₂ :

Il est rejeté dans l'atmosphère et son taux a augmenté de 25% en 100 ans. Il intervient dans l'effet de serre que pour 50%.

- L'ozone O₃ :

Il est 2 000 fois plus efficace que le CO₂ dans le phénomène. Il s'agit de l'ozone de la basse atmosphère (ozone troposphérique).

1.2.2.3 Remèdes et perspectives :

Pour lutter contre le développement de l'effet de serre, il faudrait :

- réduire les rejets de dioxyde de carbone :
 - par utilisation du chauffage solaire en évitant la déforestation ;
 - par utilisation de l'énergie nucléaire qui ne contribue pas à l'effet de serre, mais le problème de ses déchets n'est pas réglé.
- limiter au maximum les rejets des polluants autres que le CO₂, par utilisation de pot catalytique qui diminue les quantités de d'oxyde d'azote produits par les voitures.

1.2.3 Les pluies acides :

1.2.3.1 Origine de l'acidité des pluies :

L'eau de pluie a, en l'absence de pollution, un pH légèrement acide dû à la présence d'acide carbonique provenant de la dissolution du dioxyde de carbone de l'air.

Les polluants acides gazeux se répandent dans l'atmosphère où ils sont dilués, puis mis en solution dans les précipitations atmosphériques ; on obtient des pluies acides. Ces pluies acides contiennent des quantités non négligeables d'acide sulfurique (H_2SO_4) et d'acide nitrique (HNO_3) qui proviennent de transformation des polluants que sont les oxydes de soufre et d'azote :

1.2.3.2 Conséquences des pluies acides :

Les conséquences des pluies acides sur notre environnement sont importantes et variées. On peut noter :

- le dépérissement des forêts et l'appauvrissement des sols ;
- l'acidification accrue des cours d'eau et lacs et toute vie animale (poissons, batraciens, ...) y disparaît à partir de $pH < 5$;
- la dégradation des pierres des façades d'immeubles, des statues et des monuments.

1.2.3.3 Remèdes et perspectives :

Deux voies actuellement exploitées pour diminuer les rejets de polluants acides ; ce sont :

- la désulfuration du gazole et des fiouls (carburant à moins de 0,3% de soufre) ;
- la généralisation du pot catalytique qui « traite » les gaz chauds sortant des moteurs des voitures avant qu'ils passent dans le pot d'échappement.

2. Pollution de l'eau :

Dans le domaine des eaux, la pollution est de nature physique (présence de matières en suspension, chimique (substances en solution) et thermique (accroissement de la température). Ces diverses pollutions peuvent avoir pour résultats des nuisances olfactives et visuelles.

2.1 Caractéristiques de la pollution des eaux :

Au cours de l'histoire des hommes, l'eau a été le véhicule de bien des épidémies meurtrières dont le choléra et la typhoïde.

En somme, une eau polluée est caractérisée par un changement de couleur, d'un dégagement de gaz, de solides en suspension, ... Il y existe des micropolluants c'est-à-dire des substances indésirables qui se trouvent dans l'eau dans des proportions au plus égales à 1 mg/L.

2.2 Origine de la pollution des eaux :

L'origine de la pollution des eaux est très variée ; on peut noter les pollutions suivantes :

- les pollutions domestiques qui résultent des eaux de toilettes et des eaux des ménages ;
- les pollutions urbaines qui sont dues aux eaux des marchés à cause de l'abondance de graisses et autres matières organiques ;
- les pollutions industrielles qui sont le résultat d'activités d'industries agro-alimentaires ;
- les pollutions radioactives dues aux rejets des centrales nucléaires.

2.3 Conséquences de la pollution des eaux :

Ce sont principalement les effets spectaculaires et les effets à long terme :

- les effets spectaculaires qui sont visibles par l'aspect de la mer ou des rivières, salissure des plages ou des rives à la suite d'accident ;
- les effets à long terme qui sont essentiellement liés au phénomène de l'eutrophisation (« suralimentation ») dont certains milieux en sont le siège (milieux qui ne se renouvellent que lentement ou pas du tout).

EXERCICES

QUESTIONS DE COURS - PHRASES A TROUS - QCM
EXERCICES DE CONSOLIDATION
EXERCICES DE BAC - TEXTES SCIENTIFIQUES

PRODUCTION, TRANSPORT ET UTILISATION

EXERCICE 1 :

Une source d'énergie est l'ensemble des réserves naturelles d'une forme d'énergie donnée. Citer deux exemples de sources d'énergie extraites du sous sol et deux exemples de sources d'énergie renouvelables.

EXERCICE 2 :

Décrire une expérience simple mettant en évidence le phénomène d'induction électromagnétique.

EXERCICE 3 :

Recopier et compléter les phrases ci-après :

1. Un générateur basse fréquence (GBF) branché au secteur, délivre une tension représentée sur l'écran d'un oscilloscope par une courbe dite
2. (Bac 07 - 2^e groupe) : En mettant en rotation un aimant droit au voisinage d'une bobine fixe reliée à un galvanomètre, on génère dans le circuit un
3. (Bac 07 - 2^e groupe) : Un alternateur est une machine qui convertit de l'énergie en énergie ; c'est une application du phénomène
4. Dans une centrale thermique, sous l'action de la chaleur dégagée par le combustible, l'eau se transforme en qui entraîne le rotor de d'où la production de l'énergie
5. Les pertes d'énergie générées lors du transport de l'énergie électrique sont converties en chaleur par

EXERCICE 4 :

Recopier et compléter les phrases ci-après :

1. (Bac 06 - 1^{er} groupe) : La Sénélec utilise les lignes à pour transporter le courant électrique sur de longues distances afin de minimiser les
2. (Bac 10 - 2^e groupe) : L'alternateur fonctionne d'après le principe d' Lorsqu'un tourne devant une il apparaît aux bornes de celle-ci une alternative.

EXERCICE 5 :

Compléter les phrases suivantes :

1. (Bac 00 - 1^{er} groupe) : L'induction électromagnétique trouve sa principale application dans le fonctionnement des alternateurs qui transforme l'énergie en énergie et auxquels on associe les pour améliorer les conditions de transport de cette énergie.
2. (Bac 00 - 1^{er} groupe) : Un alternateur comprend deux parties essentielles : un inducteur appelé et un induit appelé
3. (Bac 03 - 1^{er} groupe) : Un transformateur est un dispositif qui permet, suivant sa conception et son utilisation, d'élever ou d'abaisser une
4. (Bac 06 - 1^{er} groupe) : Un transformateur est réversible s'il peut être utilisé comme ou de tension.
5. (Bac 10 - 1^{er} groupe) : Un qui comporte un nombre $N_1 = 200$ spires au primaire et $N_2 = 600$ spires au secondaire est un de tension.

EXERCICE 6 :

Choisir la bonne réponse :

1. (Bac 03 - 2^e groupe) : Un aimant en mouvement devant un circuit fermé provoque dans ce circuit le passage d'un courant électrique, ce phénomène est appelé :

- réflexion diffraction induction dispersion

2. (Bac 08 - 2^e groupe) : Le compteur de la Sénélec affiche la quantité d'énergie électrique consommée en : kiloampère kilovolt kilowattheure

3. A vide et alimenté par une tension de valeur efficace U_1 , un transformateur de rapport de transformation $r = 5$ donne une tension de sortie de valeur efficace :

- $U_2 = 0 \text{ V}$ $U_2 = 5U_1$ $U_2 = U_1/5$

4. (Bac 01 - 1^e groupe) : Alimenté par une tension de valeur 150 V, un transformateur de rapport de transformation 5 donne en sortie une tension de valeur efficace :

- 0 750 V 30 V on ne peut pas répondre à la question

5. (Bac 01 - 2^e groupe) : Pour un transformateur abaisseur de tension :

- le nombre de spires du primaire est supérieur à celui du secondaire ;
 la tension efficace du secondaire est supérieure à celle du primaire ;
 l'intensité est la même dans le primaire et dans le secondaire.

6. (Bac 02 - 2^e groupe) : Un transformateur dont le rapport des nombres de spires est tel $N_2/N_1 = 1$, est dit :

- élévateur d'isolement abaisseur

7. (Bac 01 - 1^e groupe) : La puissance perdue par effet joule dans une ligne électrique de résistance R est :

- proportionnelle à U^2 et à R (avec U la valeur efficace de la tension fournie par la centrale).
 indépendante de U et R.
 inversement proportionnelle à U^2 , mais proportionnelle à R.
 inversement proportionnelle à U^2 et à R.

8. (Bac 02 - 2^e groupe) : Dans l'expression $P = UI \cdot \cos\Phi$, le facteur de puissance est :

- UI $\cos\Phi$ P

9. (Bac 02 - 2^e groupe) : Le Kilowattheure est une unité de : puissance énergie

EXERCICE 7 :

Un transformateur porte les indications suivantes : 600 VA, 220 V, 24 V.

1. Que représentent ces indications ?

2. Le transformateur étant utilisé en élévateur de tension, déterminer son rapport r de transformation.

3. Le transformateur étant supposé idéal :

3.1 déterminer les intensités efficaces I_1 dans le circuit du primaire et I_2 dans le circuit secondaire.

3.2 en déduire une relation entre I_1 , I_2 et r.

EXERCICE 8 : (Bac 1999 - 2^e groupe)

Un transformateur comporte 1 000 spires au primaire et 200 spires au secondaire.

1. Quel est le primaire si on désire élever une tension ? Si on impose au primaire une tension de 100 V, quelle est celle obtenue aux bornes du secondaire ?

2. Sur le primaire de ce transformateur on branche une tension continue de 12 V. Calculer la tension correspondant au circuit secondaire.

EXERCICE 9 :

Un transformateur est un convertisseur d'énergie. Il permet d'élever ou d'abaisser la valeur efficace d'une tension alternative. Il est constitué de deux bobines : l'une, le primaire est une bobine B_1 comportant N_1 spires ; l'autre le secondaire est une bobine B_2 comportant N_2 spires.

1. Dessiner le schéma normalisé d'un transformateur en précisant les tensions efficaces d'entrée U_1 et de sortie U_2 .
2. Définir le rapport de transformation r d'un transformateur.
3. Calculer le rapport r de transformation pour $U_1 = 220$ V et $U_2 = 24$ V. Conclure.
4. Le primaire comporte 200 spires, déterminer le nombre de spires au secondaire.
5. Le secondaire débite 4,5 A, calculer l'intensité efficace au primaire.
6. On branche sur le primaire, une tension continue de 6 V. Déterminer la tension efficace U_2 .

EXERCICE 10 : (Bac 00 - 2^e groupe)

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

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

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

	circuit primaire	circuit secondaire
Intensités efficaces parcourant les circuits	I_1	I_2
Tensions efficaces aux bornes des circuits	U_1	U_2
Nombres de spires aux bornes des circuits	N_1	N_2
Puissances électriques à l'entrée et à la sortie des circuits	P_1	P_2

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 les rapports U_2/U_1 et N_2/N_1 . Calculer le rendement du transformateur. Conclure.
4. Indiquer la nature des pertes de puissances dans ce transformateur.

EXERCICE 11 : (Bac 00 - 2^e groupe)

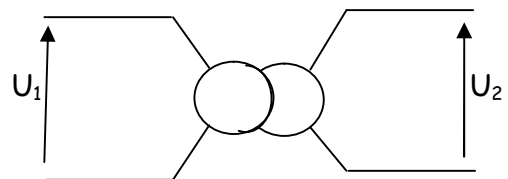
Un transformateur est constitué de deux bobines. L'une, le primaire, comporte $N_1 = 1000$ spires ; l'autre, le secondaire comporte $N_2 = 5000$ spires.

1. Calculer le rapport r de transformation du transformateur. Conclure.
2. Calculer dans chacun des cas, la grandeur électrique correspondante si on branche sur le primaire successivement :
 - 2.1 une tension continue de 6 V.
 - 2.2 une tension alternative de valeur efficace 12 V.
 - 2.3 un courant alternatif d'intensité efficace 50 mA.

EXERCICE 12 : (Bac 08 - 2^e groupe)

Soit le montage ci-contre représentant un transformateur parfait.

1. Que représentent U_1 et U_2 ?
2. Définir le rapport r de transformation. Calculer r pour $U_1 = 220$ V et $U_2 = 24$ V.



3. Le primaire comporte 200 spires, déterminer le nombre de spires au secondaire.
4. Le secondaire débite 4,5 A dans une charge, calculer l'intensité efficace au primaire.

EXERCICE 13 : (Bac 02 - 1^{er} groupe)

Un transformateur comporte un nombre de spires $n_1 = 2000$ au primaire et $n_2 = 500$. On applique, au primaire, une tension sinusoïdale de fréquence $N = 50$ Hz et de valeur efficace U_1 égale à 10 V.

1. Quelle est la nature de la tension au secondaire ? Quelle est sa fréquence ?
2. Le transformateur est-il élévateur ou abaisseur ?
3. Donner la valeur efficace U_2 de la tension au secondaire.
4. Si l'intensité du courant dans le secondaire est 5 A et le rendement du transformateur $\rho = 0,95$, trouver l'intensité du courant dans le primaire.

EXERCICE 14 :

Une lampe fonctionne sous une tension de 24 V, elle est traversée alors par un courant d'intensité 0,8 A. Quelle est la puissance électrique consommée par cette lampe.

EXERCICE 15 :

Un rhéostat de 23Ω est parcouru par un courant d'intensité 5 A.

1. Calculer la puissance électrique dissipée par effet joule dans
2. Quelle est la quantité de chaleur (en J et en kWh) dégagée en une demi-heure ?

EXERCICE 16:

1. Un conducteur ohmique porte les indications suivantes : 50Ω et 4 A. Quelle est la puissance dissipée par ce conducteur ? Sous quelle tension faut-il l'utiliser ?
2. Un récepteur reçoit une énergie électrique de 5 kWh en 6 h. La tension entre ses bornes est 220 V. Calculer l'intensité du courant qui le traverse.
3. Un conducteur ohmique porte les indications suivantes : 50Ω et 4 A. Quelle est la puissance dissipée par ce conducteur ? Sous quelle tension faut-il l'utiliser ?

EXERCICE 17 : (Bac 04 - 1^{er} groupe)

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

1. Avec quels appareils mesure-t-on U et ?
2. Définir la puissance apparente. La calculer pour le chauffe-eau.
3. L'énergie électrique W consommée par le chauffe-eau pour une durée de 6 heures est de $1,7 \cdot 10^7$ J. En déduire la puissance moyenne et le facteur de puissance de ce récepteur.

EXERCICE 18 :

Répondre aux questions suivantes :

1. Pourquoi l'implantation d'une centrale électrique doit-elle obéir à des conditions géographiques et économiques ?
2. Pourquoi la Sénélec est obligée de transporter l'énergie électrique à longue distance sous très haute tension ?

EXERCICE 19 :

Un récepteur est alimenté sous une tension $U_{AB} = 12$ V. Il est en outre traversé par un courant d'intensité $I = 200$ mA.

1. Quelle est la puissance électrique reçue par ce récepteur ?
2. Quelle est l'énergie électrique convertie si le récepteur fonctionne pendant 20 minutes ?

EXERCICE 20:

Aux bornes d'un récepteur traversé par un courant d'intensité $I = 0,3 \text{ A}$ est appliquée une tension de 24 V .

1. Quelle est la puissance électrique reçue par ce récepteur ?
2. Quelle est l'énergie électrique convertie si le récepteur fonctionne durant 3 h ?

EXERCICE 21:

Un récepteur électrique convertit une énergie électrique $W = 80 \text{ KJ}$ quand il fonctionne pendant $2\text{h } 20 \text{ min}$.

1. Quelle est la puissance électrique reçue par ce récepteur ?
2. Sachant qu'il est traversé par un courant d'intensité $I = 500 \text{ mA}$, en déduire sa tension d'alimentation

EXERCICE 22 :

Un panneau solaire est utilisé pour alimenter un moteur électrique. Quand il est exposé en plein soleil à midi, la tension entre ses bornes et l'intensité du courant qui circule dans le circuit sont maximales et valent respectivement : $U_{\max} = 12 \text{ V}$ et $I_{\max} = 1,6 \text{ A}$. Calculer la puissance électrique reçue par le moteur.

EXERCICE 23 : (Concours Général Sénégalais - 2011)

1. Après production au niveau de la centrale, l'électricité fournie par la Société nationale d'électricité du Sénégal «Sénélec» est transportée à haute tension sur de très longues distances par des câbles mais elle est utilisée à domestique à basse tension.

1.1 Expliquer pourquoi le courant électrique est transporté à haute tension de la centrale de production vers les utilisateurs.

1.2 Utilise-t-on un transformateur abaisseur de tension ou élévateur de tension au sortir de la de la centrale.

2. 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'électricité d'un «goorgorlu» se présente comme suit :

Tranche	Consommation (kWh)	Tarif (CFA/kWh)	Montant
1 ^{er} tranche	160	106,4	
2 ^e tranche	106	114,2	
3 ^e tranche	96	117,3	
Total			

2.1 Sur la facture, l'énergie consommée est exprimée en kWh. Rappeler le nom et le symbole de l'unité d'énergie dans le Système International (SI). Convertir 1 kWh en unité SI.

2.2 Quelle est la consommation totale du «goorgorlu» en kWh et quel est le montant en CFA qu'il doit, hors taxe ? Recopier le tableau et y reporter les valeurs trouvées.

2.3 Ce «goorgorlu» doit en outre payer une taxe communale qui s'élève à $2,5\%$ du montant hors taxe, une redevance qui s'élève à 920 F et la taxe sur la valeur ajoutée (TVA) dont le montant est 18% du montant. Calculer la somme nette que ce «goorgorlu» doit à la Sénélec.

EXERCICE 24 : (Concours Général Sénégalais - 2011)

La plupart des appareils ménagers fonctionnent en courant électrique : lampes, réfrigérateurs, congélateurs, télévisions, radios, chaînes de musique, fer à repasser ...

Un choix judicieux des appareils électriques, en fonction de la puissance souscrite à la Sénélec, est déterminant quant à la consommation et au coût de l'électricité.

Le tableau qui suit indique les caractéristiques des appareils électriques utilisés par une famille et donne des indications sur la consommation moyenne journalière de chaque appareil.

1. Recopier le tableau et le compléter.

2. En déduire la consommation d'énergie électrique de cette famille par bimestre et le prix de revient global avec un prix moyen du kWh de 115 F CFA.

Appareil	Puissance nominale pour un appareil (W)	Durée moyenne d'utilisation journalière en h	Consommation moyenne journalière (kWh)
fer à repasser	1000	0,3	
Réfrigérateur 250 L	200		1,45
Congélateur 360 L	200		1,4
5 lampes à incandescences	60	3	
15 lampes à basse tension	20	3	
Télévision	70	3	

3. Déterminer la somme journalière économisée par cette famille si elle utilisait 5 LBC de 15 W chacune à la place des 5 lampes à incandescence et pour la même durée de fonctionnement, les autres appareils restant inchangés. Quelle en sera le montant au cours d'un bimestre ?

TEXTES SCIENTIFIQUES :

TEXTE N°1 :

Au début du XVIII^e siècle, plusieurs physiciens ont tenté d'établir un lien entre les phénomènes électriques et magnétiques. C'est ainsi qu'en 1820, le dénommé CÆRSTED trouva qu'un courant électrique produisait un champ magnétique, ceci grâce à une aiguille aimantée dont il observa la déviation. On cherche 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 fil avec un grand nombre de spires et l'ayant branché sur un galvanomètre sensible, cherchait à détecter le courant que produirait la présence d'un aimant à proximité ou à l'intérieur de cette bobine. Scrupuleux dans ses recherches, pour que l'aimant ne perturbe pas le galvanomètre, il plaça son instrument de mesure dans la pièce voisine, relié 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 scientifique.

Lisez attentivement ce texte et répondez aux questions suivantes :

1. Quel phénomène Colladon voulait-il observer en introduisant un aimant dans une bobine ?

2. Ses expériences furent sans résultat : Est-ce la seule présence de l'aimant dans la bobine qui engendre le phénomène ? Qu'aurait-il fallu faire ?

3. Pourquoi a-t-il pris un grand nombre de spires pour la bobine ?

4. Si Colladon avait fait tourner son aimant devant la bobine ou dans la bobine, qu'aurait-il observé sur son appareil de mesure ?

TEXTE N°2 :

Les centrales thermiques classiques dites centrales à flamme, utilisent l'énergie libérée, sous forme de « chaleur » par un combustible. Cette énergie est produite par combustion du charbon ou du fioul. L'énergie utilisée sert à vaporiser l'eau d'un circuit. La vapeur d'eau ainsi produite à haute température et sous forte pression alimente une turbine qui entraîne un alternateur connecté à un transformateur.

1. Préciser la forme d'énergie utilisée dans la centrale thermique classique.
2. L'alternateur est un appareil indispensable pour la production de l'électricité :
 - 2.1 Décrire une expérience simple illustrant le principe d'un alternateur.
 - 2.2 Citer les deux parties essentielles qui constituent un alternateur.
3. A quel(s) niveau(x) de la chaîne de distribution de l'énergie électrique sont utilisées des transformateurs ? A quel(s) fin(s) ?

TEXTE N°3 :

Au Sénégal, une des décisions prises pour aider à combler le déficit en besoin énergétique est l'utilisation de lampes à basse consommation (LBC). Ces lampes dégagent peu de chaleur et limitent donc les risques de brûlure. Fluorescentes et compactes, elles se substituent sans transformation aux ampoules incandescentes et s'intègrent dans tout luminaire. Elles ont une longue durée de vie : 8000 h ; soit 8 fois plus que les lampes incandescentes. Economiques, elles consomment 5 fois moins que les lampes incandescentes pour une même quantité et qualité de lumière.

Lire le texte et répondre aux questions suivantes :

1. Citer trois avantages des LBC par rapport aux ampoules à incandescence.
2. Les puissances nominales respectives d'une lampe à basse consommation et d'une ampoule à incandescence sont 15 W et 75 W. Sachant que la durée moyenne d'utilisation journalière de chacune de ces lampes est de 3 heures et le prix moyen du kWh de 115 F CFA; calculer :
 - 2.1 le montant correspondant à la consommation journalière d'une LBC
 - 2.2 le montant correspondant à la consommation journalière d'une ampoule à incandescence.
 - 2.3 le montant de l'économie par bimestre réalisée en utilisant 5 LBC au lieu de 5 ampoules à incandescence.

TEXTE N°4 :

Le secteur de l'électricité au Sénégal est géré par un seul fournisseur : la Société nationale de l'électricité (Sénélec). Parmi les centrales thermiques les plus récentes dont dispose la Sénélec, il y a la centrale électrique à charbon de Sendou de 125 MW et la centrale de Kounoune au fuel lourd, d'une puissance de 67,5 MW :

- la centrale de Sendou produit 6,7 kWh par kg de charbon utilisé.
- la centrale de Kounoune produit 11,2 kWh par kg de fuel lourd utilisé.

1. Calculer les quantités d'énergie électrique produite par chacune des centrales en 24 H.
2. Pour une journée de production, comparer les coûts de production de ces deux centrales sachant qu'on aboutit à un coût d'exploitation de 46,63 F/kWh pour les unités au charbon et 86 F/kWh pour celles au fuel.

REACTIONS SPONTANÉES, FISSION ET FUSION

Données :

Dans toute la suite, on prendra pour les exercices les valeurs suivantes :

$$m_p = 1,00728 \text{ u}; \quad m_n = 1,00866 \text{ u}; \quad m_e = 5,486 \cdot 10^{-4} \text{ u}; \quad 1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg};$$

$$C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}; \quad 1 \text{ eV} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}; \quad 1 \text{ MeV} = 1,6022 \cdot 10^{-13} \text{ J}; \quad 1 \text{ u} = 931,494 \text{ MeV}/c^2.$$

EXERCICE 1 :

1. Définir le phénomène de la radioactivité.
2. Pourquoi la radioactivité est un phénomène spontané, inéluctable et aléatoire ?
3. Quelles sont les différents types de particules émises par les corps radioactifs ?
4. Quel est le rayonnement électromagnétique émis par les corps radioactifs ?
5. Qu'appelle-t-on période radioactive, ou demi-vie, d'un nucléide ?
6. Définir l'énergie de liaison par nucléon pour un noyau .
7. Qu'appelle-t-on fission nucléaire ? Citer un exemple de noyau fissible.
8. Qu'appelle-t-on fusion nucléaire ? Donner un exemple de réaction de fusion.

EXERCICE 2 :

Compléter les phrases ci-après :

1. Un noyau d'un atome est constitué de particules appelées qui sont de deux sortes que sont les et
2. Un nucléide est l'ensemble des noyaux des atomes du même élément chimique caractérisés par une même valeur de A.
3. Le défaut de masse d'un noyau est entre la somme des masses de ses pris séparément et la masse du
4. La radioactivité est la transformation d'un noyau accompagné de l'émission d'un rayonnement.

EXERCICE 3 :

Choisir la bonne réponse :

1. (Bac 10 - 1^e groupe) - Un nucléide pour lequel on peut provoquer la fission du noyau par un neutron thermique est dit : fossile fertile fissile
2. (Bac 02 - 2^e groupe) - La période radioactive dépend du: temps nucléide lieu
3. (Bac 05 - 2^e groupe) - Le carbone ${}^{14}_6$ est radioactif émetteur β^- , sa désintégration donne :

<input type="checkbox"/> ${}^{12}_6$	<input type="checkbox"/> ${}^{13}_6$	<input type="checkbox"/> ${}^{14}_7$	<input type="checkbox"/> ${}^{13}_7$
--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------
4. Lors de la désintégration β^- du noyau , le numéro atomique du noyau fils est :

<input type="checkbox"/> Z	<input type="checkbox"/> Z-1	<input type="checkbox"/> Z+1	<input type="checkbox"/> Z+2
----------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------
5. (Bac 11 - 2^e groupe) - Le carbone 14 (${}^{14}_6$) est radioactif de période 5730 ans. Le temps au duquel le nombre de noyaux de carbone 14 contenus dans un échantillon radioactif a diminué de moitié est :

<input type="checkbox"/> 5730 ans	<input type="checkbox"/> 11460 ans	<input type="checkbox"/> 2865 ans
-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

EXERCICE 4:

Recopier et compléter les phrases ci-après :

1. (Bac 10 - 1^{er} groupe) : L'atome d'uranium ${}_{92}^{235}$ est formé de 92 protons, de neutrons et de nucléons.

2. (Bac 03 - 2^e groupe) : L'atome de chlore a pour symbole ${}_{17}^{35}$. Il est formé de protons, de neutrons et de électrons. Le nombre de nucléons dans le noyau est

3. (Bac 07 - 1^{er} groupe) : La période radioactive est la au bout de laquelle la des noyaux radioactifs initialement présents s'est désintégrée.

4. (Bac 05 - 1^{er} groupe) : L'émission spontanée de particules par un noyau un noyau instable est la

5. (Bac 01 - 2^e groupe) : La radioactivité γ est une émission par un radioélément. Le noyau obtenu a un de plus que le noyau père et en se désexcitant, il émet un

6. (Bac 05 - 1^{er} groupe) : La radioactivité α est un phénomène alors que la radioactivité β est

7. (Bac 09 - 1^{er} groupe) : Lors de la désintégration α du noyau , le nombre de masse du est A, son est Z+1.

8. (Bac 00 - 1^{er} groupe) : Lors d'une réaction nucléaire l'énergie se mais la masse varie. Une particule de masse m possède une énergie de valeur $E = \dots\dots\dots$

9. (Bac 07 - 2^e groupe) : L'énergie produite dans le soleil et les étoiles est appelée ; provient des réactions de nucléaire ; la principale réaction est celle transformant l'hydrogène en

EXERCICE 5 :

Compléter les réactions suivantes :

1. Noyaux émetteurs α : ${}_{84}^{210} \rightarrow \dots + \text{Pb}$ $\dots h \rightarrow \dots + {}_{88}^{219}$
2. Noyaux émetteurs β^- : ${}_{6}^{14} \rightarrow \dots + {}_{-}^{0} + \bar{\nu}$ $\dots \rightarrow {}_{16}^{32} + \dots + \bar{\nu}$
3. Noyaux émetteurs β^+ : ${}_{7}^{12} \rightarrow \dots + \dots + \dots$ $\dots \rightarrow {}_{47}^{107} + \dots + \nu$
4. (Bac 00 - 1^e groupe) : ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{38}^{94}\text{Sr} + {}_{54}^{140}\text{Xe} + \dots$

EXERCICE 6:

Une substance radioactive dont la demi-vie est de 10 s émet initialement $2 \cdot 10^7$ particules par seconde. Calculer la constante de désintégration de la substance. Quelle est son activité ?

EXERCICE 7:

1. Un noyau radioactif a une demi-vie de 1 s. Calculer sa constante de désintégration.
2. La constante radioactive du ${}_{84}^{210}$ est $= 5,8 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$. Calculer, en secondes et en jours, la période radioactive T.

EXERCICE 8:

Calculer, en MeV, l'énergie libérée par le radium 226 qui se désintègre spontanément en donnant un rayonnement α selon l'équation-bilan: ${}_{88}^{226} \rightarrow {}_{86}^{222} + {}_2^4$

On prendra : $M({}_{88}^{226}) = 226,025\,41 \text{ u}$; $M({}_{86}^{222}) = 222,017\,563 \text{ u}$; $M({}_2^4) = 4,002\,60 \text{ u}$.

EXERCICE 9 :

Le noyau d'uranium ${}_{92}^{238}$ se désintègre spontanément en noyau de thorium Th avec émission α

1. Ecrire l'équation de la réaction nucléaire en précisant les lois de conservation utilisées.

2. Calculer en J, puis en MeV, l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau d'uranium 238.

EXERCICE 10 :

1. Le noyau d'uranium ${}_{92}^{238}$ se désintègre en émettant une particule α . Ecrire l'équation associée à cette réaction nucléaire

2. On considère les trois noyaux suivants : ${}_{92}^{235}$, ${}_{92}^{238}$ et ${}_{82}^{235}$.

2.1 Définir l'énergie de liaison d'un noyau.

2.2 Quelle est, pour chacun d'eux, l'énergie de liaison par nucléon exprimée en MeV/nucléon ?

2.3 Indiquer en le justifiant, lequel de ces trois noyaux est le plus stable.

On donne le tableau ci-dessus et les valeurs des masses des noyaux des atomes :

Plomb 206: 205,92905 u; Thorium 234: 233,99422 u; Uranium 238: 238,00031 u

Z	symbole	nom
88	Ra	Radium
89	Ac	Actinium
90	Th	Thorium
91	Pa	Protactinium
92	U	Uranium
93	Np	Neptunium
94	Pu	Plutonium

EXERCICE 11:

On considère des noyaux d'uranium 235 de symbole ${}_{92}^{235}$ et de strontium 94 de symbole ${}_{38}^{94}$.

1. Indiquer la composition de ces noyaux.

2. Calculer l'énergie de masse de chaque noyau, ainsi que l'énergie de masse des nucléons qui le constituent.

3. En déduire la valeur de l'énergie de liaison de chaque noyau ainsi que son énergie de liaison par nucléon. Comparer ces valeurs et interpréter.

Données: $m({}_{92}^{235}\text{U}) = 234,9935 \text{ u}$ et $m({}_{38}^{94}\text{Sr}) = 93,8945 \text{ u}$.

EXERCICE 12 :

On considère les nucléides suivants ${}_{5}^{12}\text{B}$; ${}_{6}^{12}\text{C}$ et ${}_{7}^{14}\text{N}$

1. Indiquer la composition de ces noyaux. Ces noyaux sont-ils isotopes ?

2. Energie de liaison et stabilité des noyaux :

2.1 Rappeler la définition de l'énergie de liaison d'un noyau.

2.2 Calculer l'énergie de liaison d'un noyau dans le cas du nucléide ${}_{6}^{12}\text{C}$.

2.3 Calculer l'énergie de liaison par nucléon pour le nucléide ${}_{5}^{12}\text{B}$.

3. De fait le nucléide ${}_{6}^{12}\text{C}$ est stable alors que le nucléide ${}_{5}^{12}\text{B}$ est radioactif β^- et le nucléide ${}_{7}^{14}\text{N}$ est radioactif β^+ .

3.1 Ecrire l'équation bilan de ces deux réactions de désintégrations.

3.2 En quoi ces deux types de radioactivité étaient-ils prévisibles ?

Données : $m_{\text{noyau}}({}_{6}^{12}\text{C}) = 11174,7 \text{ MeV}/c^2$; $m_p = 938,3 \text{ MeV}/c^2$; $m_n = 939,6 \text{ MeV}/c^2$

TEXTES SCIENTIFIQUES :

TEXTE N°1 : (Bac 02 - 1^{er} groupe)

En 1911, Ernest Rutherford devenu professeur à Manchester a établi l'existence de l'atome en bombardant une mince feuille d'or avec des noyaux d'hélium 4_2 ou particules α , ses deux jeunes collaborateurs Hans Geiger et Ernest Marsden ont observé que quelques particules étaient fortement déviées, la plupart traversant la feuille sans déviation, Rutherford en déduit que les charges positives et presque toute la masse de l'atome sont rassemblées dans un très petit volume, le noyau.

L'année suivante les travaux de F. Soddy, K. Fajans, G. Von Hevesy et A. S. Russel, aboutissent à la loi de déplacement ou loi de valence ; elle indique que la radioactivité α conduit à la formation d'un nouvel élément. Le nouvel élément est à une colonne vers la droite de l'élément père dans la classification périodique.

En 1913 Henry Moseley assistant de Rutherford démontre expérimentalement que le nombre d'électrons atomiques et le nombre de charges positives du noyau sont égaux au numéro atomique de l'élément dans la classification périodique. La même année le Danois Niels Bohr montre que le noyau est le siège de la radioactivité alors que son cortège d'électrons est responsable des réactions chimiques.

Questions :

1. Donner la composition des particules α .
2. Partant des réactions produisant le rayonnement α et en appliquant les lois de conservation (lois de Soddy), justifier la loi de déplacement ou loi de valence.
3. Quel est le nom donné au nombre d'électrons atomiques ou nombre de charges positives du noyau ? Quel est son symbole ?
4. Comment appelle-t-on une réaction au cours de laquelle un nucléide est transformé en un autre nucléide ?
5. Qu'appelle-t-on défaut de masse ? Pour un noyau de masse M , exprimer le défaut de masse en fonction de M , A , Z , la masse du neutron m_n et celle du proton m_p .

TEXTE N°2 : (Bac 00 - 2^e groupe)

Plusieurs savants ont travaillé sur la radioactivité et ont découvert de nouveaux éléments radioactifs. Parmi eux, se distinguent : Henri BECQUEREL, Pierre et Marie CURIE, RUTHERFORD, SODDY, etc. ...

1. Quels sont les noms des savants désignant une unité ?
2. En 1903 Marie CURIE et BECQUEREL ont obtenu le PRIX NOBEL DE PHYSIQUE. En 1911 Marie CURIE a obtenu le PRIX NOBEL DE CHIMIE (elle est la seule femme à avoir obtenu deux PRIX NOBEL). Depuis AVRIL 1995 Pierre et Marie CURIE reposent au PANTHEON et les billets de 500 F français émis portent leur effigie.
 - 2.1 Qu'est ce que le PRIX NOBEL ?
 - 2.2 Qu'est ce que le PANTHEON ? Où est-il situé ? Qui y reposent ?
 - 2.3 Marie CURIE est morte de leucémie aigüe, quelle serait la cause de cette maladie ?
3. Définir la radioactivité.
4. Expliquer que la radioactivité est un phénomène spontané, inéluctable et aléatoire.

TEXTE N°3 : (Bac 07 - 1^{er} groupe)

Les divers branches de la physique et de la chimie issues de l'étude de la radioactivité ne sont pas toutes aussi difficiles que la quête de Grande Unification (un formalisme unique pour toutes les interactions de la nature). Certaines ont des applications pratiques, utilitaires et bien sûr militaires.

Dans les années 1930, on découvre la radioactivité artificielle : on a alors fabriqué des éléments chimiques qui n'existaient pas dans la nature ; on a aussi élaboré des techniques de séparation (d'enrichissement) d'isotopes radioactifs peu concentrés dans les sources naturelles (les minerais d'uranium par exemple). Par fission spontanée des noyaux, en cascade ou en chaîne, ces éléments pouvaient engendrer, d'un seul coup, une monstrueuse quantité d'énergie. La bombe atomique a donné un corps au mythe de l'anéantissement dans une boule de feu. Cependant, incontrôlable : dans les centrales nucléaires l'énergie dégagée par les réactions nucléaires fait bouillir l'eau d'une machine à vapeur qui, associée à un générateur, produit l'électricité [...]. La radioactivité est très liée au temps. Elle aide les géologues à mesurer l'âge de la Terre ou à déterminer la date d'une roche préhistorique.

1. Donner un titre à ce texte.
2. Définir les mots soulignés dans le texte
3. Quelles sont les applications pratiques de la radioactivité mentionnées dans le texte ? Citer d'autres applications de la radioactivité.
4. Expliquer brièvement la datation au carbone 14 pour déterminer l'âge de la Terre ou d'une roche préhistorique.

TEXTE N°4 : (Bac 01 - 1^{er} groupe) - **Découverte de la radioactivité β^+**

En 1934, Irène et Frédéric Julio-Curie découvraient le phénomène de la radioactivité artificielle. Cette découverte leur valut, l'année suivante, le prix Nobel de Chimie.

Voici un extrait de la conférence Nobel, prononcée à cette occasion le 12/12/1935 :

« En étudiant les transmutations avec l'émission de neutrons produits dans les éléments légers irradiés par rayons alpha, nous avons remarqué certaines difficultés d'interprétation pour l'émission de neutrons par le fluor, le sodium et l'aluminium. L'aluminium peut se transformer par capture d'une particule alpha et expulsion d'un proton en un atome stable de silicium. Au contraire, s'il y a émission d'un neutron, le produit de la réaction n'est pas un tome inconnu. Reprenant notre hypothèse de la transformation du noyau d'aluminium en noyau de silicium, nous avons supposé que le phénomène se produit en deux temps :

a. il y a d'abord capture de la particule alpha et expulsion instantanée du neutron, avec formation d'atome radioactif qui est un isotope du phosphore de masse 30, alors que l'atome stable de phosphore a une masse égale à 31.

b. ensuite cet atome instable, ce radioélément nouveau, que nous avons appelé radio-phosphore, se détruit avec une période de 3 minutes. Ici masse signifie nombre de masse ».

Extrait physique 1^{ère}S - Tomasino 1994 - Collection Nathan.

Lire le texte et répondre aux questions suivantes :

1. Définir brièvement les mots soulignés dans le texte.
2. Ecrire les deux réactions successives envisagées dans la partie du texte en a. et en b. en citant les lois utilisées. Comment s'appelle la nouvelle particule intervenant dans la deuxième réaction. On donne : ${}_{13}^{27}$; ${}_{15}^{30}$ (radiophosphore); ${}_{2}^{4}$; ${}_{14}^{30}$.
3. Définir le mot période que l'on trouve à la fin du texte. La radioactivité est-elle un phénomène périodique ?

TEXTE N°5 : (Bac 04 - 1^e groupe)

Les réserves énergétiques par la voie fusion nucléaire sont assez fabuleuses : 10^{25} KWh, ce qui correspond à 10 millions de fois la consommation mondiale en énergie de l'année 1975. L'énergie contenue dans un mètre cube d'eau de mer équivaut environ à 400 tonnes de charbon... De quoi faire rêver ...

Ces ordres de grandeur fascinant font que la fusion nucléaire est envisagée comme une des futures sources d'énergie. Le problème majeur est qu'il faut fournir une quantité d'énergie assez importante dans un volume assez réduit pour pouvoir récupérer l'énergie de fusion.

Les recherches dans cette voie ont débuté dans les années 1950, au moment de la guerre froide ; elles ont abouti essentiellement à la mise au point de la bombe H (bombe dite à hydrogène). Elle est constituée d'un mélange deutérium-tritium ; une petite bombe atomique (à uranium ou plutonium) y est incorporée en guise de détonateur et donne l'énergie d'appoint nécessaire au bon fonctionnement.

Texte extrait du dictionnaire de physique et chimie, T^{les} CDE - Hachette)

1. Donner un titre au texte.
2. Définir la réaction de fusion nucléaire.
3. Qu'est ce qui limite la recherche dans le domaine de la fusion nucléaire ?
4. Sur certains astres se déroulent des réactions de fusion. Citer un exemple. Comment appelle-t-on la forme d'énergie libérée par ces réactions ?
5. Pourquoi la fusion nucléaire fait-elle rêver ?

TEXTE N°6 : (Bac 03 - 1^{er} groupe)

« C'est par les photons arrivant au voisinage de la Terre que nous avons su nous faire une idée de la nature de l'Univers. Alors que les raies spectrales de la lumière visible sont dues aux transitions entre les niveaux d'énergie des électrons des atomes, les raies spectrales du rayonnement proviennent des transitions entre les niveaux d'énergie des noyaux des atomes. Soit le noyau de néon 22, formé de 10 protons et de 12 neutrons. Habituellement ce noyau se trouve dans son état fondamental, c'est-à-dire l'état de plus basse énergie ; mais il peut également occuper des états excités, d'énergie plus grande. Lorsqu'un noyau de néon 22 est dans son premier état excité, il retombe dans son état fondamental, et cette transition s'accompagne de l'émission d'un photon d'énergie 1,2746 MeV. Ce rayonnement est la signature d'une transition nucléaire spécifique.

Cette transition peut être la conséquence de plusieurs phénomènes. Par exemple, il peut y avoir désintégration du sodium 22, radioactif, de période 1,8 an, en un état excité du néon 22. On pense qu'une telle désintégration est courante dans l'évolution d'une supernova après son explosion. Aussi les astronomes espèrent-ils pour détecter un rayonnement de 1,2746 MeV provenant de l'explosion d'une étoile assez proche de notre système solaire, même plusieurs mois après l'explosion. Un autre phénomène pouvant entraîner une telle émission est la capture d'un neutron par un noyau de néon 21 pour donner un noyau de néon 22 dans un état excité »

Questions :

1. Représenter le noyau du néon 22 cité dans le texte sachant que le symbole chimique du néon est Ne.
2. Définir les mots soulignés.
3. Ecrire l'équation de la réaction nucléaire de la capture d'un neutron pour le néon 21 après avoir explicité les lois de conservation qui régissent ce phénomène.

TEXTE N°7 : (Bac 09 - 1^{er} groupe)

Le récent séisme de Californie n'est pas un évènement isolé ; d'autres tremblements de terre sont produits au cours des siècles, à proximité de la faille de San Andréas. On y a fait des prélèvements d'échantillons de terrains ensevelis lors des anciens séismes. On a pu mesurer pour chacun d'eux l'activité radioactive due à l'isotope de carbone 14, radioactif $^{14}_6\text{C}$, de période ou demi-vie $T = 5700$ ans. Le numéro atomique du carbone est 6.

1. Donner les définitions des mots soulignés.

2. Ecrire l'équation de désintégration du carbone 14.

3. Calculer la constante radioactive du carbone 14.

4. Un échantillon prélevé contient $N = 22 \cdot 10^{10}$ noyaux de carbone 14 à l'instant $t = 0$.

4.1 Calculer le nombre de noyaux de carbone 14 présents dans l'échantillon aux dates $t = T$; $t = 2T$ et $t = 3T$.

4.2 Ebaucher avec ces valeurs la courbe de décroissance radioactive $N = f(t)$.

On donne : $\frac{31}{15}$; $\frac{18}{8}$; $\frac{20}{10}$; $\frac{14}{7}$.

TEXTE N°8 : (Bac 05 - 1^{er} groupe)

« Le samedi 26 Avril 1986 à 11 h 30 min, à la suite de manœuvres aberrantes, une explosion de vapeurs d'eau se produit dans le réacteur n°4 de la centrale de Tchernobyl.

La dalle de béton située au dessus du réacteur, d'une masse de milles tonnes, et plusieurs dizaines de tonnes de combustibles radioactifs fondus sont projetées dans les bâtiments environnants, y allumant des incendies. Le graphite, modérateur, s'enflamme. Une partie des produits radioactifs accumulés dans le réacteur est entraînée à mille mètres d'altitude, donnant naissance à un nuage radioactif d'activité estimée à environ 10^{18} Bq; celui-ci survolera ensuite une grande partie de l'hémisphère Nord ».

1. Donner un titre au texte. Quelle est l'utilité de la dalle de béton de milles tonnes ?

2. Quels sont les effets néfastes de cet évènement sur l'environnement ?

3. Quel est, d'une manière générale, le principe de fonctionnement d'une centrale électrique ?

4. définir l'activité d'une substance radioactive, préciser son unité et rappeler sa loi de variation en fonction du temps.

TEXTE N°9 : (Bac 06 - 1^{er} groupe)

« Des fragments d'os et de charbon de bois d'un foyer ont été prélevés dans un site préhistorique. On mesure l'activité du carbone 14 ($^{14}_6\text{C}$) des résidus d'os et de charbon, afin de déterminer l'âge de ces fragments. Le carbone 14 est produit constamment dans l'atmosphère à la suite du bombardement de l'azote ($^{14}_7\text{N}$) par des neutrons cosmiques. Les plantes assimilent aussi bien $^{12}_6\text{C}$ et $^{14}_6\text{C}$. Les abondances respectives de ces deux isotopes sont les mêmes dans les composés carbonés de l'atmosphère (CO_2) et les être vivants. A la mort de ces derniers, il n'y a plus d'assimilation ; le carbone 14 radioactif se désintègre. Au bout d'une période, c'est-à-dire 5570 ans, sa quantité a diminué de moitié ».

1. Donner un titre au texte. Donner la composition des noyaux atomiques cités dans le texte.

2. Le carbone 14 est produit avec un autre élément à la suite du bombardement de l'atome d'azote par un neutron. Ecrire l'équation de cette réaction après avoir explicité les lois de conservation à utiliser. Identifier qui se forme à coté du carbone 14 à partir des données ci-après : H : Z = 1 ; He : Z = 3 ; Li : Z = 3

TEXTE N°10 : (Bac 08 - 1^{er} groupe)

[La médecine nucléaire et l'imagerie médicale fonctionnelle sont basées sur le marquage isotopique : un radioélément, ou une molécule marquée, est introduit dans l'organisme et un système de caméras couplées à un ordinateur détecte, hors du corps, le rayonnement émis.

Il est ainsi possible de suivre la progression de la radioactivité dans la circulation sanguine, de visualiser un organe et d'en étudier le fonctionnement selon la répartition du traceur et l'évolution de sa concentration.

Dés 1939, J. et E. Lawrence démontrèrent l'intérêt de l'iode radioactif dans l'exploration de la glande thyroïde, qui synthétise des hormones iodées, capte de façon très sélective les molécules d'iode présentes dans le sang ou apportées sous forme d'iodure par l'alimentation.

Il est ainsi possible, après administration de faibles doses d'iode 131, d'obtenir une scintigraphie de thyroïde reflétant la distribution de la radioactivité au sein de l'organisme.

Tous les radioéléments ne sont pas utilisables chez l'Homme. Ils doivent émettre un rayonnement gamma suffisant, mais leur activité doit décroître rapidement pour ne pas délivrer une dose trop élevée (iode 131, iode 123, technétium 99, thallium 201 ...). Les données obtenues permettent de reconstituer l'image de l'organe en fonctionnement ...].

1. Donner un titre au texte.

2. En quoi consiste le marquage isotopique ?

3. L'iode 131 et l'iode 123 sont des isotopes. Définir dans le cas général ce qu'on appelle « isotopes ».

4. Définir l'activité d'un radioélément.

5. Quelles particularités les radioéléments utilisables chez l'Homme présentent-ils ?

TEXTE N°11 : (Bac 00 - 1^{er} groupe)

« ... Nous avons obtenu le mendelevium en bombardant l'einsteinium avec des noyaux d'hélium. La première expérience devrait fournir quelques atomes de mendelevium et des neutrons. Nous devons, à tout prix, isoler les atomes de mendelevium avant qu'ils ne fussent tous désintégrés. En effet, la période de cet élément est si courte que la moitié de tout échantillon se désintègre en une demi heure environ, devenant l'isotope 256 du fermium (${}_{100}^{256}$) suivant une réaction de désintégration spontanée ... »

1. En vous appuyant sur le texte, donner la différence entre réaction nucléaire spontanée et réaction nucléaire provoquée.

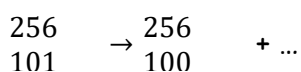
2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction nucléaire provoquée, aboutissant à la formation du mendelevium (${}_{101}^{256}$) à partir de l'einsteinium (${}_{99}^{253}$).

3. Donner l'ordre de grandeur de la période du mendelevium.

4. A partir des éléments cités dans le texte et en vous appuyant sur le tableau ci-contre, indiquer trois couples d'isotopes.

247	251	254	257	255	258
97	98	99	100	102	101

5. Compléter l'équation-bilan ci-dessous :



- De quel type d'émission s'agit-il ?

- Les nucléides donnant ce type d'émission existent-ils dans la nature ?

EXERCICE 3 :

Les cloches d'une église se mettent à sonner à 10 h exactement pour appeler les fidèles à l'office. A quelle date un fidèle, habitant à 1,7 km de l'église, entendra-t-il le premier son de cloche ? On donne la célérité du son dans l'air : 340 m/s.

EXERCICE 4 :

Deux enfants tiennent les extrémités d'une corde (la corde ne touche pas le sol). L'un des enfants imprime une secousse à l'extrémité qu'il tient : une perturbation parcourt alors la corde d'une extrémité à l'autre. S'agit-il d'un phénomène de propagation ? La perturbation est-elle longitudinale ?

EXERCICE 5 :

Une corde élastique est fixée à l'extrémité d'un vibreur de fréquence 50 Hz.

1. Calculer la longueur d'onde sachant que les vibrations se propagent à la célérité de 10 m/s.
2. Comparer les mouvements des points de la corde situés à 40 cm l'un de l'autre.
3. Comparer les mouvements des points de la corde situés à 30 cm l'un de l'autre.

EXERCICE 6 :

On lance une pierre dans l'eau.

1. Les ondes se propageant à la surface de l'eau sont-elles longitudinales ou transversales ? Justifier votre réponse.
2. Que dire de la forme des ondes se propageant à la surface de l'eau ? Que peut-on en conclure à propos de la célérité de propagation de ces ondes ?
3. Pourquoi l'amplitude de la perturbation est-elle plus faible après quelques mètres de propagation ?

EXERCICE 7 :

Un très long ressort est tendu entre deux supports. On comprime quelques spires et on les lâche brusquement.

1. Qu'observe-t-on ?
2. L'onde mécanique observée est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier la réponse.
3. Que dire de la position des spires après le passage de la perturbation ? Y-a-t-il déplacement de matière d'un point à un autre du ressort ?

EXERCICE 8 :

La pointe d'un vibreur frappe la surface de l'eau contenue dans une cuve avec un mouvement vibratoire sinusoïdal de fréquence ν .

1. A un instant donné, quelle est la forme d'une ligne de crête à la surface de l'eau ? Justifier la réponse.
2. On appelle rayon d'onde une ligne perpendiculaire aux lignes de crête. La distance entre 6 lignes de crête consécutives mesurée sur un rayon d'onde est $D = 10,5$ cm. Quelle est la longueur d'onde de l'onde créée à la surface de l'eau ?
3. Quelle est la célérité des ondes étudiées ?

EXERCICE 9 :

Définir : - un signal ; - la fréquence d'un signal ; - une onde progressive

EXERCICE 10:

Compléter les phrases suivantes :

1. (Bac 00 - 1^{er} groupe) : La longueur d'onde λ est la distance dont avance l'onde ou le signal pendant la durée d'une
2. (Bac 01 - 2^{eme} groupe) : Il y'a diffraction d'une onde incidente lorsqu'elle une ouverture dont la largeur est inférieure ou égale à sa
3. (Bac 07 - 1^{er} groupe) : Une onde correspond à un transport et non de matière.

EXERCICE 11:

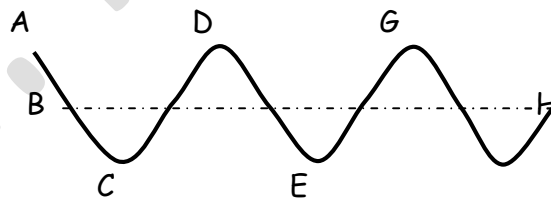
Choisir la bonne réponse :

1. (Bac 01 - 2^e groupe) - L'onde réfractée et l'onde incidente ont :
 - même fréquence, même célérité, même longueur d'onde;
 - même fréquence, célérité et longueur d'onde distinctes;
 - même fréquence, même célérité, longueur d'onde distincte.
2. (Bac 02 - 2^e groupe) - Le signal qui arrive à la limite d'un milieu est le signal :
 - incident
 - réfléchi
 - réfracté
3. (Bac 03 - 2^e groupe) - On donne la relation entre la période spatiale et la période temporelle d'une onde :
 - $\lambda = \frac{T}{C}$
 - $\lambda = CN$
 - $\lambda = CT$
 - $\lambda = \frac{c}{T}$
4. Une onde électromagnétique a pour fréquence $N = 5.10^6$ Hz ; sa longueur d'onde dans le vide est :
 - $\lambda = 1,5.10^{15}$ m
 - $\lambda = 0,6.10^2$ m
 - $\lambda = 1,67.10^{-2}$ m
 - $\lambda = 6$ m
5. lorsque l'angle d'incidence est égale à 30° alors l'angle de réflexion est de :
 - 10°
 - 120°
 - 30°
 - 45°

EXERCICE 12: (Bac 07 - 1^{er} groupe)

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

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

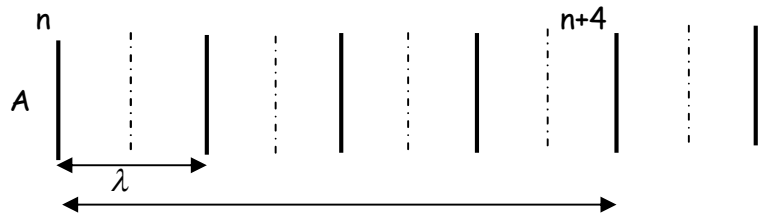


1. Parmi les points B, C, D, E, G et H de la corde, quels sont ceux qui vibrent en phase avec le point source A ? Quels sont les points en opposition de phase avec A ?
2. La plus petite distance séparant deux points en phase est $d = 10$ cm. Quelle est la valeur de la longueur d'onde λ ? Donner, en fonction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

EXERCICE 13:

On crée des ondes rectilignes sur l'eau d'une cuve à onde. La fréquence de vibration de la réglette est $N = 50$ Hz.

1. Calculer la période temporelle T de propagation de ces ondes.



2. On mesure la distance entre la crête de rang n à la crête de rang $n+4$; on trouve $d = 16$ cm (voir figure ci-dessus).

2.1 Calculer la longueur d'onde λ de l'onde se propageant à la surface de l'eau.

2.2 Quelle est la célérité de cette onde ?

3. Le mouvement du point A de l'eau est rectiligne sinusoïdal de direction verticale, d'amplitude $1,5$ cm. A l'instant $t = 0$, le point A est sur la crête de rang n et d'amplitude $1,5$ cm.

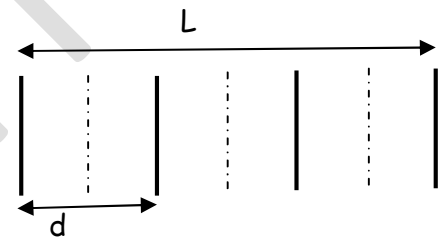
Représenter l'aspect de la surface de l'eau une période T après le début du mouvement (on indiquera l'amplitude et le λ de la longueur d'onde). On prendra comme échelle : 1 cm pour 1 cm de longueur d'onde en abscisse et 1 cm pour 1 cm d'amplitude en ordonnée.

EXERCICE 14: (Bac 10 - 2^{ème} groupe)

On crée des ondes rectilignes sur l'eau d'une cuve à onde. La fréquence de vibration de la réglette est $N = 100$ Hz.

1. Calculer la période temporelle des ondes.

2. Le schéma ci-contre représente l'aspect de la surface de l'eau. La plus petite distance séparant deux crêtes consécutives est d . Donner la signification physique de d .



3. La longueur $L = 6$ cm est égale à la distance séparant la crête de rang n à la crête de rang $n+3$. Calculer la longueur d'onde λ .

EXERCICE 15 : (Bac 08 - 1^{er} groupe)

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 où (o) désigne un obstacle.

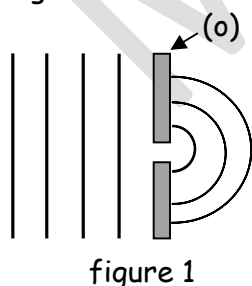


figure 1

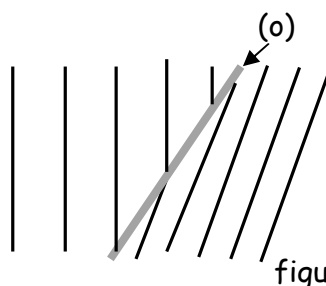


figure 2

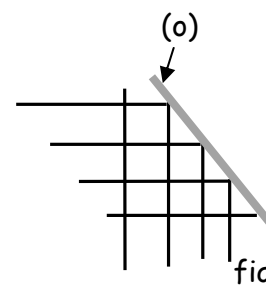


figure 3

1. Pour chacune des figures 1, 2 et 3 préciser le phénomène mis 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 (échelle du document est $1/5$). La célérité de l'onde réfractée est-elle plus grande ou plus petite que celle de l'onde incidente ? Justifier la réponse.

EXERCICE 1 :

1. Qu'es-ce qu'une source primaire de lumière ? Citer deux exemples sources primaires naturelles et deux exemples sources primaires artificielles.
2. Qu'es-ce qu'une source secondaire de lumière ?
3. Qu'es-ce qu'un corps opaque ? Qu'es-ce qu'une lumière diffusée ?
4. Citer deux exemples d'objets réfléchissants et deux exemples d'objets diffusants.
5. Qu'es-ce qu'un récepteur de lumière ? Donner un exemple de récepteur de lumière.
6. Citer un phénomène montrant que la lumière se propage dans le vide.
7. Décrire un fait d'observation courante illustrant la propagation rectiligne de la lumière.
9. Qu'es-ce qu'un rayon lumineux ? Qu'es-ce qu'un faisceau rectiligne lumineux ?
10. Qu'es-ce le phénomène de réflexion de la lumière ? Énoncer la première loi de Descartes pour la réflexion.
11. Qu'es-ce le phénomène de réfraction de la lumière ? Énoncer la deuxième loi de Descartes pour la réfraction.
12. Qu'appelle-t-on diffraction de la lumière ?
13. Pourquoi peut-on affirmer que la lumière a une nature vibratoire ?
14. La lumière est une onde : que signifie une telle expression ? Quel est l'ordre de grandeur des longueurs d'onde lumineuses ?
15. Qu'observe-t-on dans la zone d'interférence de deux faisceaux lumineux ?

EXERCICE 2 :

Compléter les phrases suivantes :

1. Dans un milieu transparent, homogène et isotrope, la lumière se propage en
2. Le phénomène d'interférence résulte de la de deux ondes provenant de sources cohérentes. Dans la zone où les deux faisceaux se superposent, on observe des alternativement sombres et brillantes, appelées
3. La lumière est un phénomène vibratoire qui se propage sous forme d'une

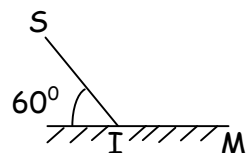
EXERCICE 3 :

Calculer l'indice de réfraction d'un milieu dans lequel la lumière se propage à la vitesse de 185 000 km/s. On donne : $v = \frac{c}{n}$ avec $c = 3 \cdot 10^8$ m/s où n est l'indice de réfraction.

EXERCICE 4 :

Un fin pinceau lumineux SI vient frapper, en I, un miroir M (figure).

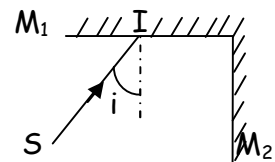
1. Quelle est la valeur de l'angle d'incidence ?
2. Tracer le rayon réfléchi.

**EXERCICE 5 :**

On dispose de deux miroirs plans M_1 et M_2 qui sont disposés à angle droit (figure).

Un rayon vient frapper M_1 sous une incidence $i = 20^\circ$.

1. Tracer la marche des rayons réfléchis sur M_1 puis sur M_2 .
2. Montrer que le rayon incident et le rayon réfléchi sur M_2 sont parallèles, quelle que soit la valeur de l'angle d'incidence i .

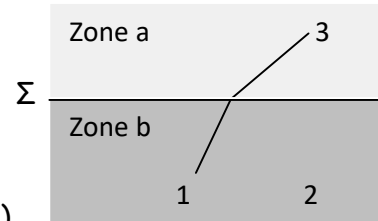


EXERCICE 6:

Un pinceau lumineux tombe sur la surface plane Σ séparant l'air de l'eau. On observe les rayons représentés sur la figure.

1. Le rayon 3 peut-il être le rayon incident ?
2. Identifier le rayon incident et les autres rayons.
3. Indiquer le sens de propagation de la lumière.
4. Dans quelle zone l'eau se trouve-t-elle ?

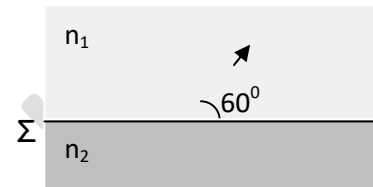
On donne les indices de réfraction de l'air ($n = 1$) et l'eau ($n = 1,33$).



EXERCICE 7:

Un fin pinceau lumineux tombe sur la surface Σ séparant deux milieux transparents d'indices $n_1 = 1,2$ et $n_2 = 1,6$ (figure).

Représenter le rayon incident correspondant au rayon réfracté dessiné sur la figure.



EXERCICE 8:

Un rayon lumineux se propage dans l'air et arrive, sous une incidence $i_1 = 30^\circ$, sur un bloc de verre d'indice $n = 1,5$. Déterminer l'angle de réfraction i_2 .

EXERCICE 9:

Un rayon lumineux se propage dans du plexiglas ($n = 1,5$) et sort dans l'air ($n = 1$).

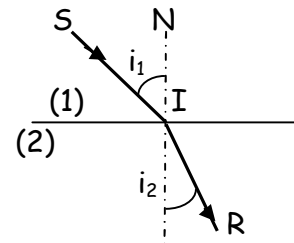
On appelle i_1 l'angle d'incidence et i_2 l'angle de réfraction. Compléter le tableau ci-contre:

i_1	0°	10°	20°	30°	40°
i_2					

EXERCICE 10: (Bac 01 - 1^{er} groupe)

Un rayon lumineux (SI) est brusquement dévié (IR) en traversant la surface de séparation de deux milieux transparents (1) et (2) comme l'indique la figure.

1. Comment appelle-t-on ce phénomène ?
2. Que représente SI, IR, i_1 et i_2 ?
3. Donner la relation entre i_1 , i_2 , n_1 et n_2 sachant que n_1 et n_2 sont respectivement les indices des milieux (1) et (2).
4. Calculer i_2 dans le cas où $i_1 = 90^\circ$, $n_1 = 1$ et $n_2 = 1,5$. Comment appelle-t-on i_2 dans ce cas ?



EXERCICE 11: (Bac 09 - 1^{er} groupe)

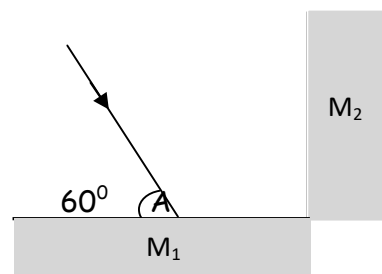
On dispose de deux miroirs plans (M_1) et (M_2) perpendiculaires. Un rayon lumineux arrive sur (M_1) en un point A comme indiqué sur le croquis ci-contre. Ce rayon fait un angle de 60° avec le miroir (M_1).

1. Quel est l'angle d'incidence du rayon sur le miroir (M_1) ?
2. Soit B le point de rencontre du rayon réfléchi par (M_1) avec le miroir (M_2).

Recopier le schéma et représenter le rayon réfléchi par (M_1).

3. Trouver la valeur de l'angle d'incidence sur le miroir (M_2). Représenter le rayon BC réfléchi par le miroir (M_2).

4. Trouver l'angle formé par le rayon incident sur le miroir (M_1) et le rayon réfléchi par le miroir (M_2).



EXERCICE 12: (Bac 03 - 1^{er} groupe)

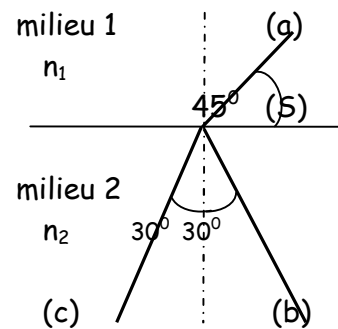
Un pinceau lumineux arrive à la surface (S) séparant deux milieux. On observe les rayons représentés à la figure ci-contre.

1. Recopier la figure, l'annoter après avoir identifié les rayons incident, réfléchi et réfracté.

2. Que représentent n_1 et n_2 ?

3. Rappeler les lois de Descartes relatives à la réflexion et à la réfraction.

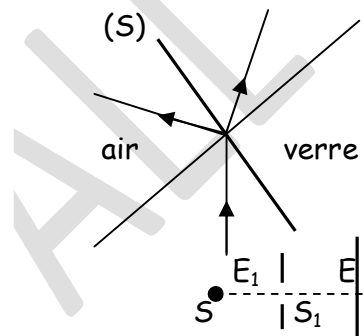
4. A-t-on $n_1 > n_2$ ou $n_1 < n_2$? Justifier.



EXERCICE 13: (Bac 03 - 2^{eme} groupe)

Un rayon lumineux arrive à la surface de séparation (S) de l'air et du verre comme marqué sur la figure ci-contre.

Recopier le schéma puis indiquer le rayon incident, le rayon réfléchi, le rayon réfracté, la normale à la surface de séparation et l'angle de réflexion sachant que l'angle d'incidence est 45° .



EXERCICE 14 : (Bac S- 2003 - 1^{er}groupe)

On réalise l'expérience représentée par la figure ci-contre :

S est une source lumineuse qui émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ .

S_1 est un trou circulaire de diamètre $d_1 \sim \lambda$ percé sur l'écran E_1 et E est l'écran d'observation.

1. Quel phénomène se produit à la traversée de la lumière en S_1 ?

2. Recopier le schéma et dessiner le faisceau émergent de S_1 . En déduire l'aspect de l'écran.

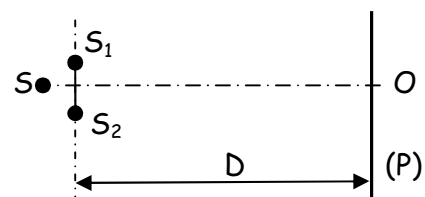
EXERCICE 15: (Bac 07 - 2^{eme} groupe)

Le dispositif interférentiel de Young ci-contre permet d'obtenir deux sources lumineuses ponctuelles S_1 et S_2 synchrones et cohérentes par dédoublement d'une source unique S. Les deux sources S_1 et S_2 sont distantes de $a = 1$ mm. Le plan (P) de l'écran d'observation, parallèles à S_1S_2 est situé à la distance $D = 1$ du milieu I de S_1S_2 .

1. La source S émet une radiation monochromatique de longueur d'onde λ

1.1 Décrire ce que l'on observe sur l'écran (P). Quel caractère de la lumière est ainsi mis en évidence ?

1.2 Calculer la longueur d'onde λ sachant que l'interfrange vaut $i = 0,579$ mm.



2. La source émet simultanément deux radiations de longueurs d'onde respectives $\lambda_1 = 0,55 \mu\text{m}$ et $\lambda_2 = 0,75 \mu\text{m}$. Décrire ce que l'on observe sur l'écran (P) et l'interpréter qualitativement (il n'est pas demandé de faire des calculs).

EXERCICE 16:

1. On considère une onde électromagnétique de fréquence $f = 3$ MHz. Fait-elle partie du domaine visible, U.V ou I.R. ?

2. Une onde lumineuse a une longueur d'onde dans le vide $\lambda = 550\text{nm}$. Quelle est sa fréquence ? Quelle est la couleur associée ?

EXERCICE 17:

1. Déterminer la période d'une radiation électromagnétique a une fréquence $\nu = 6,15 \cdot 10^{14}$ Hz.
2. Quelle est sa longueur d'onde dans le vide ? Est-ce une radiation visible ?
3. Quelle est sa longueur d'onde dans du verre d'indice de réfraction $n = 1,5$? La couleur associée à la radiation a-t-elle changé ?

EXERCICE 18: (Bac 99 - 2^{ème} groupe)

1. On donne les longueurs d'onde dans le vide λ (en nm) et une série de couleurs. Associer longueur d'onde dans le vide et couleurs. Les couleurs sont : jaune, bleu et rouge.
2. Une lampe à mercure, utilisée pour le bronzage du visage émet une radiation de fréquence égale à $1,18 \cdot 10^{15}$ Hz.

2.1 Calculer sa longueur d'onde dans le vide.

2.2 A quel domaine appartient-elle ?

On donne : $400 \text{ nm} \leq \lambda_{\text{visible}} \leq 750 \text{ nm}$

λ (en nm)	480	590	660
couleur			

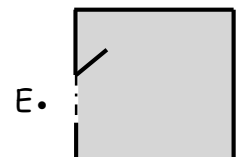
EXERCICE 19:

Une lampe à vapeur de thallium dont les constituants sont les ions Tl^+ et Tl^{2+} émet 88 radiations dont les 9 plus intenses ont pour longueur d'onde dans le vide : 238 nm ; 277nm ; 292 nm ; 323 nm ; 352 nm ; 353 nm ; 378 nm ; 335 nm et 1,15 μm .

1. Cette lampe émet-elle une lumière monochromatique, polychromatique ou continue ?
2. Préciser le domaine d'appartenance des radiations les plus intenses citées.
3. Calculer la fréquence des radiations émises.
4. La fréquence de ces radiations augmente-t-elle ou diminue-t-elle lorsque celles-ci passent d'un milieu transparent à un autre ?

EXERCICE 20:

Un émetteur E d'onde sonore est placé devant une porte AB de largeur $\ell = 80 \text{ cm}$ et donnant accès à une pièce (la figure ci-après montre la situation vue de dessus). L'émetteur émet une onde dans toutes les directions et la vitesse du son vaut $v = 340 \text{ m/s}$.



1. Observe-t-on un phénomène de diffraction important si la longueur d'onde sonore est $\lambda = 2 \text{ cm}$?
2. Observe-t-on un phénomène de diffraction si la fréquence émise est $f = 440 \text{ Hz}$?

EXERCICE 21:

Une radiation monochromatique peut se propager dans différentes milieux transparents, d'indice de réfraction n .

Compléter le tableau ci-contre:

	vide	eau	verre
longueur d'onde λ (nm)	550		
indice n du milieu		1,33	
vitesse de propagation v (m/s)	$3,00 \cdot 10^8$		$1,97 \cdot 10^8$
fréquence f (Hz)			
couleur de la radiation			

DUALITE ONDE-CORPUSCULE

Données :

- Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{Js}$ - Célérité de lumière dans le vide : $C = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$
- Charge électrique élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ - Masse de l'électron : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$
- L'énergie nécessaire pour extraire un électron d'un métal pur, W_0 , est, pour :
- le zinc : $W_0(\text{Zn}) = 3,6 \text{ eV}$; - le potassium : $W_0(\text{K}) = 2,26 \text{ eV}$; - le strontium : $W_0(\text{Sr}) = 2,06 \text{ eV}$.

EXERCICE 1:

1. Qu'es-ce l'effet photoélectrique ?
2. Quelles sont les conditions pour lesquelles l'effet photoélectrique est observé ?
3. Qu'es-ce qu'une fréquence seuil ?
4. Par l'hypothèse d'Einstein, donner une interprétation de l'effet photoélectrique.
5. Pourquoi peut-on affirmer que la lumière a une nature corpusculaire ?

EXERCICE 2:**Compléter les phrases suivantes :**

1. L'effet photoélectrique est le phénomène de l'extraction d'un métal par un rayonnement électromagnétique.
2. Pour extraire un électron d'un métal, il faut communiquer à cet électron une certaine énergie W_0 appelée ou
3. Pour un métal pur, l'émission photoélectrique ne se produit que si la fréquence ν de la lumière excitatrice est à une fréquence limite ν_0 appelée
4. La lumière est composée de particules de masse et de charge nulles, appelées
5. Lorsque la lumière de fréquence ν se propage dans le vide à la célérité C , chaque photon transporte un « grain » d'énergie E auquel on a donné le nom de tel que $E = \dots\dots\dots$

EXERCICE 3:**Compléter les phrases suivantes :**

1. (Bac 03 - 2^{ème} groupe) : Un métal suffisamment éclairé par de la lumière émet des électrons : c'est l'effet Cet effet met en évidence le caractère de la lumière.
2. (Bac 01 - 2^{ème} groupe) : L'expérience portant sur l'effet photoélectrique met en évidence l'aspect de la lumière et l'expérience portant sur les interférences lumineuses révèle son aspect Ces deux aspects différents mais complémentaires traduisent la
3. (Bac 05 - 1^{er} groupe) : Eclairé normalement, un réseau dévie la lumière par chacune de ses fentes ; c'est la

EXERCICE 4:

Calculer en J et en eV, l'énergie d'un photon de la lumière visible de longueur d'onde dans le vide égale à 589 nm.

EXERCICE 5: (Bac C-E : 1997 / 1^{er} groupe)

L'énergie minimale nécessaire pour extraire un électron de la photocathode émissive d'une cellule photoélectrique est $W_0 = 2,254 \text{ eV}$. En déduire la longueur d'onde λ_0 dans le vide, correspondant au seuil photoélectrique.

EXERCICE 1:

1. Quelle est l'origine des plastiques ?
2. Qu'es-ce qu'un polymère thermoplastique ? Qu'es ce qu'un polymère thermodurcissable ?
Un fil de pêche se ramollit avant de fondre. Quelle est la nature de ce matériau ?
3. Pour la fabrication des plastiques, on incorpore aux polymères des adjuvants. Qu'es-ce qu'un adjuvant ?
4. Polymérisation :
 - 4.1 Définir un polymère.
 - 4.2 Ecrire l'équation-bilan de la réaction de polymérisation de l'éthylène. Quel sont la formule et le nom du polymère obtenu ?
 - 4.3 Qu'es-ce l'indice de polymérisation ?
 - 4.4 Donner la signification de PVC, PE, PP, PS et PA. Préciser le motif de chacun de ces polymères. Citer quelques utilisations de ces polymères.
5. Décrire les tests de reconnaissance des matières plastiques que sont les tests de chauffage, de densité, de Belstein, du solvant, du papier pH, de combustion. Pourquoi le test de solvant est fait loin de toute flamme ?
6. Quels sont les deux modes d'élimination des plastiques ?
7. Pourquoi les qualités et les avantages des plastiques sont incompatibles avec la biodégradabilité ?

EXERCICE 2:

Compléter les phrases suivantes :

1. Les matières plastiques aussi appelées sont constituées de dans lesquelles se répète un très grand nombre de fois une petite unité structurale appelée
2. (Bac 10 - 2^{ème} groupe) : Pour donner lieu à une polymérisation, un doit être insaturée.
3. (Bac 01 - 1^{er} groupe) : Le degré ou de polymérisation d'un est le nombre moyen de que comporte ses macromolécules.
4. (Bac 01 - 1^{er} groupe) : Les polymères qui, à froid retrouvent leur forme initiale après déformation, sont dits alors que, dans les mêmes conditions les restent durs. Ceux qui à chaud se ramollissent sont dits
5. (Bac 09 - 1^{er} groupe) : 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.
6. (Bac 02 - 1^{er} groupe) : Le chauffage d'un plastique permet de savoir que c'est un quand il durcit ou que c'est quand il ramollit.
7. (Bac 05 - 1^{er} groupe) : De nombreux appareils électroménagers (postes radio, téléviseurs, frigidaires) sont protégés dans leur carton par leur emballage blanc, solide, très léger ; il s'agit d'un
8. Le test de densité sert à reconnaître le tandis que le test de Belstein permet d'identifier le
9. Les deux modes d'élimination des plastiques sont le et l'.....
10. Le PVC a pour formule $-(\text{CH}_2-\text{CHCl})_n-$. Son motif est
11. Le PE a pour motif $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$; il a pour formule

EXERCICE 3:

Choisir la bonne réponse :

1. (Bac 02 - 2^{ème} groupe) - Un hydrocarbure A a pour formule brute C_8H_8 ; il a pour nom :

- éthylène styrène ester xylène

2. (Bac 02 - 2^{ème} groupe) - Dans une réaction de polymérisation, un hydrocarbure est appelé :

- monomère motif polymère molécule

3. (Bac 10 - 2^{ème} groupe) - On réalise le test de densité d'un échantillon de matière plastique et on constate qu'il flotte, l'échantillon est alors un :

- polyéthylène polystyrène polychlorure de vinyle

4. (Bac 07 - 2^{ème} groupe) - Une réaction de polymérisation est une réaction :

- de substitution d'addition d'oxydoréduction

5. (Bac 07 - 2^{ème} groupe) - Un morceau de thermoplastique qui, soumis au test de Belstein, donne une flamme verte est un :

- polypropène polystyrène polychlorure de vinyle

6. Le test de solvant permet de reconnaître le :

- PVC PS PP PA

7. (Bac 00 - 2^{ème} groupe) - De nombreux appareils électroménagers (postes radio, téléviseurs, frigidaires) sont protégés dans leur carton par leur emballage blanc, solide, très léger ; il s'agit d'un (d'une) :

- PVC PS PP PA

EXERCICE 4:

Un élève de la Terminale L2 veut savoir de quel plastique est fait le corps de son stylo. Sachant que celui-ci est en PE ou PVC. Quels sont les deux tests qu'il doit faire pour le savoir ? Décrire ces deux tests.

EXERCICE 5:

L'étude expérimentale d'un polymère donne les résultats suivants :

- expérience 1 : par chauffage, ce polymère se ramollit ;
- expérience 2 : une petite quantité de polymère déposée sur un fil de cuivre préalablement chauffé au rouge et réintroduit dans la flamme d'un bec bunsen, colore cette flamme en vert ;
- expérience 3 : le polymère brûle en émettant un gaz d'odeur piquante, soluble dans l'eau ; les solutions aqueuses de ce gaz ont un pH inférieur à 7.

Interpréter chacune de ces observations.

EXERCICE 6:

Un polymère de masse molaire $208\ 000\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ a un indice de polymérisation de 2 000. Son analyse élémentaire montre qu'il contient 92,30% de carbone. Le reste étant de l'hydrogène.

1. Déterminer la formule brute du monomère correspondant à ce polymère.

2. Quel est ce monomère ? En donner la formule semi-développée.

3. Ecrire le motif du polymère étudié.

EXERCICE 7:

On appelle degré de polymérisation le nombre de monomères contenus dans la macromolécule. Calculer le degré de polymérisation du polyéthylène, dont la masse molaire moléculaire vaut 140 kg/mol

EXERCICE 8:

Le polyisobuthylène, obtenu par polyaddition du méthylpropène, a pour masse molaire moyenne 1 000 000 g/mol. Ecrire les formules du monomère et du polymère. Calculer le degré de polymérisation du polymère.

EXERCICE 9: (Bac 02 - 2^{ème} groupe)

1. Ecrire le motif du polyéthylène.
2. Calculer le degré de polymérisation du polyéthylène de masse molaire 5,6 kg/mol.

EXERCICE 10: (Bac 99 - 2^{ème} groupe)

1. Donner la formule brute et la formule développée du chlorure de vinyle ou chloroéthylène.
2. Il peut par réaction de polymérisation (polyaddition) conduire à un polymère : le polychlorure de vinyle. Donner le motif de ce polymère.
3. Donner les principaux usages de ce polymère.

EXERCICE 11:

On réalise l'analyse d'un polymère obtenu par polyaddition. On constate qu'il contient, en masse, 73,2% de chlore, 24,8% de carbone et 2% d'hydrogène.

1. Quelle est la composition en masse du monomère M ?
2. Le polymère a une masse molaire moyenne de 121 000 g.mol⁻¹ et un degré de polymérisation moyen de 1250. Donner la formule brute de M.
3. Indiquer toutes les formules développées possibles pour M.
4. Donner, dans chaque cas, le motif et le nom du polymère.

EXERCICE 12:

On a déterminé expérimentalement le degré de polymérisation et la masse molaire moyenne d'un composé de polymérisation ; on a trouvé $n = 1500$ et $M = 93,75$ kg/mol. Par ailleurs, l'analyse élémentaire du composé conduit à la composition centésimale massique suivante : %C = 38,4% ; %H = 4,80% ; %Cl = 56,8%.

1. Montrer que ces résultats permettent de déterminer la formule du monomère.
2. Ecrire l'équation-bilan de la polymérisation. Quels sont la formule et le nom du polymère.
3. Citer deux objets courants fabriqués avec ce polymère.

EXERCICE 13: (Bac 05 - 1^{er} groupe)

Un polymère contenant uniquement du carbone et de l'hydrogène présente un degré de polymérisation 1600. La masse molaire de ce polymère est de 67,2 kg.mol⁻¹.

1. Vérifier que la masse molaire du monomère, vaut 42 g.mol⁻¹.
2. Le monomère a pour formule R-CH=CH₂ où R- est un groupe alkyle. Déterminer R et donner le nom du monomère.
3. L'addition d'eau sur le monomère conduit à un composé A dont l'oxydation ménagée mène à un monoacide carboxylique B à chaîne saturée. On fait réagir B avec l'éthanol, on obtient un produit organique C.
 - 3.1 Ecrire les formules semi-développée de A, de l'acide B et de l'éthanol.
 - 3.2 Ecrire l'équation-bilan de la réaction de B avec l'éthanol. Préciser les caractéristiques de cette réaction.
4. On fait agir C sur une solution d'hydroxyde de sodium. Nommer cette réaction et écrire son équation-bilan. Préciser ses caractéristiques. Quel intérêt particulier présente-t-elle ?

EXERCICE 14:

Le chlorotrifluoroéthylène se polymérise pour donner le polychlorotrifluorure d'éthylène (appelé Kel-F), utilisé pour sa remarquable résistance aux agents chimiques.

1. Sachant que le chlorotrifluoroéthylène a pour formule $CF_2=CFCl$, écrire l'équation-bilan de la polymérisation.

2. Quelle est la masse molaire moyenne d'un polychlorotrifluorure d'éthylène dont l'indice de polymérisation est $n = 1500$. On donne la masse molaire du motif $M_m = 116,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

EXERCICE 15: (Bac 05 - 2^{ème} groupe)

1. Donner la formule semi-développée du 1,1-dichloroéthylène de formule CH_2CCl_2 .

2. On réalise la polymérisation du 1,1-dichloroéthylène. Ce polymère s'appelle le polychlorure de vinyle noté PVDC. Le PVDC sert, entre autres, à fabriquer des récipients pharmaceutiques résistants aux bactéries.

2.1 Ecrire le motif du polymère et l'équation-bilan de la polymérisation.

2.2. Quelle est la masse molaire du polymère si le degré de polymérisation 110 ?

2.3 Quels intérêts présentent les polymères ?

On donne les masses atomiques en g/mol : $M(Cl) = 35,5$; $M(C) = 12$; $M(H) = 1$

EXERCICE 16: (Bac 07 - 2^{ème} groupe)

On réalise la polymérisation de l'éthylène, l'indice de polymérisation obtenu est $n = 15 \cdot 10^3$.

1. Quels sont le nom du composé obtenu et son abréviation ?

2. Ecrire l'équation de cette polymérisation.

3. Calculer la masse molaire moléculaire du composé obtenu.

4. Quel est le volume d'éthylène nécessaire dans les conditions normales de température et de pression à l'obtention de 100 kg du polymère ?

On donne : $M(H) : 1 \text{ g/mol}$; $M(C) : 12 \text{ g/mol}$ et le volume molaire $V_m = 22,4 \text{ L/mol}$

EXERCICE 17:

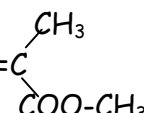
Un polymère brûle en dégageant un gaz d'odeur piquante dont la solution donne un précipité blanc par addition d'une solution de nitrate d'argent. Sa masse molaire moyenne est de 150 000 g/mol pour un degré de polymérisation $n = 2 400$.

1. Quel gaz est mis en évidence dans les produits de combustion par les expériences décrites ?

2. Quels sont la formule brute, le nom et la formule développée du monomère ?

3. Ecrire le motif du polymère étudié.

EXERCICE 18:

Le méthacrylate de méthyle a pour formule $CH_2=C$ 

Sa polymérisation conduit au polyméthacrylate de méthyle, appelé Plexiglas[®], polymère ayant d'excellents propriétés optiques (clarté, transparence) et présente une très grande résistance aux chocs. Il a été employé aussi pour fabriquer des verres optiques en particulier des lentilles de contact.

1. Ecrire l'équation de cette polymérisation. Ecrire le motif du polymère

2. Donner quelques propriétés du Plexiglas[®].

TEXTES SCIENTIFIQUES:

TEXTE N°1: (Bac 01 - 2^{ème} groupe)

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

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

TEXTE N°2:

Lire et analyser le texte suivant :

« Au XVI^e siècle, Christophe Colomb rapporte des plantes de caoutchouc, appelé ca-hu-chu par les Indiens. Depuis cette date, découvertes et inventions se sont succédé pour l'avènement d'une matière aux propriétés remarquables : les plastiques.

En 1880 le PVC est créé, puis le PMMA en 1927. Après la Seconde Guerre mondiale, l'élan scientifique et technologique insufflé à l'industrie se poursuit et de nouvelles matières furent synthétisées : le PE haute densité en 1953 et le PP en 1954.

Depuis, les scientifiques ne cessent de trouver des techniques pour l'amélioration des qualités des matières plastiques. La matière de base des plastiques est la résine qui est un mélange de molécules en longues chaînes appelées polymères. En sus de la résine, on incorpore aux plastiques des adjuvants pour améliorer leurs propriétés chimiques et physiques.

L'énorme succès et l'utilisation croissante des plastiques sont dus aux propriétés spécifiques que sont la légèreté, la souplesse, l'imperméabilité, la résistance aux chocs, l'inertie chimique, l'isolation électrique, l'isolation thermique, ...

Mais les qualités spécifiques des plastiques sont incompatibles avec la biodégradabilité (durée très longue de la décomposition des déchets plastiques).

Répondre aux questions suivantes :

1. Comment sont constitués les plastiques ?
2. Quel est le rôle d'un adjuvant dans la fabrication des plastiques ? Citer deux exemples d'adjuvants.
3. Les abréviations PVC, PE et PP désignent des plastiques :
 - 3.1 Donner leur signification.
 - 3.2 Préciser le motif de chacun d'eux.
 - 3.3 Citer deux utilisations pour chacun de ces polymères.
4. Expliquer pourquoi on utilise de plus en plus les matières plastiques.
5. Propriétés des plastiques et biodégradabilité :
 - 5.1 Définir la biodégradabilité.
 - 5.2 Citer une qualité spécifique des plastiques incompatible avec la biodégradabilité.
 - 5.3 Quelles solutions préconisez-vous pour la gestion des plastiques ?

EXERCICE 4:

Le polyacrylonitrile (PAN) a pour formule $\text{---}(\text{CH}_2\text{---}\overset{\text{CN}}{\underset{|}{\text{C}}})_n\text{---}$. Il est obtenu par polymérisation de l'acrylonitrile ; il sert surtout à fabriquer des fibres textiles.

1. Quelle est la formule du monomère ?

2. L'indice de polymérisation du PAN étant égal à 2000, quelle est sa masse molaire moléculaire ?

EXERCICE 5:

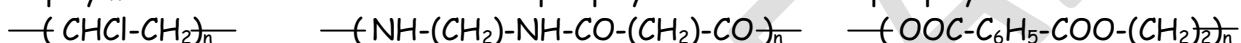
Soient deux composés A et B : A est un diacide carboxylique à chaîne linéaire, de formule $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_4$ et B est l'hexane-1,6-diamine.

1. Ecrire les formules semi-développées des composés A et B.

2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction de polycondensation.

EXERCICE 6:

Les polymères suivants sont-ils obtenus par polycondensation ou par polyaddition ?



EXERCICE 7:

Le nylon 6-6 est textile synthétique.

1. Donner les noms et les formules du diacide et de la diamine ayant servi à sa synthèse.

2. S'agit-il :-d'un polyamide ou d'un polyester ? -d'un polymère de condensation ou d'addition ?

3. Un échantillon de nylon 6-6 a une masse molaire de 85 880 g/mol. Calculer son degré de polymérisation moyen.

EXERCICE 8:

Le polytérphtalate de butylène (PBTP) résulte de la polycondensation du butane-1,4-diol et l'acide téréphtalique (acide benzène 1,4-dicarboxylique).

1. Donner le nom et la formules du butane-1,4-diol et l'acide benzène 1,4-dicarboxylique.

2. Le polytérphtalate de butylène est-il un polyamide ou d'un polyester ? Quel est son motif ?

TEXTE SCIENTIFIQUE:

Lire le texte et répondre aux questions :

« C'est au XVII^e siècle que le savant Anglais Robert Hooke avait observé très attentivement la nature. Examinant les vers à soie filer leur cocon, il eut l'idée de produire un textile. Il constata que le ver secrète une substance visqueuse qu'il fait passer à travers de trous microscopiques (filières) dont sa bouche est munie. Cette substance est restituée sous forme de fil qui se solidifie au contact de l'air et devient de la soie.

Cette observation a permis aux chercheurs de mettre au point des méthodes modernes de fabrication des textiles. L'industrie textile fabrique des textiles artificiels et des textiles synthétiques.

Questions :

1. Quel est le rôle de la filière se trouvant dans la bouche du ver à soie ?

2. Quelle est la substance naturelle utilisée pour la fabrication des textiles artificiels ?

3. Quels les types de réactions utilisés pour la fabrication des textiles synthétiques ?

4. Citer deux exemples de textiles synthétiques et préciser leurs propriétés.

EXERCICE 1:

Répondre aux questions suivantes :

1. Donner les groupes fonctionnels d'un alcool, d'un acide carboxylique et d'un ester.
2. Estérification :
 - 2.1 Qu'es-ce qu'une réaction d'estérification ?
 - 2.2 Ecrire l'équation-bilan générale d'une réaction d'estérification. Ecrire l'équation bilan de la réaction permettant d'obtenir le 3-méthylbutanoate de 1'-méthyléthyle.
 - 2.3 Citer les caractéristiques d'une réaction d'estérification.
3. Saponification :
 - 3.1 Qu'es-ce qu'une réaction de saponification ?
 - 3.2 Ecrire l'équation-bilan de la saponification. Citer ses caractéristiques.
4. Acides gras et corps gras :
 - 4.1 Définir un acide gras. Donner un exemple d'acide gras.
 - 4.2 Un corps gras est un composé naturel encore appelé lipide ; il est essentiellement constitué de triglycéride, triester du glycérol:
 - écrire la formule semi-développée du glycérol (ou propane-1,2,3-triol) ;
 - écrire l'équation-bilan de la réaction permettant d'obtenir la butyrine (triglycéride issu de l'acide butanoïque et du glycérol). Préciser les caractéristiques de cette réaction.
5. Les savons :
 - 5.1 Qu'es-ce qu'un savon ? Distinguer savons durs et savons mous.
 - 5.2 Ecrire l'équation-bilan générale de la saponification d'un corps gras. Donner les caractéristiques de cette réaction.
 - 5.3 Donner le procédé de fabrication d'un savon.
 - 5.4 Quelles sont les propriétés des deux parties de l'ion carboxylate $R-COO^-$, composant essentiel d'un savon. Quel est le mode d'action d'un savon ?

EXERCICE 2:

Compléter les phrases suivantes:

1. L'estérification est la réaction qui permet d'obtenir un et de l'eau en faisant réagir un et un
2. Les corps gras sont essentiellement constitués de : des triesters du et
3. Les savons sont des mélanges de, dérivés d'acide Un savon s'obtient par réaction de qui consiste à faire réagir une sur un
4. Un savon dur est obtenu à partir de tandis qu'un savon mou s'obtient en utilisant
5. La solubilité d'un savon diminue en présence d'ions Elle est de plus en plus faible en milieu que dans l'eau.
6. Les propriétés détergentes d'un savon sont dues à la structure particulière de l'ion carboxylate $R-COO^-$, composant essentiel d'un savon, constitué de deux parties :
 - une tête (le groupe) qui présente une grande affinité pour l'eau;
 - une queue (le groupe) qui ne présente aucune affinité pour l'eau et a une grande affinité pour les corps gras ; on dit qu'il est Cette queue permet au savon de s'associer sous forme de enrobant les salissures.

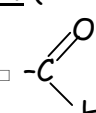
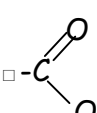

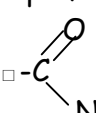
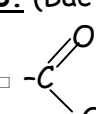
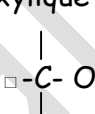
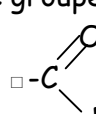
EXERCICE 3:

Compléter les phrases suivantes:

1. (Bac 02 - 1^{er} groupe) : Une est une réaction chimique entre un acide carboxylique afin d'obtenir un il se forme également de
2. (Bac 03 - 2^{eme} groupe) : La réaction entre un ester et une base forte est appelée C'est une réaction lente et
3. (Bac 10 - 1^{er} groupe) : La saponification est une réaction utilisée pour préparer les à partir des sur lesquels on fait agir une base forte.
4. (Bac 04 - 1^{er} groupe) : Les corps gras constituent des du glycérol. L'action d'une base forte sur un corps gras est une réaction de ; elle produit du et du
5. (Bac 05 - 2^{eme} groupe) : Les propriétés détergentes résulte de la structure particulière de sa molécule qui comprend le groupe carboxylate $-COO^-$ responsable des propriétés et une longue chaîne carbonée R- aux propriétés puisqu'elle ne présente aucune affinité pour l'eau. Cette chaîne carbonée présente une affinité pour les lipides; elle est dite

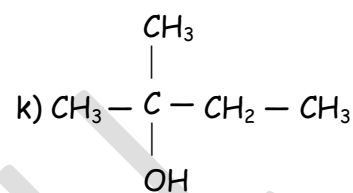
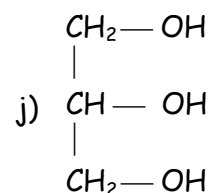
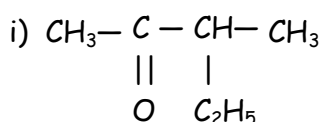
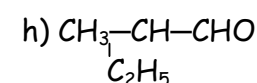
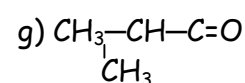
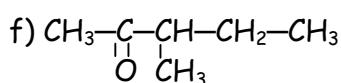
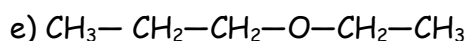
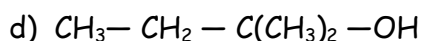
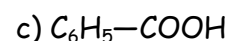
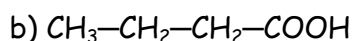
EXERCICE 4:

Choisir la bonne réponse :

1. (Bac 08 - 1^{er} groupe) - La réaction d'un acide carboxylique sur un alcool est :
 rapide et athermique rapide et exothermique lente et athermique
2. (Bac 00 - 2^{eme} groupe) - Un ester est un composé organique dont le groupe fonctionnel est :
    
3. (Bac 99 - 2^{eme} groupe) - Un acide carboxylique est un corps qui possède groupe :
   
4. (Bac 08 - 1^{er} groupe) - Lorsqu'on fait agir une base forte sur un ester, on obtient :
 eau et acide sel (savon) et alcool acide et alcool
5. (Bac 99 - 2^{eme} groupe) - La réaction d'estérification est une réaction entre un alcool et un acide carboxylique. Cette réaction est :
 limitée totale de bon rendement
6. (Bac 00 - 2^{eme} groupe) - L'hydrolyse n'a pas la caractéristique suivante :
 athermique totale lente limitée
7. (Bac 03 - 2^{eme} groupe) - On fait réagir un ester et de l'eau. On obtient :
 un acide et un alcane un alcène et un alcool un acide et un alcool
8. (Bac 07 - 2^{eme} groupe) - La réaction de saponification est une réaction entre un ester et :
 un alcool une base forte l'eau
9. (Bac 99 - 2^{eme} groupe) - La saponification est une réaction entre une base forte telle que la soude et :
 une amine un amide un ester
10. (Bac 01 - 1^{er} groupe) - La réaction entre un corps gras et une solution d'hydroxyde de sodium (ou potassium) est une réaction :
 d'estérification de polymérisation de saponification d'hydrolyse
11. (Bac 01 - 1^{er} groupe) - La réaction de saponification réalisée à température ambiante, est une réaction :
 rapide et totale lente et limitée lente et totale rapide et limitée

EXERCICE 5:

Nommer les composés suivants :



EXERCICE 6:

Ecrire les formules semi-développées des composés suivants :

2-méthylbutan-1-ol

2-éthyl-3-méthylbutanal

3,4-diméthylpentan-2-ol

2,2-diméthylpentan-3-one

acide 3-méthylbutanoïque

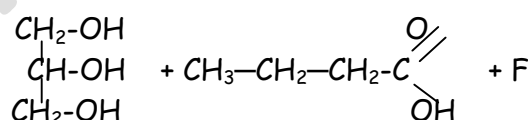
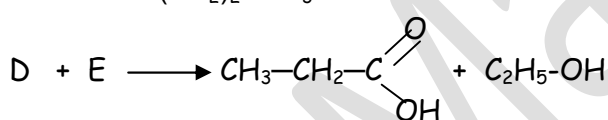
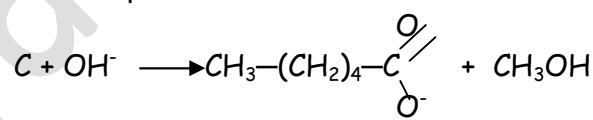
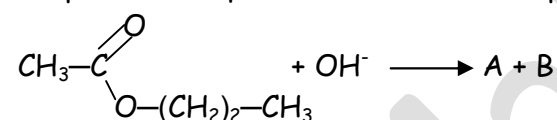
éthoxy 2-méthylhexane

2,3,4-triméthylpentan-3-ol

3-méthylpentanoate d'isopropyle

EXERCICE 7:

Compléter les équation-bilan suivantes, puis nommer les composés A, B, C, D, E et F:



EXERCICE 8:

Donner la formule semi-développée et le nom de chacun des composés ayant pour formule brute : $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$, $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ et $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$.

EXERCICE 9:

Un ester A a pour formule $\text{R-COO-R}'$ ou R et R' étant des radicaux alkyles $-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$. La masse molaire de cet ester A est $M = 116 \text{ g/mol}$. Par hydrolyse de cet ester A, on obtient deux composés B et C. Ecrire l'équation chimique traduisant la réaction d'hydrolyse.

EXERCICE 10:

On considère la réaction de l'hydroxyde de sodium avec le propanoate d'éthyle.

1. Donner la formule semi-développée de ce composé organique. Quelle fonction chimique possède-t-il ?
2. A partir de quel acide carboxylique et de quel alcool peut-on le préparer ?
3. Ecrire l'équation-bilan de la réaction considérée.
4. Préciser les caractéristiques de cette réaction.

EXERCICE 11: (Bac 03 - 2^{ème} groupe)

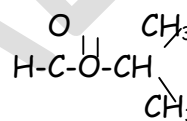
1. Quel est le nom du groupe caractéristique des acides carboxyliques ? Donner la formule semi-développée et le nom d'un monoacide carboxylique et d'un diacide carboxylique
2. Quel est le nom du groupe caractéristique des alcools ? Donner la formule semi-développée et le nom d'un mono alcool, de diol et de triol.

EXERCICE 12: (Bac 04 - 1^{er} groupe)

1. On considère un composé A de formule semi-développée $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$.
 - 1.1 A quelle famille appartient le composé A ? De quels alcool et acide dérive A ?
 - 1.2 Ecrire l'équation de la réaction qui permet d'obtenir A à partir de ces composés.
 - 1.3 Donner les caractéristiques de cette réaction.
2. On fait réagir A avec une solution d'hydroxyde de sodium.
Quel est le nom de cette réaction ? Ecrire son équation-bilan et donner ses caractéristiques.

EXERCICE 13: (Bac 10 - 2^{ème} groupe)

On considère un composé organique A dont la formule semi-développée est représentée ci-contre:



1. A quelle famille appartient le composé A ? Ecrire l'équation les formules semi-développées et donner les noms de l'acide et de l'alcool dont il dérive.
2. Ecrire l'équation de la réaction qui permet d'obtenir A à partir de ces deux composés.
3. On fait réagir A avec une solution d'hydroxyde de potassium KOH.
 - 3.1 Quel est le nom de cette réaction ?
 - 3.2 Ecrire l'équation-bilan de cette réaction puis donner ses caractéristiques.
 - 3.3 Quelle est la nature du savon obtenu ?

EXERCICE 14: (Bac 08 - 2^{ème} groupe)

Le beurre est un mélange de triglycérides dont la palmitine. Celle-ci est issue de la réaction entre le propan-1-2-3-triol et un acide gras du nom d'acide hexadécanoïque de formule $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{-COOH}$.

1. Qu'appelle-t-on triglycérides ? Qu'appelle-t-on acide gras ?
2. Ecrire la formule semi-développée du propan-1-2-3-triol. Quel est son nom courant ?
3. Ecrire la formule semi-développée de la palmitine.
4. Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre l'hydroxyde de sodium et la palmitine ; on nommera les produits formés. Comment appelle-t-on cette réaction ? Quel est son intérêt ?

EXERCICE 15: (Bac 01 - 1^{er} groupe)

1. L'acide palmitique a pour formule semi-développée $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{-COOH}$. Le glycérol réagit avec l'acide palmitique pour donner un corps gras, la palmitine. Ecrire l'équation-bilan de la réaction
2. Le corps obtenu (la palmitine) est un corps gras qui peut réagir 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 .
 - 2.2 Quel est le nom usuel de ce type de réaction ? Quelles en sont les caractéristiques.
 - 2.3 On fait réagir une tonne de palmitine. Quelle masse du composé obtiendrait-on avec un rendement de 70% ?

EXERCICE 16 : (Bac 08 - 1^{er} groupe)

Les esters qui ont souvent une odeur fruitée, sont fréquemment utilisés dans l'industrie alimentaire. Pour réaliser la préparation d'un ester d'odeur très fruitée, l'éthanoate de 3-méthylbutyle, on introduit dans un ballon de l'acide éthanoïque et du 3-méthylbutan-1-ol. On ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique (catalyseur) et on procède au chauffage pour accélérer la formation de l'ester.

1. Ecrire, à l'aide de formules semi-développées, l'équation-bilan traduisant la préparation de l'éthanoate de 3-méthylbutyle. Quel nom donne-t-on à cette réaction ?

2. Sachant que la réaction a produit 11,3 g d'ester :

2.1 calculer la quantité de matière (nombre de moles) d'ester formée.

2.2 quelles seraient les masses d'acide et d'alcool utilisées si réaction était totale ?

On donne la formule semi-développée du 3-méthylbutan-1-ol : $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$

EXERCICE 17 : (Bac 10 - 1^{er} groupe)

Préambule :

Les esters sont très abondants dans la nature. Les plus simples constituent ce qu'on appelle couramment les esters de fruits. L'éthanoate d'éthyle et l'éthanoate de butyle par exemple existent dans la banane.

Questions :

On réalise la synthèse de l'éthanoate d'éthyle au laboratoire. Pour cela on fait réagir 6 g d'éthanol sur 6 g d'acide éthanoïque et on suit l'évolution de la réaction par une méthode appropriée.

1. Ecrire, à l'aide de formules semi-développées, l'équation-bilan.

2. calculer la quantité de matière initiales (nombre de moles) d'acide éthanoïque et d'éthanol utilisées pour réaliser cette synthèse.

3. Lorsque la réaction cesse d'évoluer, on montre, après analyse, que le milieu réactionnel renferme une masse de 7,1 g d'ester.

3.1 calculer la quantité de matière d'ester formée.

3.2 Déterminer les quantités de matière d'eau, d'acide et d'alcool présente dans le milieu lorsque la réaction cesse d'évoluer.

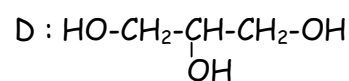
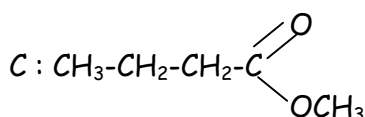
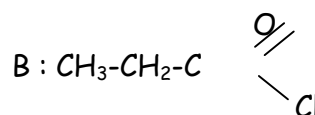
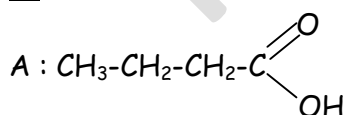
3.3 On dit que la réaction est limitée. Expliquer.

EXERCICE 18 : (Bac 00 - 1^{er} groupe)

L'acide carboxylique R-COOH réagit sur l'éthanol en donnant un ester et de l'eau, conformément à l'équilibre ci-après : $\text{R-COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{ester} + \text{eau}$.

1. Ecrire la formule semi-développée de l'ester.

2. Donner les noms des composés organiques suivants :



3. Par estérification R-COOH réagit sur (D) en donnant un triester appelé triglycéride.

3.1 Dans quelles substances peut-on trouver un triglycéride.

3.2 Donner la formule semi-développée du triglycéride.

3.3 Qu'obtient-on par saponification d'un triglycéride ?

EXERCICE 19 : (Bac 06 - 1^{er} groupe)

L'huile d'olive contient essentiellement de l'oléine qui est un triester du glycérol (ou propane-1,2,3-triol) et de l'acide oléique.

1. Ecrire la formule semi-développée du glycérol.

2. L'acide oléique de formule $C_{17}H_{33}-COOH$ a les caractéristiques suivantes : sa chaîne carbonée est linéaire, elle présente une double liaison entre les atomes de carbone 9 et 10.

2.1 Donner sa formule semi-développée de l'acide oléique.

2.2 Ecrire la formule semi-développée de l'oléine.

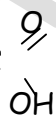
3. Par action de l'hydroxyde de sodium sur l'huile d'olive, on obtient un savon de Marseille. Ecrire l'équation-bilan de la réaction ; on nommera les produits obtenus.

EXERCICE 20 :

Préambule :

Les lipides sont des esters d'acides gras; ils forment la majeure partie des huiles et graisses animales et végétales. Ils peuvent être préparés par réaction d'estérification entre un alcool et un acide carboxylique à longue chaîne carbonée appelé acide gras.

Questions:

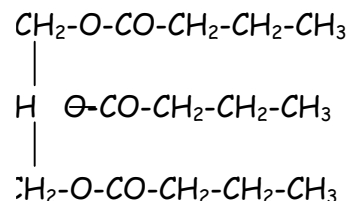
1. L'acide butyrique est un d'acide gras de formule : $H_3-CH_2-CH_2-CH_2-C$ 

1.1 Donner le nom de cet acide dans la nomenclature officielle. Identifier son groupe fonctionnel.

1.2 Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre l'acide butyrique et le propane-1-ol.

1.3 Quels sont les caractéristiques de cette réaction ?

2. La butyrine est un corps gras présent dans le beurre. Elle peut être considérée comme résultant de la réaction entre le glycérol (ou propane-1,2,3-triol) et l'acide butyrique. La formule semi-développée de la butyrine est représentée ci-contre:



2.1 Entourer et nommer les groupes fonctionnels dans cette molécule.

2.2 On fait agir, à chaud, une solution d'hydroxyde de sodium (soude) en excès sur la butyrine.

Écrire l'équation-bilan de cette réaction. Nommer les produits obtenus. Comment nomme-t-on ce type de réaction ? Donner deux caractéristiques de cette réaction.

2.3 Après refroidissement, on verse le milieu réactionnel dans une solution saturée de chlorure de sodium. Il y a formation d'un solide appelé savon.

Donner la formule de ce savon. Quelle masse de savon peut-on fabriquer, au maximum, à partir de 30,2 g de butyrine.

Masse molaire de la butyrine : $M_1=302$ g/mol et Masse molaire du savon : $M_2=110$ g/mol

EXERCICE 21 :

La butyrine est le triester de l'acide butyrique (ou acide butanoïque) et du glycérol (ou propane-1,2,3-triol).

1. Donner la formule semi-développée du glycérol et celle de l'acide butyrique.

2. Ecrire la formule semi-développée de la butyrine.

3. Ecrire l'équation-bilan de la réaction de saponification de la butyrine par la soude (NaOH).

4. Quelle est la formule du savon obtenu dans cette réaction ?

EXERCICE 22 :

Les lipides sont des esters d'acides gras ; ils forment la majeure partie des huiles et graisses animales et végétales. Ils peuvent être préparés par réaction d'estérification entre un alcool et un acide carboxylique à longue chaîne carbonée appelé acide gras.

1. L'acide oléique est l'acide (Z)-octadéc-9-énoïque, de formule : $C_{17}H_{33} - COOH$

1.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre l'acide oléique et le propan-1-ol.

1.2 Quels sont les caractéristiques de cette réaction ?

2. L'oléine est le triester de l'acide oléique et du glycérol ou propan-1,2,3-triol ; on la rencontre dans l'huile d'olive.

2.1 Ecrire la formule semi-développée du glycérol.

2.2 Ecrire l'équation-bilan de la réaction de formation de l'oléine.

3. On fait agir sur le lipide (l'oléine), un excès d'une solution d'hydroxyde de sodium à chaud. Il se reforme du glycérol et un autre produit S.

3.1 Ecrire l'équation-bilan de cette réaction. Quel est le nom général du produit S ?

3.2 Comment nomme-t-on ce type de réaction ? Donner deux de ses caractéristiques.

3.3 Sachant que la masse d'oléine utilisée est $m = 2.10^3$ kg, calculer la masse du produit S obtenu. Données : Masses molaires atomiques en $g.mol^{-1}$: C = 12 ; O = 16 ; Na = 23

EXERCICE 23 : (Bac 09 - 1^{er} groupe)

Préambule :

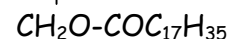
Il y a quelques décennies, les femmes lavaient le linge en utilisant un mélange de suif (graisse animale) et de cendre. On cherche à comprendre ici comment ces deux produits salissants permettent le nettoyage.

Questions:

1. Les cendres de bois étaient recueillies dans un pot et mélangées à de l'eau. La cendre de bois contient de la potasse KOH ou hydroxyde de potassium (composé ionique).

Ecrire l'équation de la réaction associée à la dissolution de la potasse solide dans l'eau.

2. Le suif est composé majoritairement de stéarine ou triestérate de glycéryle dont la formule est représentée ci-contre :



On considère que la stéarine est produite par la réaction entre l'acide stéarique $C_{17}H_{35}-COOH$ et le glycérol (ou propane-1,2,3-triol).

2.1 Ecrire l'équation-bilan de cette réaction.

2.2 Comment se nomme cette réaction ? Quelles sont ses caractéristiques ?

3. On mélange le suif et la solution aqueuse de cendre.

3.1 Ecrire, à l'aide de formules semi-développées, l'équation de la réaction modélisant la transformation qui se produit lors du mélange. Nommer les produits obtenus.

3.2 Comment se nomme cette réaction ? Quelles sont ses caractéristiques ?

4. La masse de stéarine qui a réagi est de 890 g. Calculer la masse maximale de savon que l'on peut obtenir. On donne la masse molaire vde la stéarine : 890 g/mol.

EXERCICE 24 :

1. On considère un composé E de formule semi-développée $CH_3-CO_2-\overset{CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$.

1.1 A quelle famille appartient le composé E ? De quels alcool et acide dérive E ?

1.2 Ecrire l'équation de la réaction qui permet d'obtenir E à partir de ces composés.

1.3 Donner les caractéristiques de cette réaction.

2. On fait réagir E avec une solution d'hydroxyde de sodium.

Quel est le nom de cette réaction ? Ecrire son équation-bilan et donner ses caractéristiques.

EXERCICE 25 : (Bac 03 - 1^{er} groupe)

Le beurre est essentiellement constitué de butyrine qui est un triester de l'acide butanoïque et du glycérol (ou propane-1,2,3-triol).

1. Donner les formules semi-développées du glycérol, de l'acide butyrique et de la butyrine.

2. On réalise la saponification de 50 g de butyrine avec la quantité d'hydroxyde de sodium NaOH nécessaire. Pour cela, on mélange la butyrine avec l'hydroxyde de sodium et on y ajoute de l'éthanol. Puis on chauffe le mélange. Après réaction, le produit est versé dans de l'eau salée. On observe un précipité à la surface, que l'on peut récupérer, filtrer et sécher.

2.1 Dans quel but ajoute-t-on de l'éthanol au mélange réactionnel ? Pourquoi chauffe-t-on le mélange ?

2.2 Pourquoi verse-t-on le produit de la réaction dans de l'eau salée ?

2.3 Ecrire l'équation-bilan de la réaction de saponification de la butyrine. Préciser la formule de . Quel est son nom systématique ?

2.4 Sachant que le rendement de la réaction est de 85%, quelle masse de espère-t-on obtenir ?

EXERCICE 26 : (Bac 07 - 1^{er} groupe)

L'architecture moléculaire, c'est-à-dire les propriétés d'isomérisation, est le facteur le plus important en ce qui concerne les qualités d'une odeur. Deux isomères de constitution accusent de grandes différences pour l'ensemble de leurs propriétés, en particulier olfactives.

L'acétate d'isoamyle et l'acide heptanoïque constituent des isomères de constitution d'odeur très différente : le premier a une odeur fruitée de poire, le second a une odeur désagréable à relent gras.



1. Quelle est la formule brute de l'acétate d'isoamyle ? celle de l'acide heptanoïque ?

2. Définir, à partir de l'exemple de ces deux composés, l'isomère de constitution.

3. A quelle famille chimique appartient l'acétate d'isoamyle ? Quel est le nom du groupe fonctionnel de l'acide heptanoïque ?

4. On fait réagir l'acide heptanoïque avec l'éthanol. On traite le produit organique obtenu par une solution d'hydroxyde de sodium. Pour chacune de ces réactions écrire l'équation-bilan et préciser les principales caractéristiques.

EXERCICE 27 :

On traite 4,00 g d'un triglycéride X, à chaud, par une solution d'hydroxyde de sodium contenant 1,00 g de ce composé. Une fois la réaction achevée, on dose l'hydroxyde de sodium restant et constate qu'il reste 0,405 g de ce réactif non entré en réaction.

1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre le triglycéride et l'hydroxyde de sodium. Quel est le nom de cette réaction ? Quelles sont ses propriétés ?

2. Déterminer la masse molaire M du triester constituant le triglycéride X.

3. Calculer la masse de glycérol formée par saponification de 1,0 tonne de X.

4. On réalise l'hydrolyse, en présence d'un excès d'eau, de 1,0 tonne de X. Ecrire l'équation-bilan de cette réaction. Quelle masse d'acide gras est-elle formée par cette hydrolyse supposée complète ?

EXERCICE 1:

Répondre aux questions suivantes :

1. Donner un essai définition de la pollution.

2. Pollution de l'air :

2.1 Quelle est la cause principale de la pollution de l'atmosphère?

2.2 Le dioxyde de carbone et le monoxyde de carbone sont deux polluants primaires de l'air. Quelle est l'origine de ces polluants ?

2.3 Citer deux polluants secondaires de l'air.

3. L'effet de serre :

3.1 Qu'es-ce que l'effet de serre ?

3.2 Quels sont les remèdes envisagés pour lutter contre le développement de l'effet de serre ?

4. Les pluies acides :

4.1 Quelle est l'origine de l'acidité des pluies ? Citer deux gaz à effet de serre.

4.2 Citer quelques conséquences des pluies acides.

5. Pollution de l'eau :

5.1 Quelle est l'origine de la pollution des eaux ?

5.2 Quelles sont les principales conséquences de la pollution des eaux ?

TEXTE SCIENTIFIQUE: (Bac 10 - 1^{er} groupe)

A Copenhague du 7 au 18 décembre 2009, les dirigeants du monde se réunissent à l'occasion de la conférence des Nations Unies sur le changement climatique, afin de rechercher un accord sur la réduction des gaz à effet de serre pour les décennies à venir. Le moyen le plus efficace de limiter le changement climatique serait de passer de l'utilisation des combustibles fossiles aux sources « propres » d'énergie.

Les équipes qui travaillent pour un monde durable étudient diverses options. Ainsi en 2009, une équipe de l'université Stanford en Californie a classé les systèmes énergétiques en fonction de leur impact sur le réchauffement climatique sur l'environnement, la pollution, la consommation d'eau, l'utilisation des terres, etc. Elle a conclu que les meilleures solutions sont les énergies éolienne, solaire, géothermique, marine et hydraulique.

L'énergie nucléaire, le charbon avec recapture et stockage du dioxyde de carbone émis, et l'éthanol apparaissent comme des solutions moins intéressantes, de même que le pétrole et le gaz naturel.

Lire attentivement le texte et répondre aux questions suivantes.

1.1 Donner un titre au texte.

1.2 Quel serait le moyen le plus efficace pour limiter le changement climatique ?

1.3 Citer cinq énergies dites « propres ».

1.4 Laquelle de ces énergies « propres » est la mieux adaptée pour le Sénégal ? Pourquoi ?

1.5 Citer trois exemples de combustibles fossiles.