

PHYSIQUE - CHIMIE (COURS 3 EME ANNEE)

MECANIQUE :

I- Les Mouvements Vibratoires :

1- Définition :

En **physique**, **phénomène** se présentant sous divers aspects et dans divers domaines de la physique (**acoustique**, **électricité**, etc.), qui se manifeste par une **amplification** de la **réponse** ou de l'**amplitude** des **vibrations** d'un **système** quelconque, en fonction de la **fréquence** de l'**excitation**, et dépend de la fréquence caractéristique du système

En prenant **deux diapasons** égaux et en mettant l'un des deux en vibration, on observe que l'autre, sollicité par les **ondes** émises par le premier, se met également à vibrer ; le même phénomène apparaît lorsque le second diapason a une fréquence multiple celle du premier.

En mettant un diapason en vibration en contact avec un **caisson parallélépipédique** (dont une des faces est ouverte), le **son** se renforce d'une façon sensible : la variation d'amplitude (et non pas de fréquence) du son émis est due à ce que la colonne d'**air** intérieure au caisson se met également à vibrer, ajoutant ses vibrations à celles du **diapason**.

Les **caisses de résonance** ou caisses **harmoniques** fonctionnent sur le même principe.

Une force périodique, même si son intensité est limitée, peut produire de très grandes **oscillations** dans un système, pour peu que la **puissance** de la **force** excitatrice soit voisine ou égale à la fréquence propre du système excité.

Ainsi, les **arbres de transmission** possèdent des vitesses de rotation critiques, auxquelles ils entrent en résonance, se mettent à osciller comme des **cordes vibrantes** et risquent de casser.

Une fois ces vitesses dépassées, le risque disparaît. La fréquence propre d'un système dépend en général de ses caractéristiques physiques (**dimension** pour un système acoustique, **inductance** et **capacité** pour un système électrique, **constante** de raideur pour un ressort, etc.).

Ce phénomène, utile dans beaucoup d'applications en **électronique** et en acoustique, se révèle en général dangereux pour les **véhicules** (**bris de pièce**, etc.) ainsi que pour différents types de **constructions** (**ponts**, **tours**, etc.).

2- Période :

Un mouvement est dit périodique s'il se répète identiquement à lui-même à des **intervalles de temps** successifs et égaux.

Exemple : les aiguilles d'une montre.

La **période** est l'intervalle de temps constant au bout duquel le **mouvement** se répète identiquement à lui-même. On la note **T** et elle s'exprime en **seconde (s)**.

3- Fréquence :

C'est le nombre de période effectuée en une seconde.

1

Hz - N = --

T

4- Pulsation :

C'est la vitesse angulaire du corps vibrant.

Go $w = 2\pi N$ ou

2π

rad/s - w = ----

T

5- Mouvement vibratoire sinusoïdal :

Un mouvement est dit sinusoïdal quand l'**élongation** du corps vibrant est fonction sinusoïdale du temps.

Expression : $y = a \sin (w t + \varphi)$ avec :

y = élongation en (m)

a = amplitude (m)

ω = pulsation en (rad/s)

t = temps en (s)

φ = phase en (radian)

6- Représentation graphique :

$Y = a \sin(\omega t + \varphi)$: on pose $\varphi = 0$

d'où $y = a \sin \omega t$

2π

$y = a \sin \frac{2\pi}{T} t$

T

Tableau des valeurs :

t	0	T/4	T/2	3T/2	T
y	0	a	0	-a	0

$Y = a \sin(\omega t + \varphi)$

$Y = a \sin(2\omega t)$

$Y = a \sin \frac{2\pi}{T} t$

Posons $Q = 0$

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

II- Stroboscopie :

1- Définition :

La **stroboscopie** est un procédé d'étude des **phénomènes** et des **mouvements** à caractère périodique, généralement à haute **fréquence**, ainsi la **rotation** d'une **hélice** ou l'**oscillation** d'une **lame**.

2- Constitution :

Il peut être constitué par un écran tournant (**par exemple** : un disque avec une fente) qui permet de voir l'objet en mouvement à des intervalles de temps **T** déterminés ; si la période du phénomène coïncide avec **T**, l'objet apparaît arrêté dans une position, mais si elle est légèrement différente, il paraît effectuer lentement ce même mouvement qu'en réalité il accomplit rapidement.

Dans la pratique, on règle le stroboscope de façon à ce qu'il ait une vitesse exactement identique à la période du phénomène, puis on l'augmente légèrement pour observer l'évolution du phénomène.

Il peut aussi être constitué par une **lampe** très lumineuse (**par exemple** : à **fluorescence**), capable d'émettre des **éclairs** très rapides et très courts (jusqu'à quelques **centaines par seconde**) facilement contrôlables.

3- Principe :

Dans ce cas, le phénomène à observer se déroule dans l'obscurité et l'objet est éclairé par les éclairs : on détermine avant tout la période du phénomène (comme dans le cas précédent) sur la base du nombre d'éclairs émis à la **seconde** par la lampe ; puis on fait varier la fréquence des éclairs pour observer la fréquence du phénomène.

Un dispositif de ce genre permet, entre autres, de photographier sur une même plaque les positions successives occupées par un corps en mouvement rapide, ou de filmer (pour les voir ensuite très ralentis) des phénomènes rapides et même, éventuellement, non périodiques ; dans ce dernier cas, le stroboscope sert à mesurer le temps du phénomène.

4- Utilisation :

Le stroboscope est employé fréquemment en laboratoire ou pour l'étude des **vibrations** d'une machine.

III- Composition des Mouvements Vibratoires :

En **physique**, **phénomène** se présentant sous divers aspects et dans divers domaines de la physique (**acoustique**, **électricité**, etc.), qui se manifeste par une **amplification** de la **réponse** ou de l'**amplitude** des **vibrations** d'un **système** quelconque, en fonction de la **fréquence** de l'**excitation**, et dépend de la fréquence caractéristique du système

1- Principe :

En prenant **deux diapasons** égaux et en mettant l'un des deux en vibration, on observe que l'autre, sollicité par les **ondes** émises par le premier, se met également à vibrer ; le même phénomène apparaît lorsque le second diapason a une fréquence multiple celle du premier.

$$MM' + MM1 + MM2$$

2- Enoncé du principe :

En mettant un diapason en vibration en contact avec un **caisson parallélépipédique** (dont une des faces est ouverte), le **son** se renforce d'une façon sensible : la variation d'amplitude (et non pas de fréquence) du son émis est due à ce que la colonne d'**air** intérieure au caisson se met également à vibrer, ajoutant ses vibrations à celles du diapason. Les **caisses de résonance** ou caisses **harmoniques** fonctionnent sur le même principe.

Une force périodique, même si son intensité est limitée, peut produire de très grandes **oscillations** dans un système, pour peu que la **puissance** de la **force** excitatrice soit voisine ou égale à la fréquence propre du système excité.

$$MM' = MM2 + MM1 + MM3 + III + MM1$$

Ainsi, les **arbres de transmission** possèdent des vitesses de rotation critiques, auxquelles ils entrent en résonance, se mettent à osciller comme des **cordes vibrantes** et risquent de casser.

Une fois ces vitesses dépassées, le risque disparaît. La fréquence propre d'un système dépend en général de ses caractéristiques physiques (**dimension** pour un système acoustique, **inductance** et **capacité** pour un système électrique, **constante** de raideur pour un ressort, etc.).

Ce phénomène, utile dans beaucoup d'applications en **électronique** et en acoustique, se révèle en général dangereux pour les **véhicules** (**bris de pièce**, etc.) ainsi que pour différents types de **constructions** (**ponts**, **tours**, etc.).

3- Construction de Fresnel :

Soit y_1 et y_2 deux mouvements vibratoires de même période et de même direction agissant simultanément sur le même point M_1 . On a :

$$Y_1 = a_1 \sin (\omega t + \varphi_1)$$

$$Y_2 = a_2 \sin (\omega t + \varphi_2)$$

La vibration résultante du point M et Y telle que $g = y_1 + y_2$.

D'après Fresnel, à chaque fonction sinusoïdale on associe un vecteur tournant, le module est égal à l'amplitude a de la vitesse angulaire (ω) et le module est égal à φ module a_1

$$Y_1 \text{ -----} \rightarrow M_1 / \text{phase } \varphi_1$$

$$Y_2 \text{ -----} \rightarrow MM_2 / \text{module } a_2$$

$$Y \text{ -----} \rightarrow MM / \text{phase } \varphi$$

4- Détermination l'amplitude de a :

Application du théorème de Pythagore au triangle $MM'J$

$$MM' = a ; a_2 = M'J_2 + MJ_2 \text{ ou } M'J = M'I + IJ$$

$$\text{avec } M'I = a_1 \sin \varphi_1$$

$$IJ = M_2 k = a_2 \sin \varphi_2$$

$$M'J = a_1 \sin \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2$$

$$MJ = MK + kJ \text{ avec } MK = a_2 \cos \varphi_2$$

$$KJ = a_1 \cos \varphi_1$$

$$MJ = a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos \varphi_2$$

$$a_2 = MJ_2 + MJ_2$$

$$a_2 = (a_1 \sin \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2)^2 + (a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos \varphi_2)^2$$

après développement et arrangement, on trouve :

$$a_2 = a_2^2 + 2 a_1 a_2 \cos (\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

- La phase = φ

On considère le triangle rectangle MM'J

$$M'J = a_1 \sin \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2$$

$$\tan \varphi = \frac{M'J}{MJ} = \frac{a_1 \sin \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2}{a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos \varphi_2}$$

$$MJ = a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos \varphi_2$$

$$a_1 \sin \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2$$

$$\tan \varphi = \frac{a_1 \sin \varphi_1 + a_2 \sin \varphi_2}{a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos \varphi_2}$$

$$a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos \varphi_2$$

5- Les cas particuliers :

a- Vibrations en phase :

Si les deux vibrations sont de même phase :

$$\varphi_1 = \varphi_2 \text{ ou } \varphi_2 = \varphi_1 + k \cdot 2\pi \text{ avec } k \in \mathbb{Z}$$

les vecteurs MM_1 et MM_2 ont même support et même sens

$$a = a_1 + a_2$$

$$\varphi = \varphi_1 = \varphi_2$$

b- Vibration en opposition de phase :

Si le phasage est égal à $(2k + 1)\pi$; $k \in \mathbb{Z}$

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = (2k + 1)\pi$$

$$a_1 > a_2$$

c- Vibration en quadrature de phase :

Les deux vecteurs sont en quadrature si $\varphi_2 - \varphi_1 = \pm \pi/2 + 2k\pi$

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2$$

$$a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$$

OPTIQUE :

I- Propagation des Vibrations Célérité d'un Ebranlement :

1- Milieu élastique :

- Définition :

Un **milieu élastique** est un **milieu matériel** déformable qui reprend son état initial quand la cause de la déformation cesse.

Exemples : la surface libre d'un liquide au repos, la corde, le ressort.

2- Ebranlement, signal ou onde :

Concepts physiques fondamentaux qui recouvrent un grand nombre de phénomènes ayant comme caractéristique commune la **propagation** dans un **milieu**.

- **Propagation ondulatoire**, perturbation qui se propage dans un milieu, de telle manière qu'il existe une dépendance réciproque entre la position d'un point du milieu et le **temps**.

- **Signal, grandeur**, fonction du temps, qui représente l'**allure** d'un phénomène ou d'une **information**.

- **Ebranlement**, déplacement d'un signal le long d'un milieu élastique. Un ébranlement est dit transversal lorsqu'il impose des déformations perpendiculaires à sa direction de propagation.

3- Célérité d'un ébranlement :

La célérité est une **vitesse** de propagation du signal dans un milieu homogène considéré.

- célérité d'une onde transversale :

$$V = \sqrt{\frac{F}{u}} \quad \text{--- N}$$

$$\text{m/s} \quad \text{---}$$

$$u \text{ --- kg/m}$$

avec :

F = tension de la corde

m

U = --- masse linéaire kg/m

L

V = célérité

- longueur d'onde :

C'est la grandeur caractéristique de la propagation d'une onde (acoustique, électromagnétique, etc.). La longueur d'onde représente la distance entre deux points successifs pour lesquels la perturbation (ou l'amplitude du signal se propageant), prend en un instant donné, la même valeur.

La longueur d'onde λ est liée à la fréquence f et à la vitesse v de propagation de l'onde par la relation : $\lambda = v/f$.

- Facteurs de la célérité :

La longueur d'onde dépend généralement des caractéristiques mécaniques et optiques du milieu de propagation.

II- Interférences :

1- Définition :

Phénomène par lequel **deux ondes**, en se superposant dans une région de l'espace, peuvent donner lieu à un renforcement ou à une extinction de leurs **amplitudes**, selon que celles-ci s'additionnent ou se retranchent.

L'interférence se manifeste en **acoustique**, en **optique**, dans les **radiocommunications**, et, en général, dans tous les phénomènes caractérisés par une propagation d'ondes.

- **Dans la technique des communications** téléphoniques ou radio, l'interférence désigne la **superposition** des **signaux parasites** au signal que l'on veut recevoir. Cela se traduit par la présence de **bruits** parasites qui engendrent une perte partielle ou totale de la compréhension du **message**.

- **En optique**, si I_1 et I_2 sont les **intensités** de deux **radiations** lumineuses qui se superposent en un point, l'intensité I résultante est en général différente de la somme $I_1 + I_2$. On observe des **franges d'interférences**, qui se manifestent sur un **écran** par une succession de zones sombres et de zones très brillantes.

Quand la différence de chemin optique entre les ondes interférentes est égale à $n\lambda$, où n est un nombre entier et λ la longueur d'onde, l'intensité est maximale (interférence constructive), alors que quand il est égal à un nombre impair de demi-longueurs d'ondes, l'interférence est destructive, ce qui correspond aux bandes sombres.

2- Expérience :

L'expérience d'interférence la plus classique s'effectue avec les **miroirs de Fresnel** : une source lumineuse, par réflexion sur deux miroirs peu inclinés l'un par rapport à l'autre, fournit des images virtuelles très voisines entre elles ; si la source est rigoureusement monochromatique (une seule longueur d'onde), il se forme sur l'écran un système de franges, prenant la forme d'une succession de **raies** alternativement claires et sombres.

Les franges d'interférences sont d'autant plus rapprochées que la longueur d'onde de la lumière est plus petite (cette relation permet d'ailleurs d'identifier la longueur d'onde d'une radiation incidente).

D'autres dispositifs permettent de créer des sources capables d'interférer : **T. Young** utilisa des **fentes** très rapprochées ; **A. Fresnel** utilisa un **prisme double** (l'image étant produite par réfraction) ; **A. Michelson** utilisa deux miroirs tournants placés dans des plans perpendiculaires, et **J. Babinet**, deux demi-lentilles qui fournissent deux images de la source que l'on peut faire interférer.

Les anneaux de **Newton** s'obtiennent en plaçant une lentille plan-convexe de grand rayon sur une plaque de verre : la figure d'interférence est composée d'une série d'anneaux concentriques.

Les applications techniques et scientifiques des phénomènes d'interférences sont très nombreuses : examen des surfaces planes, mesure des coefficients de dilatation, mesure des distances, mesures des indices de réfraction, etc.

Les phénomènes d'interférences expliquent notamment la coloration des bulles de savon, des tâches d'huile sur l'eau, etc.

III- Ondes stationnaires :

1- Définition :

Concept physique fondamental qui recouvre un grand nombre de **phénomènes** ayant comme caractéristique commune la **propagation** dans un **milieu**.

On parle de propagation **ondulatoire** pour une **perturbation** qui se propage dans un milieu, de telle manière qu'il existe une **dépendance** réciproque entre la **position** d'un point du milieu et le **temps**.

Par conséquent, on parle d'onde quand il existe une **quantité** variable dans le temps qui soit également **fonction** de la position.

On peut par ailleurs concevoir la propagation d'une onde comme le déplacement d'une **surface** appelée **front d'onde**, définie par l'égalité de **phase** des différents points de cette surface ; ou encore d'une surface dont tous les points ont la même **amplitude**. Par exemple : on parle d'onde dans le cas de **vibrations élastiques**, de **transmission du son**, de **propagation du champ électromagnétique**, etc.

Le mouvement de l'onde est totalement différent du **mouvement** du milieu dans lequel elle se déplace : l'onde n'est pas due à un déplacement global de la matière, chaque particule ayant un mouvement d'**oscillation** autour d'une position fixe, mais à celui de l'**énergie** qui se déplace dans le milieu.

On qualifie de **mécanique** une onde qui provoque une oscillation de la matière dans laquelle elle se propage ; cela advient quand la cause du phénomène est de nature mécanique. Le **son**, qui est produit par des corps vibrants, est une onde mécanique, et l'étude des phénomènes **acoustiques** se ramène souvent à la mécanique.

Il existe cependant des ondes produites par des phénomènes d'un autre type : ainsi les ondes électromagnétiques qui sont des variations d'**intensité** du champ **électrique** et **magnétique** qui existent dans l'espace vide.

2- Types d'ondes :

La **classification** peut être faite en fonction du mode de propagation dans l'espace : on appelle **ondes longitudinales**, les ondes dont la propagation est **parallèle** à la direction d'oscillation des particules (c'est-à-dire perpendiculaire au front d'onde lui-même, comme dans le cas des ondes acoustiques) ; on appelle **ondes transversales**, celles dont la direction de propagation est **perpendiculaire** à la direction d'oscillation des particules.

Le deuxième type d'onde est très important en physique et correspond par exemple au mouvement dans l'**eau** par la chute d'un corps (propagation en **cercles concentriques**) : en effet, la direction de propagation de l'onde est **radiale** par rapport au point de chute du corps, alors qu'une **molécule** d'eau (ou n'importe quel objet flottant) oscille perpendiculairement à la surface à la **horizontale** de l'eau.

On appelle **ondes sphériques**, celles qui se propagent dans l'espace comme une **sphère** qui se **dilate**. Sont sphériques, les ondes **sonores**, **électromagnétiques** et **élastiques** produites par une source **punctuelle** si le milieu de propagation est **homogène** et **isotrope**.

On appelle **ondes de surface**, les ondes qui se propagent sur une surface. Quand la perturbation varie en chaque point de l'espace de façon **sinusoïdale**, l'onde est dite **harmonique** ; elle est dite **périodique**, si en tout point de l'espace la perturbation se répète à intervalles de temps égaux ; elle est dite **stationnaire**, si la perturbation n'augmente ni ne diminue de façon progressive.

Dans ce dernier cas, les composantes du champ (de **matière**, **électrique**...) s'expriment à l'aide du produit d'une fonction des coordonnées spatiales par une fonction du temps à caractère sinusoïdal.

Les ondes stationnaires se manifestent lors de **phénomènes d'interférences**, quand se rencontrent ou se superposent deux ondes qui proviennent de directions différentes.

Ainsi, dans le cas d'une onde fixée aux deux extrémités,, l'onde stationnaire résulte de l'interférence des différents modes oscillatoires compatibles avec les conditions aux limites. Ces différents modes harmoniques se propagent d'une extrémité à l'autre de la corde, et leur superposition donne une onde stationnaire.

3- Ondes dans les liquides :

Dans les **liquides**, l'onde est un **plissement** plus ou moins prononcé de la surface de la **mer** (ou d'un **lac**) produit généralement par le vent, mais pouvant également avoir comme origine un tremblement de terre sous-marin (**soliton**), les **courants** et les **marées**.

Les ondes provoquées par le **vent** ont une forme sinusoïdale et leur mouvement est vertical ; leur amplitude se mesure du point le plus bas au point le plus haut par rapport au niveau théorique de la mer.

Le mouvement qui anime les ondes (**mouvement ondulatoire**) se propage par **viscosité** dans toute la masse liquide ; cela donne l'impression d'un mouvement horizontal des ondes alors qu'en réalité, elles oscillent verticalement (comme en témoigne le mouvement d'un bouchon flottant sur l'eau).

En s'éloignant du lieu de la perturbation initiale, l'amplitude des ondes a tendance à **décroître**. A proximité des côtes, les courants littoraux et autres obstacles naturels (**fonds marins, roches sous-marines**, etc.) brisent les ondes, ce qui provoque la chute des masses d'eau en mouvement. Ce phénomène est à la base de la formation des mouvements de **flux** et de **reflux**.

IV- Vibration forcée – Résonance :

1- Définition :

En **physique, phénomène** se présentant sous divers aspects et dans divers domaines de la physique (**acoustique, électricité**, etc.), qui se manifeste par une **amplification** de la **réponse** ou de l'**amplitude** des **vibrations** d'un **système** quelconque, en fonction de la **fréquence** de l'**excitation**, et dépend de la fréquence caractéristique du système

2- Vibration du son :

En prenant **deux diapasons** égaux et en mettant l'un des deux en vibration, on observe que l'autre, sollicité par les **ondes** émises par le premier, se met également à vibrer ; le même phénomène apparaît lorsque le second diapason a une fréquence multiple celle du premier.

En mettant un diapason en vibration en contact avec un **caisson parallélépipédique** (dont une des faces est ouverte), le **son** se renforce d'une façon sensible : la variation d'amplitude (et non pas de fréquence) du son émis est due à ce que la colonne d'**air** intérieure au caisson se met également à vibrer, ajoutant ses vibrations à celles du diapason.

Les **caisses de résonance** ou caisses **harmoniques** fonctionnent sur le même principe.

Une force périodique, même si son intensité est limitée, peut produire de très grandes **oscillations** dans un système, pour peu que la **puissance** de la **force** excitatrice soit voisine ou égale à la fréquence propre du système excité.

Ainsi, les **arbres de transmission** possèdent des vitesses de rotation critiques, auxquelles ils entrent en résonance, se mettent à osciller comme des **cordes vibrantes** et risquent de casser.

Une fois ces vitesses dépassées, le risque disparaît. La fréquence propre d'un système dépend en général de ses caractéristiques physiques (**dimension** pour un système acoustique, **inductance** et **capacité** pour un système électrique, **constante** de raideur pour un ressort, etc.).

Ce phénomène, utile dans beaucoup d'applications en **électronique** et en acoustique, se révèle en général dangereux pour les **véhicules (bris de pièce, etc.)** ainsi que pour différents types de **constructions (ponts, tours, etc.)**.

3- Effet Doppler :

- **Doppler Christian (1803 – 1853)**, physicien autrichien.

- **Effet Doppler** ou **effet Doppler-Fizeau**. Modification apparente de la fréquence mesurée pour un phénomène ondulatoire (**son**, lumière ou autres radiations électromagnétiques) due au mouvement relatif de la source et de l'observateur.

En acoustique, le phénomène peut facilement s'observer. Une source sonore (par exemple l'avertisseur d'une automobile) qui se rapproche, puis l'éloigne de l'observateur, envoie un son qui semble d'abord plus aigu puis plus grave que le son effectivement émis, avec une brusque diminution de puissance au moment du passage à la hauteur de l'observateur.

Le phénomène est dû au fait que, en cas de rapprochement, les ondes perçues se suivent avec une fréquence plus élevée, et en cas d'éloignement, elles se suivent avec une fréquence plus faible.

Pour les ondes sonores, on a l'expression :

$$v \pm w$$

$$v' = v \text{ -----}$$

$$v \pm v$$

ELECTRICITE :

I- Notion d'Electrostatique : loi de Coulomb

1- Définition :

Phénomène connu depuis l'**Antiquité** par lequel l'**ambre** (**elektron** en grec), lorsqu'il est frotté, attire les corps légers tels que les **grains de sucre**, les **morceaux de papier**, etc.

Deux formes d'électricité furent mises en évidence, **positive (+)**, que l'on obtient en frottant du **verre**, et **négative (-)**, obtenue en frottant de l'**ébène**.

Ces deux formes d'électricité exercent des actions **attractives** ou **répulsives** qui sont décrites par la **loi de Coulomb**.

L'électricité a une **structure discontinue, corpusculaire**, et toute **charge** électrique s'exprime comme un multiple d'une charge élémentaire de valeur absolue $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Les porteurs de ces charges élémentaires sont les **électrons** et les **protons** (respectivement négatifs et positifs).

Les **atomes** ou **molécules** ayant perdu **un** ou **plusieurs** électrons possèdent donc une charge totale positive puisque les protons sont alors plus nombreux que les électrons.

Le **courant électrique** correspond à un flux, un déplacement d'électrons dans milieu donné. Les protons sont généralement aux **noyaux atomiques** et ne se déplacent pas lors du passage d'un courant.

Les **champs** créés par des **charges statiques** sont étudiés par l'électrostatique, ceux créés par des charges en mouvement par l'**électrodynamique**.

2- Loi de Coulomb :

- **Coulomb Charles Augustin (1736 - 1806)**, mécanicien, physicien et officier français.

- **Loi :**

L'unité de mesure (**C**) de la charge électrique dans le S.I. IC est la quantité de charge qui traverse en **1 seconde** un conducteur parcouru par un courant de **1 ampère** : $IC = IA$.

Le coulomb international (C_{int}), qui se réfère au phénomène de l'**électrolyse**, est désormais rarement utilisé ; $1C_{int}$ est la quantité de charge électrique qui, en traversant un **voltamètre** à nitrate d'argent, libère à la **cathode** 1,118 mg d'argent ($1C_{int} = 0,999850C$).

II- Condensateur : charge-décharge-capacité

1- Condensateur :

Termes désignant un **système** constitué de **deux** ou **plusieurs corps conducteurs** (**armatures du condensateur**) séparés l'un de l'autre par un **matériau isolant**.

Les condensateurs trouvent des applications dans le champ industriel (**remise en phase, moteurs asynchrones monophasés, lampes fluorescentes**, etc.) et dans les circuits électroniques (**syntonisation des récepteurs, couplage d'amplificateurs**, etc.).

2- Types :

La **structure** des condensateurs est différente selon les **amplifications** et capacité à atteindre :

- **les condensateurs en papier** à haute capacité pour usages industriels (par **exemple** : pour la remise en phase, en basse fréquence) sont constitués par un rouleau de papier isolant interposé entre **deux surfaces** métalliques (feuille d'**étain** ou d'**aluminium**), le tout étant immergé dans de l'**huile d'isolation**.

- **Les condensateurs électroniques**, de grande capacité, sont constitués par un **système d'électrodes** plongées dans un liquide électrolytique qui, en se décomposant partiellement, donne lieu à la formation de très fines surfaces isolantes, qui confèrent au système une capacité élevée.

- **Les condensateurs variables à secteurs tournants**, utilisés en **radiotechnique** et pour des faibles capacités, une des **armatures** est mobile (elle tourne autour d'un axe) et peut donc se trouver en regard de l'autre armature qui est fixe, dans des proportions plus ou moins grandes. La capacité croît quand les surfaces en regard augmentent.

3- Charge, décharge, capacité :

A- Charge :

Unité physique fondamentale définie comme la quantité d'électricité contenue dans un corps. Les effets produits par les charges électriques, ou les **interactions** entre des corps chargés, sont étudiés en **électrologie** et, plus particulièrement, en **électrostatique** si les charges sont arrêtées, en **électrodynamique** si les charges sont en **mouvement**.

B- Décharge :

Passage de courant électrique entre les électrodes séparées par un matériau isolant. Les décharges électriques dans les **gaz** sont des types très variés selon l'intensité des différences de potentiel appliquées, la nature chimique des gaz, la forme des électrodes, la **pression** du gaz, etc.

C- Capacité :

Rapport entre la charge existante sur un conducteur isolé et son potentiel. Dans ces conditions, le rapport est constant et dépend uniquement de la forme du conducteur et du **diélectrique** dans lequel il est immergé.

Dans le cas de **deux** condensateurs **A** et **B** séparés par un diélectrique, on peut définir la capacité électrostatique comme le rapport entre la charge sur **A** (identique pour la valeur mais de signe opposé à celle de **B**) et la **ddp** entre **A** et **B**. Ce système constitue le condensateur électrique. Le concept de capacité se généralise dans le cas de systèmes formés de plus de **deux** conducteurs, comme cela se produit dans les lignes électriques à haute tension.

III- Courants alternatifs :

Expression qui indique aussi bien le **passage de charges électriques** à travers une surface donnée (généralement la **section** d'un **conducteur**), que la **mesure** qui correspond à ce passage, et qu'on appelle plus exactement **intensité du courant électrique**, représentée par i et définie comme la **charge** q qui traverse la surface donnée dans l'unité de **temps** t : $i = q / t$.

Dans le cas de **courants électriques variables**, il faut considérer la valeur instantanée du courant électrique, qui se définit en ayant recours aux **mesures infinitésimales** correspondantes **dq (charge)** et **dt (temps)** : $i = dq / dt$.

Quand le courant électrique est **unidirectionnel (il ne change jamais de signe)** et d'**intensité constante** ou qu'il varie très lentement dans le temps, on parle de courant continu (**c.c.**) ; c'est le cas, par exemple, du courant débité par une **pile** ou par une **dynamo**. Mais dans de nombreuses applications, il est toutefois nécessaire ou simplement avantageux, d'utiliser le **courant alternatif (c.a.)**, qui change de signe selon des **lois** définies.

Dans les applications industrielles et domestiques, cette loi est de type **sinusoïdal**, avec une **fréquence** de **50 Hz (périodes par seconde)** en **Europe** et de **60** aux **Etats-Unis** et dans d'autres pays d'Amérique ; pour des applications particulières, on utilise souvent une fréquence de **400Hz**.

Le courant alternatif a toutes les caractéristiques des **grandeurs alternées** ; il est produit par des **alternateurs** et se prête bien au changement de **tension** opéré par des **transformateurs**. On l'utilise non seulement pour l'**industrie**, pour l'**éclairage** et pour les **usages domestiques**, mais aussi pour les **communications (télégraphe, téléphone)**.

Pour le courant alternatif sinusoïdal, la valeur instantanée est $i = IM \sin \omega t$, (**IM : valeur maximale**), **fonction du temps (t)** et de la **pulsation (w)**, qui est liée à la **période (T)** de la pulsation $\omega = 2\pi f$. D'autres importantes grandeurs caractéristiques sont :

$I_m = 2IM/\pi$, **valeur moyenne** ; $I = IM/\sqrt{2}$ **valeur efficace**.

Le passage d'un courant électrique est régi par des lois différentes selon le milieu (**vide, gaz, électrolyte, conducteur métallique, semi-conducteur**) ou il se produit, mais il crée toujours un **champ magnétique** proportionnel au courant et il dépend de la forme du circuit (**lois de Laplace, principe d'équivalence d'Ampère**).

Dans les conducteurs qui suivent la loi d'**Ohm**, le passage du courant est accompagné de production de **chaleur (effet joule)** ; dans les électrolytes il s'accompagne aussi d'une séparation chimique. Par contre, le courant électrique est pratiquement négligeable dans les isolants.

IV- Résonance électrique :

En **physique, phénomène** se présentant sous divers aspects et dans divers domaines de la physique (**acoustique, électricité, etc.**), qui se manifeste par une **amplification** de la **réponse** ou de l'**amplitude** des **vibrations** d'un **système** quelconque, en fonction de la **fréquence** de l'**excitation**, et dépend de la fréquence caractéristique du système.

En prenant **deux diapasons** égaux et en mettant l'un des deux en vibration, on observe que l'autre, sollicité par les **ondes** émises par le premier, se met également à vibrer ; le même phénomène apparaît lorsque le second diapason a une fréquence multiple celle du premier.

En mettant un diapason en vibration en contact avec un **caisson parallélépipédique** (dont une des faces est ouverte), le **son** se renforce d'une façon sensible : la variation d'amplitude (et non pas de fréquence) du son émis est due à ce que la colonne d'**air** intérieure au caisson se met également à vibrer, ajoutant ses vibrations à celles du diapason.

Les **caisses de résonance** ou caisses **harmoniques** fonctionnent sur le même principe.

Une force périodique, même si son intensité est limitée, peut produire de très grandes **oscillations** dans un système, pour peu que la **puissance** de la **force** excitatrice soit voisine ou égale à la fréquence propre du système excité.

Ainsi, les **arbres de transmission** possèdent des vitesses de rotation critiques, auxquelles ils entrent en résonance, se mettent à osciller comme des **cordes vibrantes** et risquent de casser.

Une fois ces vitesses dépassées, le risque disparaît. La fréquence propre d'un système dépend en général de ses caractéristiques physiques (**dimension** pour un système acoustique, **inductance** et **capacité** pour un système électrique, **constante** de raideur pour un ressort, etc.).

Ce phénomène, utile dans beaucoup d'applications en **électronique** et en acoustique, se révèle en général dangereux pour les **véhicules (bris de pièce, etc.)** ainsi que pour différents types de **constructions (ponts, tours, etc.)**.

CHIMIE :

I- Monoéthylamine :

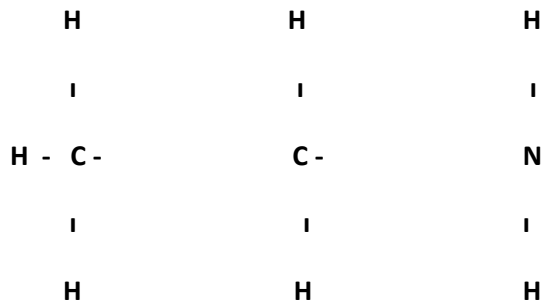
A- Généralité :

1- Définition :

Ethylamine, amine primaire aliphatique de formule $C_2H_5 - NH_2$, d'odeur assez semblable à celle de l'**ammoniac**, très soluble dans l'eau et dans les **solvants organiques**.

Elle est commercialisée en solution aqueuse (70% en volume) et est utilisée pour des synthèses industrielles ou comme solvant sélectif en **pétrochimie**. La **monoéthylamine** est un **hydrocarbure** azoté qui a pour formule brute C_2H_7N .

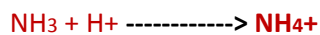
Formule développée :



2- Analogie entre monoéthylamine et ammoniac :

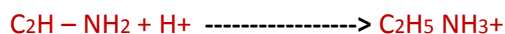
L'ammoniac porte une paire d'**électrons** sur sa couche externe. Cette paire d'électrons libres constitue une charge électrique négative qui donne à l'ammoniac sa principale propriété : c'est une **base**.

Base, structure chimique en anneau composée d'**azote**, de **carbone** et d'**hydrogène**. Les bases azotées font partie des composants des nucléotides qui forment les chaînes des **acides nucléiques**. Une base est capable de capter un **ion H+** au cours d'une réaction chimique, la **molécule** d'ammoniac peut capter un **proton** et devenir un ion ammoniac **NH₄⁺**



ion ammoniac

- Un phénomène analogue se produit avec la monoéthylamine dont la molécule peut capter un proton et devenir un ion monoéthylamine.



ions éthylamine

en raison de l'analogie dans la structure électronique, nous étudierons les propriétés de la monoéthylamine en les comparant souvent à celles de l'ammoniac (**NH₃**).

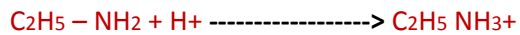
B- Propriétés physiques :

La monoéthylamine est un gaz incolore, commercialisée sous forme de solution aqueuse, son odeur est forte et rappelle celle de l'ammoniac. **1 litre** d'eau peut dissoudre **1 000 litres** de monoéthylamine.

C- Propriétés chimiques :

- Propriétés basiques :

La monoéthylamine est une base car elle peut capter un proton H^+ libéré par un **acide** et se transformer en ions monoéthylamine.



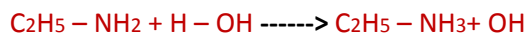
- Réactions avec l'eau : (effet thermique)

Comme dans le cas de l'ammoniac, la dissolution de la monoéthylamine dans l'eau est accompagnée d'un dégagement de chaleur qui traduit une **réaction**.

- Structure ionique :

La solution de monoéthylamine conduit le courant électrique. Lorsque l'électrolyse dure un temps suffisant, on observe un dégagement **d'oxygène** à l'**anode**.

La solution de monoéthylamine a une structure ionique, la réaction avec l'eau libère des ions :



OH^- c'est l'ion hydroxide.

$C_2H_5 - NH_3^+$ c'est l'ion monoéthylamine.

D- Action sur les indicateurs colorés :

La solution monoéthylamine agit comme la **soude** sur les indicateurs colorés habituels :

- elle ne modifie pas la teinte de l'**hélianthine** (comme toutes les bases),
- elle fait virer au rouge violet la phénolphtaléine,
- elle incolore (comme les bases suffisamment fortes).

II- Fonction amides :

1- Définition :

Composés organiques dérivables de l'ammoniac par substitution d'un, deux ou trois atomes d'hydrogène avec des radicaux **acyliques**.

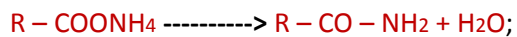
2- Classification des amides :

Les amides les plus répandus sont les amides de formule :

$R - CO - NH_2$; si le radical acylique provient de l'**acide sulfurique**, on obtient les **sulfamides** $R - SO_2 - NH_2$, ou amides des acides sulfonés.

3- Préparation :

Les acides sont obtenus par déshydratation à chaud du sel d'ammonium de l'**acide carboxylique** correspondant :



ou encore par réaction de l'ammoniac avec un **chlorure**, un **ester** ou un **anhydride** d'un acide carboxylique.

Les acides sont des produits solides dont le point de fusion relativement élevé est dû aux fortes associations intermoléculaires entre l'**oxygène** du groupe CO et l'**hydrogène** du groupe aminique.

Les **polyamides** sont des **polymères** importants, utilisés dans la fabrication des **textiles** synthétiques.

III- Fonction amines :

1- Définition :

Les **amines** sont une série de composés organiques qui peuvent être considérés comme dérivés de l'ammoniac par substitution d'un radical **alcoylique** à un ou plusieurs atomes d'**hydrogène** (amines aliphatiques), **arylique** (amines aromatiques), **arylalcoylique** (amines aromatiques ou aliphatiques, selon que prévaut la partie aromatique ou aliphatique de la molécule).

2- Classification :

Les amines sont réparties en trois catégories :

- **primaires** (RNH_2),
- **secondaires** (R_2NH),
- **tertiaires** (R_3N), en fonction du nombre d'atomes d'**hydrogène** remplacés par les radicaux.

Les amines, comme l'ammoniac, sont des substances basiques, capables de former les **acides** forts (**acide chlorhydrique, sulfurique, oxalique, picrique**), des **sels** stables qui peuvent servir à leur identification ; les amines aliphatiques, en particulier, sont des bases plus fortes que les amines aromatiques, et plus fortes parfois que l'ammoniac même.

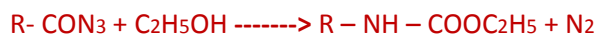
3- Préparation :

Il existe différents modes de préparation des amines, en dehors de la réaction d'**Hofmann** décrite aux paragraphes amination et amides.

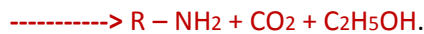
- La **synthèse de Gabriel** est utilisée pour la préparation des amines primaires, par **alcoylation** et **hydrolysat**ion successives de la **phtalimide** :



La réaction de **Carius** transforme l'**azide** d'un acide en amine, moyennant un atome de carbone de moins, et se comporte en alcool en réchauffant l'azide :



et en saponifiant l'**urétane** obtenu :



4- Réactions :

Les amines sont en général sensibles aux **oxydants** et réagissent comme les **esters** pour donner les amides. Avec l'acide nitreux, elles se comportent de manière différente, selon qu'elles soient aliphatiques ou aromatiques primaires, secondaires ou tertiaires : à la suite de cette réaction, qui permet de les reconnaître, les amines aliphatiques primaires donnent des **alcools**, les amines aromatiques primaires donnent des **phénols**, mais si le traitement à l'**acide nitreux** à lieu à **0°C**, on obtient des **sels de diazonium**, identifiables par **copulation** ; les amines secondaires, qu'elles soient aliphatiques ou aromatiques, donnent des **nitrosamines** ; les amines tertiaires aliphatiques ne réagissent pas, alors que les tertiaires **aliphatico-aromatiques**, subissent la **nitrosation** du maillon benzénique.

Les amines tertiaires aliphatiques, traitées comme les **halogénures alcoyliques**, donnent des sels de **tétralcoylammonium** qui peuvent être considérés comme des dérivés des sels d'ammonium par substitution de radicaux alcoyliques aux atomes d'**hydrogène** :



En traitant l'ammoniac avec des halogénures alcoyliques, on obtient toujours un mélange d'amines aliphatiques primaires, secondaires, tertiaires, et des sels de tétralcoylammonium.

5- Applications :

Les amines présentent un grand intérêt, surtout dans le domaine de l'industrie pharmaceutique et celui des colorants. En outre, elles constituent un groupe de produits de base indispensable à la préparation d'un grand nombre de composés organiques (**amino-acides**, **amino-alcools**, **amino-sucre**s, **amides**). Biologiquement, elles se constituent à partir de la décomposition protéique (par **exemple** : des aliments dans l'intestin).

IV- Le Glucose :

1- Définition :

Monosaccharide à six atomes de carbone, également connu sous le nom de **D-glucose** ou **dextrose**. C'est un sucre extrêmement abondant dans la nature.

2- Préparation :

Dans l'industrie, le glucose est préparé par **hydrolyse** de l'**amidon** en présence d'acides minéraux (par exemple : l'**acide sulfurique**) dans des **autoclaves** (110 – 115°C). Après purification avec du charbon actif, la solution peut être concentrée et mise dans le commerce comme **sirop** ; on peut aussi en séparer par cristallisation du glucose à l'état cristallin.

3- Comportement chimique :

Il réduit la **liqueur de Fehling**, réagit avec l'**hydroxylamine** en formant une **oxime**, et avec la **fenylhydramine** en donnant l'**oxazole** correspondant. Avec le **méthanol** en présence d'**acide chlorhydrique**, il donne les α - et les β - glucosides. Les processus de fermentation que le glucose subit sous l'action de nombreuses enzymes revêtent une importance considérable.

Le glucose est présent dans tous les organismes vivants du monde végétal et animal, à l'état libre ou en combinaison (**saccharose**, **lactose**, **amidon**, **cellulose**, **glycogène**).

Dans le **métabolisme** animal, le glucose joue un rôle essentiel comme source d'énergie. C'est un aliment indispensable, et le plus importants des **carbohydrates** ; il est facilement assimilé par l'organisme et transformé en glycogène au niveau du **foie**.

4- Utilisation :

Le glucose est utilisé dans les préparations industrielles de l'industrie de la pâtisserie et des produits alimentaires, dans les industries pharmaceutique et chimique (production de **glycérine** par oxydation du glucose, et l'**acide oxalique** par oxydation par l'**acide nitrique**).

En médecine, l'administration par voie parentérale de glucose sous forme de solution **isotonique** ou **hypertonique** assure à l'organisme un apport énergétique suffisant quand le patient n'est plus en mesure d'ingérer des aliments.