ANNEE 2007-2008

FACULTE DE PHARMACIE

DATE : MARDI 08 AVRIL 2008

SEMINAIRE DE PHYSIQUE N°3

PROGRAMME :

- ✓ ELECTROCINETIQUE
- ✓ OPTIQUE
- ✓ RADIOACTIVITE

Constantes universelles de physique

Constante	Valeur exacte	Approximation
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 299\,792\,458\ m.s^{-1}$	$c = 3.10^{8}\ m.s^{-1}$
Constante de Plank	$h = 6{,}626176.10^{-34}\ J.s$	$h = 6{,}6.10^{-34}\ J.s$
Charge élémentaire	$e = 1{,}6021892.10^{-19}\ C$	$e = 1{,}6.10^{-19}\ C$
Masse au repos de l'électron	$m_e = 9{,}109534.10^{-31}\ Kg$	$m_e = 9{,}11.10^{-31}\ Kg$
Masse au repos du neutron	$m_n = 1{,}675.10^{-27}\ Kg$	$m_n = 1{,}68.10^{-27}\ Kg$
Masse au repos du proton	$m_p = 1{,}6726485.10^{-27}\ Kg$	$m_p = 1{,}67.10^{-27}\ Kg$
Nombre d'Avogadro	$N_A = 6{,}022045.10^{23}\ mol^{-1}$	$N_A = 6{,}023.10^{23}\ mol^{-1}$
Le Rydberg	$R = 10973732\ m^{-1}$	$R = 1{,}097.10^{7}\ m^{-1}$
Constante des gaz parfaits	$R = 8{,}314\ J.mol^{-1}.K^{-1}$	$R = 8{,}31\ J.mol^{-1}.K^{-1}$
Constante de Boltzmann	$K_B = \frac{R}{N_A} = 1{,}3805941.10^{-23}\ J.K^{-1}$	$K_B = \frac{R}{N_A} = 1{,}38.10^{-23}\ J.K^{-1}$
Permittivité du vide	$\varepsilon_0 = 8{,}85419.10^{-12}\ F.m^{-1}$	$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi 10^{-7} c^2} = 9.10^{-12}\ F.m^{-1}$
Perméabilité du vide	$\mu_0 = 1{,}3.10^{-6}\ H.m^{-1}$	$\mu_0 = 1{,}3.10^{-6}\ H.m^{-1}$

ELECTROCINETIQUE

L'électrocinétique est l'étude de propriétés liées au mouvement d'ensemble des charges électrique dans les conducteurs et semi-conducteurs.

I – Intensité et densité du courant électrique :

1) Intensité du courant électrique :

$$\boxed{i = \frac{dq}{dt}}$$

- ✓ i est l'intensité du courant électrique en A.
- ✓ dq est la charge élémentaire (Coulomb) traversant une section pendant un temps dt (en s)

2) Vecteur densité de courant :

La densité de courant $\vec{j}$ est un vecteur qui décrit le courant électrique i à l'échelle locale en un point d'un matériau. Ce vecteur indique l'orientation des lignes de courant :

$$\boxed{\vec{j} = n \times q \times \vec{v} = Qx\vec{v}}$$

- ✓ n est le nombre de porteurs de charges mobiles (pcm) par unité de volume.
- ✓ q est la charge de chaque pcm.
- ✓ v est la vitesse des pcm.
- ✓ Q est la charge globale des pcm par unité de volume.

3) intensité et vecteur densité de courant :

$$\boxed{di = \vec{j}.\overrightarrow{dS} \Leftrightarrow i = \int_S \vec{j}.\overrightarrow{dS}}$$

II – Loi d'Ohm :

1) Loi d'Ohm local :

Dans un conducteur électrique soumis à un champ électrique $\vec{E}$, les électrons (de charge q = -e) atteignent une vitesse limite proportionnelle à $\vec{E}$:

$$\boxed{\vec{v} = -\mu \times \vec{E}}$$

μ est appelé la mobilité des porteurs de charges (noté k dans certains cas !).

Le signe – provient du fait que les électrons (charge négative) se déplacent de sens contraire à $\vec{E}$.

On obtient donc la loi d'Ohm local :

$$\boxed{\vec{j} = \gamma \times \vec{E}}$$

avec $\gamma = nek$ la conductivité électrique du matériau (pour un seul type de pcm).

2) Résistivité électrique :

$$\boxed{\rho = \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{n \times e \times k}}$$

- ✓ ρ est la résistivité du conducteur en Ω.m

3) Loi d'Ohm général :

$$\boxed{U = R \times i = \frac{i}{G} = \frac{\rho \times l}{S} \times i}$$

- ✓ R est la résistance du conducteur en Ohm (Ω).
- ✓ U est la tension entre les extrémités du conducteur en Volt (V) avec U=Exl.
- ✓ I est l'intensité du courant électrique en Ampère (A).
- ✓ l est la longueur du conducteur en mètre (m).
- ✓ S est la section du conducteur en mètre carré (m²).
- ✓ G est la conductance du conducteur en Siemens (S).

III – Conductivité électrique dans les liquides :

1) Formules :

Les solutions ioniques sont conductrices de l'électricité. Les porteurs de charges sont les cations (chargés positivement) et les anions (chargés négativement).

On obtient les formules suivantes :

- ✓ Vecteur densité de courant : $\boxed{\vec{j} = \vec{j_A} + \vec{j_C}}$
- ✓ Résistance : $\boxed{R = \frac{l}{S \times Q \times \left(\sum k_A + k_C\right)}}$
- ✓ Résistivité : $\boxed{\rho = \frac{RS}{l} = \frac{1}{Q \times \left(\sum k_A + k_C\right)}}$
- ✓ Conductivité : $\boxed{\gamma = \frac{1}{\rho} = Q \times \left(\sum k_A + k_C\right)}$

2) Cas des électrolytes faibles :

Dans le cas d'une dissociation partielle d'un soluté en solution, on fait intervenir le coefficient de dissociation α dans :

$$\boxed{n_A = n_C = \alpha \times n}$$

3) Rappels de conductimétrie :

a) Conductivité ionique :

Lorsqu'on traite un problème purement chimique, on remplace la conductivité γ par le symbole σ qu'on appelle conductivité ionique :

$$\boxed{\sigma = \frac{L \times G}{S} = K \times G}$$

- ✓ $K = \frac{L}{S}$ est la constante de la cellule en m^{-1}.
- ✓ $\sigma = \frac{L \times G}{S} = K \times G$ est la conductivité ionique en $S.m^{-1}$.

b) Conductivité ionique molaire :

Pour une solution contenant des ions M^+ et X^-, on a :

$$\boxed{\sigma = \lambda_{M^+} \times [M^+] + \lambda_{X^-} \times [X^-] = \sum_{\text{ions}} \lambda_{i^-} \times C_i}$$

Attention, les concentrations s'expriment ici en $mol.m^{-3}$.
λ est la conductivité molaire ionique des ions concernés en $S.m^2.mol^{-1}$.

IV – Conductivité électrique dans les solides :

1) Les conducteurs :

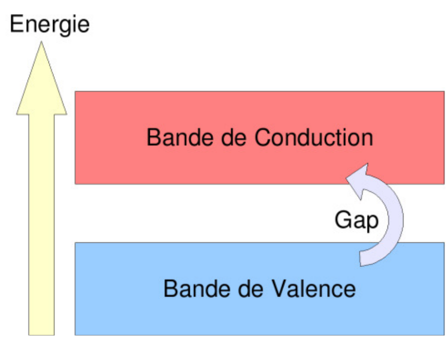
a) Généralités :

Les conducteurs ont une conductivité γ très élevé (de l'ordre de 10^7 $S.m^{-1}$) : cuivre, platine. Cette conductivité diminue quand la température augmente.

b) Théorie des bandes :

Les électrons d'un cristal se répartissent suivant différents niveaux appelés bandes.

La bande de valence est toujours pleine.



Pour un conducteur :

- La bande de conduction est partiellement remplie. Le métal contient des électrons susceptibles de participer au phénomène de conduction.
- La zone interdite (appelée GAP) qui sépare les 2 bandes a une énergie E_{GAP} très faible, permettant aux électrons de la bande de valence de passer facilement sur la bande de conduction.

c) Statistique de Fermi-Dirac (1926) :

Cette loi indique le remplissage des bandes d'énergie en fonction de la température :

$$\boxed{f_n(E) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_f}{K_B T}\right)}}$$

- ✓ $f_n(E)$ est la probabilité d'occupation d'un niveau d'énergie E par un électron.
- ✓ K est la constante de Boltzmann.
- ✓ T est la température en Kelvin.
- ✓ E_f est l'énergie de Fermi (énergie caractéristique d'un métal qui fixe le niveau d'énergie du plus haut niveau occupé à 0K).

d) Résistivité des matériaux en fonction de la température :

$$\boxed{\rho = \rho_0 (1 + \alpha (T - T_0))}$$

- ✓ T_0 est la température de référence pour laquelle le matériau a une résistivité ρ_0.
- ✓ α est le coefficient thermique de résistivité.

e) Phénomène de supraconductivité :

En dessous d'une température critique T_c, un métal devient supraconducteur : il conduit l'électricité sans dissipation d'énergie par effet Joule.

2) Les isolants :

- La bande de conduction est vide.
- Le GAP est grand (environ 10 eV) ne permettant pas le passage d'électron sur la bande de conduction.

Exemple : le diamant.

3) Les semi-conducteurs :

Ils ont les mêmes caractéristiques que les isolants mais ont un GAP plus faible (1 eV).

Exemple : le silicium ou le germanium.

a) Les semi-conducteurs intrinsèques :

Un semi-conducteur est dit intrinsèque lorsqu'il est pur. Il n'a pas été dopé et son comportement électrique ne dépend que de la structure électronique du matériau.

b) Les semi-conducteurs extrinsèques :

Un semi-conducteur est dit extrinsèque lorsqu'on a modifié le réseau cristallin :

- ➢ Type N : excès d'électrons dans le semi-conducteur.
- ➢ Type P : excès de trous (ou défaut d'électrons) dans le semi-conducteur.

IV – Exercices d'application :

1) Réaction acido-basique :

50 mL de soude à 10^{-2} mol.L^{-1} et 50 mL d'acide chlorhydrique à $2{,}33.10^{-2}$ mol.L^{-1} sont mélangés.

Données : $\lambda°(Na^+) = 50{,}1.10^{-4}$ S.m².mol^{-1}
$\lambda°(H^+) = 1{,}46.10^{-2}$ S.m².mol^{-1}
$\lambda°(Cl^-) = 76{,}3.10^{-4}$ S.m².mol^{-1}

1. Quelle est la conductivité de la solution obtenue ?

Réponse : $\sigma = 0{,}3466 \text{ S.m}^{-1}$

2. En déduire la résistivité de la solution.

Réponse : $\rho = 2{,}88 \ \Omega\text{.m}$

2) Chlorure de sodium en solution :

Une cuve parallélépipédique de section S et de longueur L contient une solution de chlorure de sodium totalement dissocié. La solution a été obtenue en dissolvant une masse m de NaCl (électrolyte fort) tel que m(NaCl) = 0,585g.

Les deux extrémités de cette cuve sont deux électrodes métalliques identiques entre lesquelles on établit une tension $U_{AB} = V_A - V_B$.
On note k^+ la mobilité des cations et k^- la mobilité des anions.

Remarque : la cuve est totalement remplie.

Données :

L = 10 cm	S = 5 cm²	$k^+ = 5.10^{-8}$ m²V^{-1}s^{-1}
UAB = 5 V	M(NaCl) = 58,5 g.mol^{-1}	$k^- = 7.10^{-8}$ m²V^{-1}s^{-1}

1. Calculer la valeur du module du vecteur densité de courant dans la cuve.

Réponse : $\|\vec{j}\| = 115{,}6 \text{ A.m}^{-2}$

2. En déduire la valeur du courant qui la traverse.

Réponse : $i = 58$ mA

3. Déterminer la résistivité de l'électrolyte.

Réponse : $\rho = 0{,}43 \ \Omega\text{.m}$

4. Quelle est la vitesse de déplacement des deux types d'ions.

Réponse : $v^+ = 2{,}5.10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ et $v^- = 3{,}5.10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$

3) Conductivité dans un solide conducteur :

Un fil d'aluminium (masse molaire atomique : 27 $g.mol^{-1}$; masse volumique : $2{,}7 g.cm^{-3}$) de diamètre 1 mm est parcouru par un courant de 5 A.

1. Sachant que chaque atome libère un électron de conduction, déterminer le nombre de porteurs de charges par unité de volume.

Réponse : $n = 6{,}02.10^{22}$ électrons.cm^{-3}.

2. Calculer la vitesse d'ensemble de déplacement des électrons de conduction.

Réponse : $v = 6{,}6.10^{-4}$ $m.s^{-1}$

3. Pour une différence de potentiel appliquée entre deux sections du fil distantes de 10 mètres de 120 volts, calculer la mobilité électronique k.

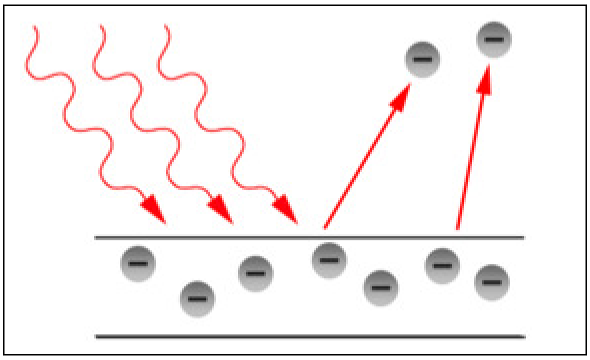
Réponse : $k = 5{,}5.10^{-5}$ $m^2.V^{-1}.s^{-1}$

OPTIQUE

I – Effet photoélectrique :

1) Cours :

L'effet photoélectrique est l'émission d'électrons peu lié (couche externe) par un matériau lorsque celui-ci est exposé à un rayonnement électromagnétique de fréquence suffisamment élevée.



Si l'énergie du rayonnement $h\nu$ est supérieure à l'énergie de liaison de l'électron (appelée aussi travail d'extraction W), celui-ci est éjecté avec une certains énergie cinétique E_c :

$$\boxed{E_{initiale} = h\nu = W + E_c =}$$

2) Exercice :

Soit une source lumineuse ponctuelle S émettant une puissance de 1mW. La lumière est monochromatique et les photons ont une longueur d'onde dans le vide de 500 nm.

Une cellule photoélectrique, de surface 10 cm^2, est située à 1 mètre de la source.
Le rendement quantique de la cellule est de 1%.
Le potentiel d'extraction est de 1,78 V.

1. Calculer l'énergie en eV d'un photon.

Réponse : $E = 3{,}96.10^{-19}\ J = 2{,}48\ eV$

2. Calculer la longueur maximale des photons pour avoir l'effet photoélectrique.

Réponse : $\lambda \leq 695\ nm$

3. Calculer l'énergie cinétique des électrons émis

Réponse : $E_{cinétique} = 0{,}70\ eV = 1{,}12.10^{-19}\ J$

4. En déduire leur vitesse.

Réponse : $v = 4{,}96.10^{5}\ m.s^{-1}$

5. En déduire leur longueur d'onde

Réponse : $\lambda = 1\ 775\ nm$

6. Calculer le courant de saturation.

Réponse : $I = 3{,}2.10^{-10}\ A$

7. Calculer la contre tension.

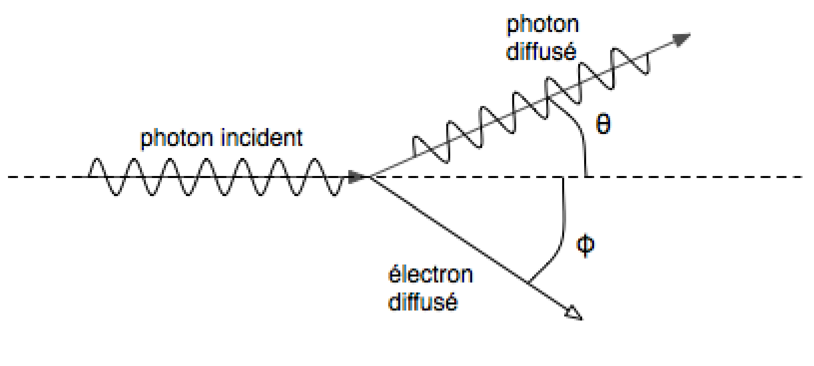
Réponse : $U_C = 0{,}7\ V$

II – Effet Compton (1923) :

1) Cours :

La **diffusion Compton** est la diffusion d'un photon sur une particule de matière, comme un électron.

On appelle **effet Compton** plus spécifiquement l'augmentation de la longueur d'onde du photon par la diffusion.



Diffusion Compton: Collision d'un photon avec un électron au repos

En utilisant la conservation de l'impulsion, la conservation de l'énergie et la relation d'Einstein :

$$\boxed{E^2 = p^2c^2 + m^2c^4}$$

On obtient une relation entre la longueur d'onde avant le choc du photon sur l'électron et après :

$$\boxed{\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c}(1-\cos\theta) = \frac{2h}{m_e c}\sin^2\frac{\theta}{2} = \frac{\lambda_c}{2}\sin^2\frac{\theta}{2}}$$

$\lambda_c = \dfrac{h}{m_e c} = 2{,}4.10^{-12}$ m est la longueur d'onde de Compton.

On trouve la deuxième relation en utilisant une relation de trigonométrie : $1-\cos\theta = 2\sin^2\dfrac{\theta}{2}$.

2) Exercice :

Soit un électron de longueur d'onde λ arrivant sur un électron au repos.
On appelle θ l'angle du photon diffusé avec la direction du photon incident et φ l'angle de l'électron en mouvement.

1. Exprimer la loi régissant l'effet Compton et faire un schéma illustrant l'effet Compton.

Réponse : Voir cours ci-dessus.

Le détecteur de photons est à 45° de l'horizontal.
Les photons incidents ont une énergie de 75 keV.

2. Calculer la longueur d'onde λ' des photons diffusés.

Réponse : $\lambda_{\text{diffusé}} = 1{,}76.10^{-11}$ m

3. En déduire l'énergie E' des photons diffusés.

Réponse : $E' = 1{,}13.10^{-14}$ J $= 70{,}3$ KeV.

4. Calculer l'énergie cinétique Ec des électrons.

Réponse : $E_c = 4{,}7$ KeV $= 7{,}52.10^{-16}$ J

5. En déduire la vitesse v des électrons.

Réponse : $v = 4{,}1.10^{7}$ m.s^{-1}

III – Rayons X et atténuations :

1) Cours :

Les **rayons X** sont un rayonnement électromagnétique d'énergie $h\nu$, de longueur d'onde comprise entre 0,001 nm et 10 nm.

Pour **produire des rayons X**, il faut arracher (par bombardement) un électron d'une couche interne. Si cet électron ne possède pas une énergie suffisante pour s'éjecter, l'électron va seulement passer sur une orbite supérieure : on dit que **l'atome est excité**.

La place vacante va être récupérer par les autres électrons, qui vont redescendre en énergie de la couche 2 à la couche 1, permettant l'émission d'un rayon X.

L'énergie d'une couche n ne peut prendre qu'une valeur discrète :

$$\boxed{E_n = -\frac{E}{n^2} = -\frac{E_0 \times Z^2}{n^2}}$$

- ✓ E représente l'énergie nécessaire pour exciter l'atome à partir de son niveau fondamental. Pour l'hydrogène, E_0 = - 13,6 eV.
- ✓ n est un entier représentant les différents niveaux.
- ✓ Z est le numéro atomique de l'atome considéré.

L'énergie du rayon X émis est donc la différence d'énergie entre les 2 niveaux :

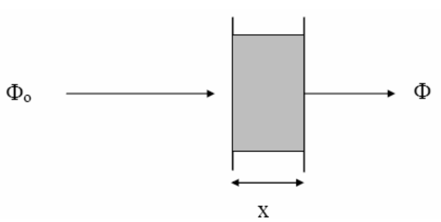
$$\boxed{\Delta E = h\nu_{\text{rayon X}} = E_2 - E_1 = E_0 \times Z^2 \left(\frac{1}{{n_1}^2} - \frac{1}{{n_2}^2} \right)}$$

Les différentes couches électroniques :

Nombre quantique Principal n	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7
Symbole	K	L	M	N	O	P	Q
Nombre d'électrons maximum	2	8	8	18	18	32	32

Atténuation, la loi de Lambert :

Lorsqu'un rayonnement traverse un matériau de longueur x, son flux est diminué suivant la loi :



$$\boxed{\phi = \phi_0 \exp(-\mu x)}$$

μ est le coefficient d'absorption linéique du matériau.
x est la longueur du matériau en mètre.

On appelle **CDA** la **Couche de Demi-Atténuation**, c'est-à-dire la longueur du matériau pour laquelle le flux est diminué de moitié :

$$\boxed{\frac{\phi_0}{2} = \phi_0 \exp(-\mu \times CDA) \Leftrightarrow CDA = \frac{\ln 2}{\mu}}$$

2) Exercice :

Soit une couche de plomb (de numéro atomique 82) de CDA = 1 mm.

1. Déterminer l'énergie nécessaire pour exciter un atome de Plomb à partir de son niveau fondamental.

Réponse : $E = 91{,}5 \text{ keV}$

2. Déterminer les longueurs d'ondes des rayons X correspondants aux transitions L→K et M→L.

Réponse : $\lambda_{L \to K} = 1{,}8.10^{-11} \text{ m}$ et $\lambda_{M \to L} = 9{,}7.10^{-11} \text{ m}$

3. Calculer le coefficient d'atténuation linéique du Plomb.

Réponse : $\mu = 693 \text{ m}^{-1}$

4. Quelle doit être l'épaisseur du Plomb pour atténuer de 100 un faisceau de rayons X.

Réponse : $\mu = 6{,}64 \text{ mm}$

IV – Spectrophotométrie :

1) Cours :

La spectrophotométrie est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance d'une substance chimique donnée en solution.

Plus une espèce est concentrée, plus elle absorbe la lumière en suivant **la loi de Berr-Lambert** :

$$\boxed{A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) = \varepsilon_\lambda \times l \times C}$$

- ✓ A représente l'absorbance de la solution (sans unité).
- ✓ I_0 représente l'intensité de la lumière arrivant.
- ✓ I représente l'intensité de la lumière transmise.
- ✓ ε_λ est le coefficient d'extinction molaire de l'espèce absorbante à la longueur d'onde λ (en $L.mol^{-1}.cm^{-1}$).
- ✓ l est la longueur du trajet optique en cm.
- ✓ C est la concentration de l'espèce absorbante ($mol.L^{-1}$).

2) Exercice (mai 1997) :

L'absorptivité molaire de l'adénine dans HCl à 0,1 $mol.L^{-1}$ est de $1,34.10^4$ $L.mol^{-1}.cm^{-1}$. pour son maximum d'absorption à λ = 262 nm.

Soit une cuve cubique de 1 cm d'épaisseur contenant une solution à $0,2.10^{-6}$ $g.mL^{-1}$ d'adénine dans HCl à 0,1 $mol.L^{-1}$, traversée par un faisceau de longueur d'onde λ = 262 nm.

1. Quel est le pourcentage de lumière absorbée par la solution ? La masse molaire de l'adénine est de 135 $g.mol^{-1}$.

Réponse : 4,5 % absorbés.

2. La longueur d'onde du faisceau incident est déplacé à λ' = 270 nm. Que devient l'absorbance de la solution en supposant que les autres conditions expérimentales restent identiques ? Expliquez votre réponse.

Réponse : L'absorbance diminue.

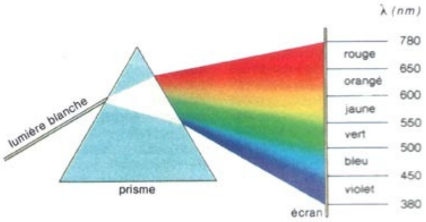
V – Diffraction et réseau :

1) Cours :

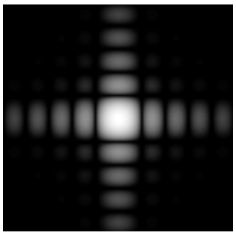
Un réseau de diffraction est un dispositif optique composé d'une série de fentes parallèles. Ces traits sont espacés de manière régulière, l'espacement est appelé le « pas » du réseau.

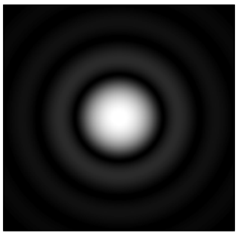
Si la distance entre les traits est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière, le réseau permet d'obtenir des figures de diffraction :

- ✓ Si l'on envoie de la lumière blanche, le réseau décompose la lumière à la manière d'un prisme.
- ✓ Si l'on envoie une seule longueur d'onde (lumière monochromatique), le réseau réfléchit plusieurs taches ; la direction de réflexion des taches dépend de la distance entre les traits et de la longueur d'onde.



Décomposition de la lumière


Fente carrée


Fente circulaire

Pas du réseau :

$$\boxed{d = \frac{1}{n}}$$

- ✓ d représente le pas du réseau en mm.
- ✓ n représente le nombre de traits par mm (traits.mm^{-1})

Formule des réseaux :

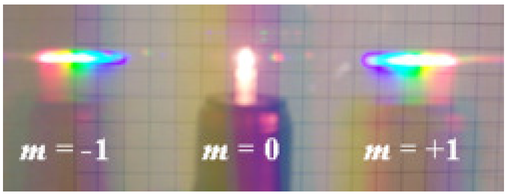
$$\boxed{\sin\theta + \sin i = \pm m \times n \times \lambda}$$

- ✓ θ est l'angle de diffraction en °.
- ✓ i est l'angle incident en °.
- ✓ n représente le nombre de traits par mm (traits.mm^{-1})
- ✓ m est l'ordre de transmission (noté k dans certains cas)
- ✓ On a le signe + dans le cas d'un réseau en réflexion, et le signe – dans le cas d'un réseau en transmission.

Mode de transmission (ou ordre) m (ou k) : numéro de l'interférence constructive.

$$\boxed{-1 \leq \sin\theta = m \times n \times \lambda \leq 1}$$

- ✓ m est l'ordre de transmission (sans unité).
- ✓ n représente le nombre de traits par mm (traits.mm^{-1})
- ✓ λ est la longueur d'onde du faisceau incident (en
- ✓ θ est l'angle de diffraction en °.



Pouvoir dispersif :

On dérive la relation du réseau (l'angle d'incidence étant fixe) : $\cos\theta d\theta = m \times n \times d\lambda$:

$$\boxed{p = \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{n.m}{\cos\theta} = \frac{n.m}{\sqrt{1-\sin^2\theta}} = \frac{n.m}{\sqrt{1-(n.m.\lambda - \sin i)^2}} = \frac{n.m}{\sqrt{1-(n.k.\lambda)^2}}}$$

Résolution d'un réseau :

Résolution d'un réseau :

$$\boxed{R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = m.N = m.n.L}$$

- ✓ N est le nombre total de fentes éclairés.
- ✓ L est la longueur du réseau.

2) Exercice :

Un réseau par réflexion est éclairé sous incidence normale par une lumière d'une lampe à hydrogène dont le spectre visible contient 4 raies principales H_α, H_β , H_γ , H_δ de longueurs d'onde respectives 656 nm, 486 nm, 434 nm et 410 nm. Sachant que le pas du réseau est égal à 1,5 µm

1. Calculer le nombre n de traits par mm de réseau.

Réponse : $n = 667 \text{ traits.mm}^{-1}$

2. Quels sont les ordres de diffraction dans lesquels il est possible d'observer les 4 maximas d'intensité correspondant à ces raies ?

Réponse : Ordres de -2 à +2.

3. Pour l'ordre k = + 1, quelles sont les valeurs des angles de diffraction correspondant aux maximas d'intensité pour ces 4 raies ?

Réponse : 25,9 °, 18, °, 16,8 ° et 15,9°.

4. Quelles sont dans l'ordre k = + 1, les dispersions angulaires de longueur d'onde de ce réseau aux niveaux des longueurs d'onde H_α, et H_δ ?

Réponse : Pour 656 nm, on trouve $p=7,42.10^{-4}$ rad.nm^{-1}.
Pour 410 nm, on trouve $p=6,93.10^{-4}$ rad.nm^{-1}.

5. Quelle doit être la résolution de ce réseau pour que les maximas d'intensité de 2 raies voisines situées à la limite de l'UV et correspondant aux transitions n = 26 → n = 2, n = 25→ n = 2 soient vues séparément et distinctement (on rappelle que les raies H_α, H_β , H_γ , H_δ correspondent aux transitions n=3→n=2 ; n=4→n=2 ; n=5→n=2, n=6→n=2)

Réponse : $R_{min} = 2056$

6. Quelle longueur minimale du réseau en mm doit être éclairée pour que cette séparation soit possible dans l'ordre k = +1 ?

Réponse : $L = 3,08 \text{ mm}$

RADIOACTIVITE

La radioactivité est un phénomène physique naturel au cours duquel des noyaux atomiques instables se désintègrent en dégageant de l'énergie sous forme de rayonnements divers, pour se transformer en des noyaux atomiques plus stables. Les rayonnements ainsi émis sont appelés, selon le cas, des rayons α, des rayons β ou des rayons γ.

I – Lois de la radioactivité :

1) Probabilité de la désintégration :

$$\boxed{dN = -\lambda N dt \Leftrightarrow N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)}$$

- ✓ λ est la constante radioactive en s^{-1}.
- ✓ N est le nombre de noyaux radioactifs à l'instant t.
- ✓ dN noyaux se désintègrent pendant un temps dt.

2) Activité d'un échantillon :

C'est la vitesse de désintégration ou le nombre de désintégration par unité de temps.

$$\boxed{A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N(t) = N_0 \lambda \exp(-\lambda t) = A_0 \exp(-\lambda t)}$$

A s'exprime en Becquerel ou en Curie

$1C = 3{,}7.10^{10}$ Bq

3) Vie moyenne :

$$\boxed{\tau = \int_0^{\infty} t \exp(-\lambda t) dt = \frac{1}{\lambda}}$$

4) Demi-vie v :

$$\boxed{T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}}$$

II – Les différents types de radioactivité :

1) Radioactivité alpha :

Il s'agit de l'émission d'un noyau d'hélium par un noyau lourd $(Z > 82)$ qui s'allège.

$$\boxed{{}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-4}Y + {}^{4}_{2}He}$$

$$\boxed{Q_\alpha = (M_X - M_Y - M_{He})c^2}$$

2) Radioactivité beta - :

C'est une transformation isobarique (A = cste) avec émission d'un électron par un noyau présentant un excès de neutrons.

${}^{0}_{0}\overline{\upsilon_{e^-}}$ est un anti-neutrino.

$$\boxed{{}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}_{Z+1}^{A}Y + {}^{0}_{-1}e^- + {}^{0}_{0}\overline{\upsilon_{e^-}}}$$

3) Radioactivité beta + :

C'est une transformation isobarique (A = cste) avec émission d'un positon par un noyau présentant un excès de protons.
${}^{0}_{0}\upsilon_{e-}$ est un neutrino.

$$\boxed{{}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{\ A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{1}e^{+} + {}^{0}_{0}\upsilon_{e-}}$$

$$\boxed{Q_{\beta-} = (M_X - M_Y)c^2}$$

4) Radioactivité gamma :

C'est une transformation isobarique (A = cste) avec émission d'un photon.

$$\boxed{{}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma}$$

$$\boxed{Q_{\beta+} = (M_X - M_Y - 2m_{e^-})c^2}$$

5) Capture électronique :

C'est une transformation isobarique (A = cste) avec capture d'un électron.

$$\boxed{{}^{A}_{Z}X + {}^{\ 0}_{-1}e^{-} \rightarrow {}^{\ A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{0}\upsilon_{e-}}$$

III – Application, le carbone 14 :

Le carbone 14 est un isotope instable du carbone dont la période est T_{14} = 5730 ans. Il est produit de façon naturelle dans la haute atmosphère par interaction des rayons cosmiques avec des noyaux d'azote 14.

1. Sachant que cette production est accompagnée de celle d'un proton, déterminer quelles sont les particules du rayonnement cosmique qui sont responsables de la création continue sur terre de cet isotope.

2. Il s'établit ainsi dans l'atmosphère terrestre une concentration d'équilibre $C_{eq} = 1{,}2.10^{-12}$ (noyaux de ^{14}C pour un noyau de ^{12}C), entre la production cosmique et les désintégrations. Tout organisme vivant peut donc fixer cet isotope radioactif par « respiration » de l'atmosphère. Ecrire l'équation de décroissance radioactive β- du ^{14}C.

3. A l'instant t=0 de la mort de l'organisme, l'échange avec l'atmosphère cesse ; ensuite, la concentration c(t) en 14C décroît selon une loi qu'on établira.

4. En déduire l'âge présumé d'un ossement dont la concentration en ^{14}C serait trois fois inférieure à la concentration c(t) en ^{14}C mesurée dans l'atmosphère.

Réponse : $\tau = 9080$ ans.

5. Quelle hypothèse (discutable) fait-on dans le calcul de cette datation ?