Cours de : PHYSIQUE (Chapitre 9)

Classe : T^{le} C

Enseignant : M. Monkam Ybriss Joël.

Contacts : 695 44 34 47 // (WhatsApp : 679 39 88 93)

Email : ybrissjoelmonkam@yahoo.fr

CHAPITRE 9 : LA LUMIERE.

A- ASPECT ONDULUTOIRE DE LA LUMIERE

Objectifs : A la fin de ce chapitre, l'élève devra être capable d'expliquer le phénomène d'interférences lumineuses.

1 Expérience des fentes de Young.
1.1 Dispositif expérimental.
Le dispositif expérimental utilisé est constitué :

- D'une source de lumière monochromatique (une couleur),
- De deux plaques dont l'une, percée d'une fente fine F, placée devant la source qui diffracte la lumière qui tombe sur l'autre qui elle, est percée de deux fentes F_1 et F_2 très rapprochés et symétriques par rapport à l'axe horizontal passant par F :
- D'un écran d'observation situé en arrière des deux fentes, à une distance D d'environ un mètre.

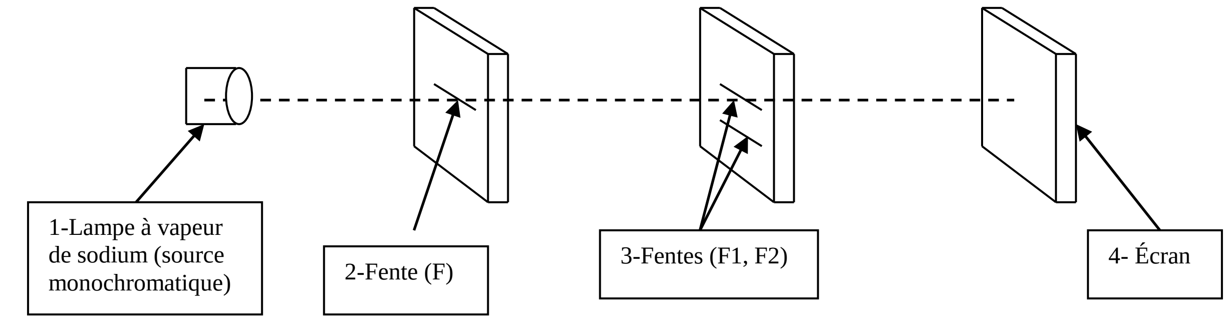


Fig.1 : Schéma simplifié du dispositif de Young

1.2 Observations.
Lorsque la source émet de la lumière, celle-ci est d'abord diffractée par la fente F et ensuite par les fentes F_1 et F_2 et on observe dans la zone éclairée simultanément par les sources F_1 et F_2 (**synchrones et cohérentes**) des bandes brillantes, rectilignes et parallèles alternant avec des bandes sombres (fig.2) : **Ce sont les franges d'interférences**. On observe aussi que la frange centrale est brillante.
La distance entre deux franges consécutives de même nature est la même : cette distance notée i est appelée interfrange.

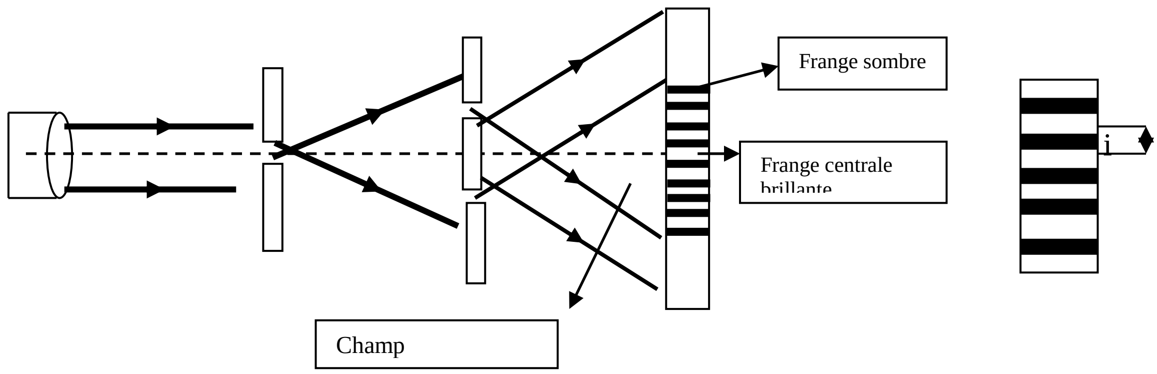


Fig.2 : Interférences lumineuses et interfrange

Si nous remplaçons la plaque à deux fentes par une autre ou les fentes sont plus rapprochées, on observe que l'interfrange augmente et les franges deviennent de plus en plus épaisses. Il en est de même lorsque nous éloignons un tout petit peu l'écran des sources F_1 et F_2 tout en restant dans le champ d'interférences.
En inclinant légèrement l'écran, on continue à observer les franges d'interférences.

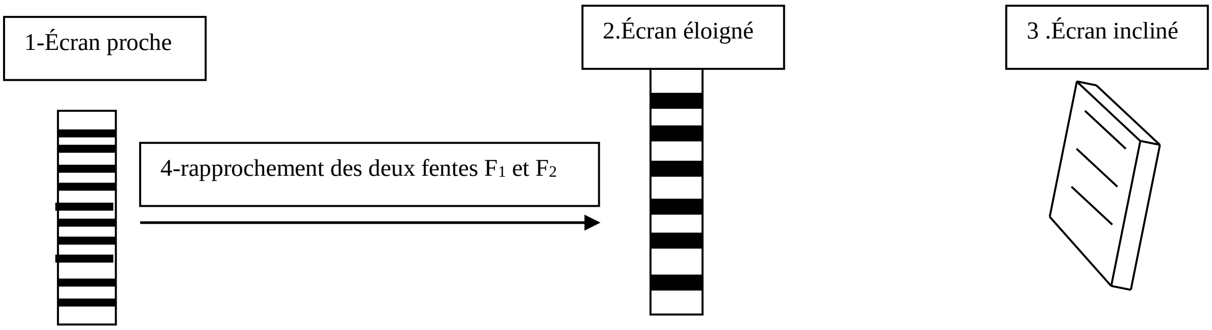


Fig.3 : Effet de la position de l'écran sur les franges d'interférences

On conclu que la variation de la position (quelques centimètres) de l'écran (avancée, reculée, frontale ou incliné) dans le champ d'interférence laisse toujours observer les franges d'interférences. On dit que **les franges sont non localisées**.

1.3 Interprétation

L'expérience montre que, la superposition des lumières émises par fentes sources F_1 et F_2 peut donner soit de la lumière (franges brillantes), soit de l'obscurité (franges sombres). L'existence de ces franges d'interférences ne peut s'expliquer qu'en admettant que la lumière à un caractère ondulatoire : Les franges résultent de la superposition de deux ondes lumineuses issues de deux sources cohérentes (différence de phase constante) et synchrones (même fréquence ou période).
Considérons un point M du champ d'interférences ou se rejoignent deux rayons lumineux issus des sources F_1 et F_2 (fig.3). On est ramené à une étude semblable à celle faite sur les interférences mécaniques.

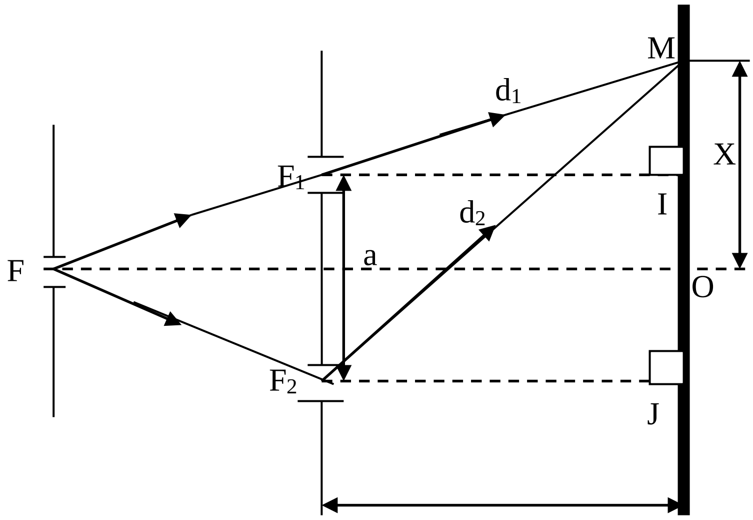


Fig.3 : Différence de marche

Si la différence de marche est $\delta = d_2 - d_1 = k\lambda$ ($k \in Z$) les vibrations issues de F_1 et de F_2 qui parviennent en M sont en phases (interférences constructives), on a alors un maximum de lumière.
L'ordre d'interférence P est dans ce cas égal à $P = \delta/\lambda = k$. Pour k = 0, p = 0. La frange centrale est donc brillante pour tous les systèmes de frange. Pour k = 1 p = 1.
De façon générale, les franges brillantes ont les ordres –n, …-3, -2 -1, 0, 1 2 3 …, n.

Si la différence de marche est $\delta = d_2 - d_1 = (2k + 1)\lambda/2$ ($k \in Z$) les vibrations issues de F_1 et de F_2 qui parviennent en M sont en opposition de phases (interférences destructives), on a alors des franges sombres. L'ordre d'interférence est dans ce ca égal à $p = k + 1/2$. Les franges sombres ont donc de façon générale des ordres de : -(n +1/2),…, -3/2, -1/2,3/2,…, (n +1/2).

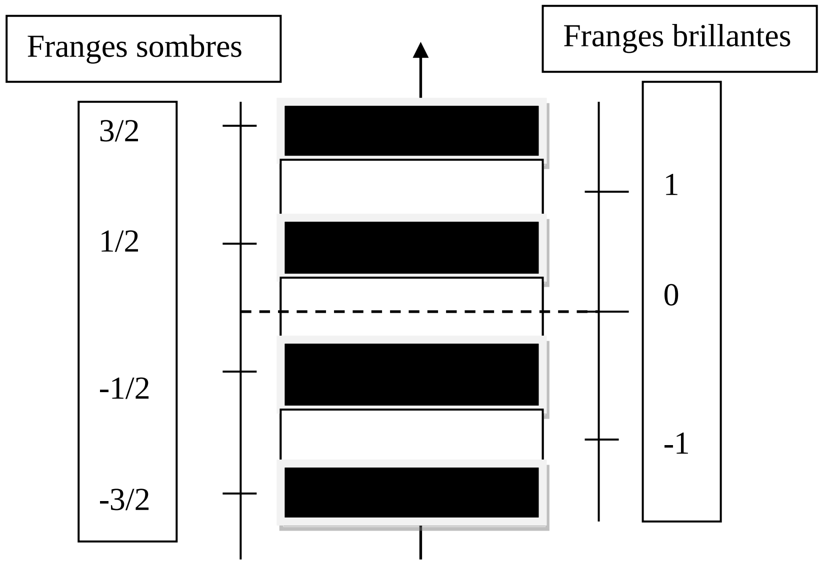


Fig.4 : Ordre d'interférence

Exercice d'application :
On éclaire le dispositif de Young avec une radiation monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0{,}589\mu m$. Dire si les points correspondants aux différences de marches suivantes appartiennent à une frange brillante ou une frange sombre :

- $d_2 - d_1 = 4{,}123\mu m$.
- $d_2 - d_1 = 0$
- $d_2 - d_1 = 4{,}420\mu m$

  Solution : Calculer $p = \delta/\lambda$ dans chaque que puis conclure si p est entier ou demi-entier.

- Différence de marche.

Reprenons notre schéma de la figure 3. Soit **a**, la distance séparent les fentes sources F_1 et F_2, **x** la distance entre le point M et le point central O, on a :
$\delta = (FF_2 + F_2M) - (FF_1 + F_1M) = FF_2 + F_2M - FF_1 - F_1M = F_2M - F_1M$ (car $FF_2 = FF_1$).

$$\delta = (d_2 - d_1).$$

Dans le triangle F_2JM, rectangle en J, le théorème de Pythagore se traduit par :

$$d^2_2 = D^2 + (x+ a/2)^2.$$

De même dans le triangle F1IM rectangle en I le théorème de Pythagore se traduit par :

$$d^2_1 = D^2 + (x- a/2)^2.$$

Alors,

$d^2_2 - d_1^2 = (d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = (x+ a/2)^2 - (x- a/2)^2 = [(x+ a/2) + (x- a/2)][(x+ a/2) – (x- a/2)]$

$$(d_2 - d_1)(d_2 + d_1) = 2ax.$$

Pour produire les franges d'interférences, le système doit être tel que **a** et **x** soient de l'ordre du millimètre et D de l'ordre du mètre alors $d_1 + d_2 \approx 2D$, on a alors,

$$(d_2 - d_1)(2D) = (2x)(a), \text{ soit :}$$

$$\boldsymbol{\delta = (d_2 - d_1) = ax/D}.$$

a) Position des franges brillantes.

Si M appartient à une frange brillante alors $\delta = k\lambda$ or $\delta = ax/D$, en égalant les deux expressions, on a :

$$\boxed{\mathbf{x_k = k\lambda D/a\ (k \in Z)}}$$

Pour k = 0, x = 0 on a donc la frange centrale brillante. Pour k = 1, $x = \lambda D/a$, on a la frange brillante suivante.

b) Position des franges sombres

Si M appartient à une frange sombre alors, $\delta = (2k+1)\lambda/2$ or $\delta = ax/D$, en égalant les deux expressions, on a aussi :

$\mathbf{x_k = (2k + 1)\lambda D/2a\ (k \in Z).}$

- Interfrange.

  On appelle interfrange (fig.2), la distance qui sépare les milieux de deux franges consécutives de même nature.

  Considérons les franges brillantes consécutives de la fig.2.

  Nous avons établis que pour une frange brillante, la position était donné par la relation $x_k = k\lambda D/a$. Ainsi, la frange consécutive à x_k peut être $x_{k+1} = (k + 1)\lambda D/a$ ou $(K – 1)\lambda D/a$. L'interfrange entre x_k et x_{k+1} a pour expression

  $i = x_{k+1} – x_k = (k + 1)\lambda D/a - k\lambda D/a = \lambda D/a(k+1-k)$

  $\boxed{\mathbf{i= \lambda D/a}}$ avec λ, D, i et a en mètres (m) ;

  Remarque :

- Le phénomène d'interférence lumineux peut aussi être observé à partir du bimiroir de Fresnel, du biprisme de Fresnel ou des demi-lentilles de Billet.

- Une lumière monochromatique et dûe à un phénomène vibratoire sinusoïdal de période T se propageant à partir d'une source avec une vitesse V indépendante de la radiation. A chaque radiation correspond une longueur d'onde λ tel que $\lambda = VT$ or pour un milieu d'indice n,
  $V = C/n$ d'où $\lambda = CT/n$.

Exercice d'application 1.

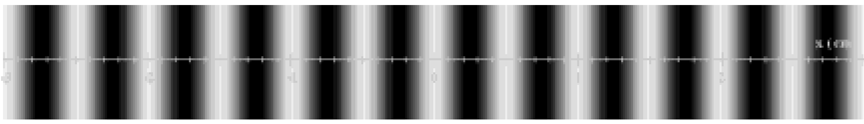
1- Rappeler les conditions d'obtention du phénomène d'interférences lumineuses.
2- Sachant que la distance entre les deux sources secondaires utilisées lors de la réalisation des interférences lumineuses est a = 0,15mm, la distance entre la source et l'écran est

D = 140cm, la position du point M par rapport à O et x = 1,8cm et que la longueur d'onde de la source utilisée est λ = 600nm, déterminer la différence de marche des rayons lumineux.
($\delta = ax/D$) en (m).

3- P appartient t-il à une frange brillante ou une frange sombre ? ($p = \delta/\lambda$ conclure).
4- Déterminer l'interfrange. ($i = \lambda D/a$).

Exercice d'application 2: Mesure de la longueur d'onde d'une radiation monochromatique

Lors d'une expérience d'interférences lumineuse, des élèves utilisent des fentes de Young écartées de a = 170 µm avec une source lumineuse monochromatique. Les fentes sont placées à 150 cm d'un écran disposé parallèlement au plan des fentes. La figure ci-dessous donne un détail de la figure d'interférence autour de frange centrale.



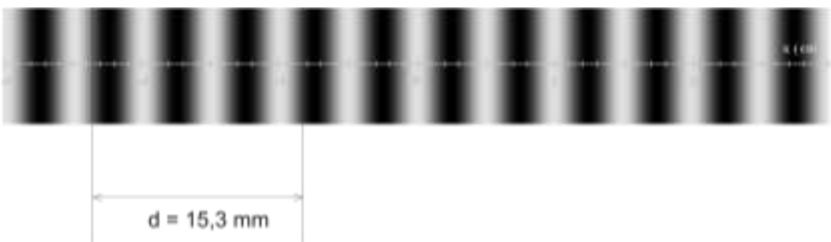
Mesurer la valeur de l'interfrange

En déduire la valeur de la longueur d'onde des radiations émise par la source utilisée.

Solution

Mesure de l'interfrange

Comme le milieu des franges n'est pas facile à apprécier, on pose des repères à des endroits de même luminosité, par exemple le bord de franges sombre et on mesure sur la figure, en tenant compte de l'échelle, la distance entre les deux repères puis on compte le nombre d'interfranges correspondant. L'interfrange est la distance mesurée divisée par le nombre d'interfrange compté.



Il y a trois interfranges sur la distance d. On a donc :

$$\mathbf{i = \frac{d}{3}}$$

A.N. **i = 5,1 mm.**

Calcul de la longueur d'onde de la radiation émise par la source :

Par définition, $i = \lambda\frac{D}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{i \times a}{D}$

$$\boldsymbol{\lambda = \frac{i \times a}{D}}$$

A.N. **λ = 0,578 µm**

1.4 Intensité lumineuse.

(Elle n'est observable que pour les franges brillantes, pour celles sombre A = 0)

Les ondes associées à chaque rayon lumineux peuvent être représentées par des fonctions sinusoïdales : $S_1 = S_2 = S_0 coswt$.

Si Ø est le déphasage en un point M du champ d'interférence entre les ondes issues des sources F_1 et F_2, on montre que l'intensité lumineuse en un point est proportionnelle au carré de l'amplitude de l'onde résultante ce point :

$I(M) = 4kS_0^2cos^2\pi(d_2 - d_1)/\lambda$ or $(d_2 - d_1) = ax/D$ et $I = \lambda D/a$ d'ou

$\mathbf{I(M) = 4kS_0^2cos^2\pi x/i}$.

Au regard de cette formule, l'intensité lumineuse est une fonction sinusoïdale des espaces et de période spatiale égale à l'interfrange.

2. Interfrange lumineuses en lumière polychromatique.

2.1 Interfrange en lumière blanche.

Une lumière blanche est un ensemble constitué de lumières monochromatiques chacune caractérisée par sa longueur d'onde. Le spectre de la lumière blanche est constitué de spectre visible qui renferme des radiations donc les longueurs d'ondes sont comprises entre 400nm et 750n soit (0,4µm et 0,75µm), du rayonnement ultra volet (UV) et du rayonnement infra rouge (IR).

Si on éclaire le dispositif de Young avec une lumière blanche, chaque radiation monochromatique donnera son propre système de franges sur l'écran. La frange centrale étant brillante pour tout le système de frange, elle apparaît en blanc. De part et d'autre de la frange centrale et symétriquement, on observe quelques franges colorées de plus en plus décalées jusqu'à ce qu'il y ait brouillage. On a l'impression d'avoir un blanc grisâtre appelé blanc d'ordre supérieur (BOS). Si on place la fente d'un spectroscope dans la région du BOS, le système apparaît constitué d'un spectre continu sillonné de bandes noires appelées zébrures ou cannelures et qui correspondent à des franges sombres. (Les cannelures correspondent aux bandes sombres dans la zone du BOS ainsi auront des interfranges de demi-entier).

Exemple : Identification de la radiation correspondant aux cannelures d'un spectre en lumière blanche.

On utilise la lumière blanche et on dispose la fente d'un spectroscope dans le plan E, parallèlement à la frange centrale et à x= 15mm de celle-ci. Spectre visible : 400nm<λ<750nm.

1. Quel est l'aspect du spectre ? Évaluer la différence de marche x = 15mm sachant que D = 3m.
2. A partir de l'encadrement de λ donné, encadrer l'ordre d'interférence p et donner les valeurs possibles de p correspondant aux franges sombres (cannelures).
3. Identifier les radiations correspondantes à partir de leur longueur d'onde.

Solution :

1.
   - ✓ Le spectre obtenu est cannelé : Des raies noires apparaissent sur le spectre continu de la lumière blanche.
   - ✓ Différence de marche : $\delta = ax/D$ AN : $\delta = 6x10^{-6}$m.
2. P = δ/λ, spectre visible $0{,}40\mu m<\lambda<0{,}75\mu m \leftrightarrow 0{,}40\mu m<6/p<0{,}75\mu m \leftrightarrow 8\leq p\leq 15$. Toutes les radiations dont l'ordre d'interférence est de la forme p = k + ½ sont éteintes (cannelures). On aura alors : p = 8,5 ; 9,5 ; 10,5 ; 11,5 ; 12,5 ; 13,5 ; 14,5.
3. Lees longueurs d'ondes correspondantes calculées sont :

P	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5
λ(nm)	700(rouge)	630(orange)	570(jaune vert)	520(vert)	480(bleu)	440(bleu violet	410(violet)

Il existe donc 7 cannelures dans les 7 radiations correspondantes.

2.2 Interférences en lumière bichromatique.

Si on utilise dans l'expérience de Young une source lumineuse émettant 2 radiations monochromatiques de longueurs d'ondes λ_1 et λ_2 avec ($\lambda_1 > \lambda_2$), on va observer à l'écran une superposition de deux systèmes de franges avec des interférences différentes $i_1 = \lambda_1 D/a$ et $i_2 = \lambda_2 D/a$; $i_1>i_2$.Il apparaît alors sur l'écran des zones ou les franges brillantes (ou sombres) des deux systèmes coïncident. C'est ainsi qu'on observe une frange centrale brillante, une zone de brouillage de part et d'autre avant de retrouver une coïncidence brillante. Si n_1 et n_2 sont les nombres d'interfranges (comptées à partir du centre) des deux radiations que l'on a à la coïncidence, on peut écrire :

$x_1 = n_1 i_1 = n_1\lambda_1 D/a$, $x_2 = n_2 i_2 = n_2\lambda_2 D/a$; $x_1 = x_2 \leftrightarrow n_1\lambda_1 D/a = n_2\lambda_2 D/a \leftrightarrow n_1/n_2 = \lambda_2/\lambda_1$.

Exercice d'application.

Dans le dispositif de Young, les deux fentes sources sont distantes de a = 0,12cm et situées à D = 3m de l'écran E.

On utilise une lumière formée des deux longueurs d'ondes 480nm et 560nm. Décrire le phénomène observé sur l'écran et déterminer les nombres n_1 et n_2 d'interfranges pour lesquels on peut observer une coïncidence des deux systèmes de franges.

Solution :

On observe une frange centrale brillante et une zone de brouillage de part et d'autre avant l'apparition d'une autre frange brillante.

- $n_1/n_2 = \lambda_2/\lambda_1 \leftrightarrow n_1/n_2 = 7/6$ on pourra observer une coïncidence pour 7 interfranges de la radiation de longueur 480nm et 6 radiations de longueur 560nm.

B- Aspect corpusculaire de la lumière.

L'aspect corpusculaire à été mise en évidence en 1887 par Hertz après la découverte de l'effet photoélectrique.

1. Définition.

On appelle effet photoélectrique, l'émission d'électron par la matière (particulièrement les métaux) convenablement éclairés.

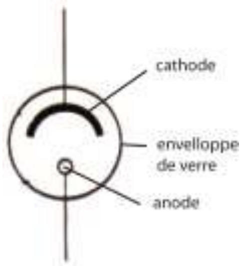
Les métaux à l'état solide ont une structure cristalline dans laquelle on retrouve des ions positifs régulièrement disposés et entre les quels circules les électrons de conductions encore appelé électrons libres. Lorsqu'on fournit de l'énergie au métal par éclairement (effet photoélectrique) ou par chauffage (effet thermoélectrique), ceci a pour conséquence l'éjection des électrons soit dans le vide soit dans le milieu en contact avec le métal.

On appelle énergie d'extraction, l'énergie minimale qu'il faut fournir à un électron pour qu'il sorte du métal sans y revenir.

2. Étude de l'effet photoélectrique : La cellule photoélectrique

La cellule photoélectrique est un tube vidé d'air comportant deux électrodes :

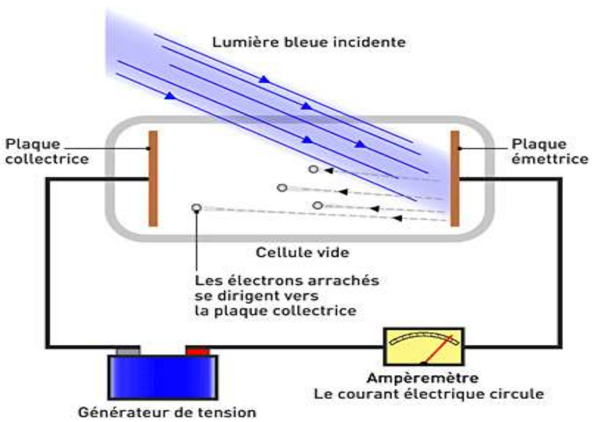
- **Une cathode** constituée d'une plaque métallique concave revêtue intérieurement d'une couche photoémissive.
- **D'une anode** filiforme ou annulaire métallique destinée à collecter les électrons émis par la cathode.



-
Fig. 2 b) : Symbole d'une cellule photoémissive.

a) Expérience :

Soit le dispositif ci-dessous :



b) Observation

✓ Pour un matériau donné, l'émission photoélectrique n'a lieu que lorsque la fréquence de la lumière incidente à la cathode est au dessus d'une valeur particulière appelée **fréquence seuil** de photoémission, qui dépend du matériau ;

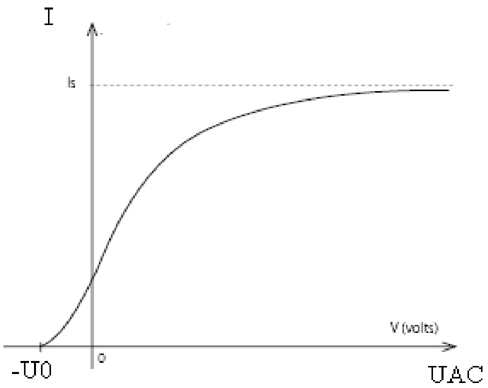
- ✓ Le nombre d'électrons arrachés par seconde à la cathode est proportionnel à l'intensité lumineuse qu'elle reçoit ;
- ✓ Les électrons sont émis avec une énergie cinétique comprise entre 0 et une valeur maximale qui augmente quand la fréquence de la lumière incidente augmente.

c) Conclusion.

La cellule pouvant être éclairé par des radiations de fréquences différentes υ (nu)ou N, pour qu'il y ait effet photoélectrique, il faut que ces fréquences soient supérieurs ou égales à une valeur υ_0 ou N_0 bien déterminée et caractéristique de la cellule.
Ainsi $\upsilon>\upsilon_0$ ou encore $\lambda<\lambda_0$. λ étant la longueur d'onde de la radiation incidente et λ_0 celle de la cellule).

d) Caractéristique d'une cellule photoélectrique :

Considérons une cellule photoélectrique éclairée par une radiation de fréquence $\upsilon>\upsilon_0$, en faisant varié la tension U_{AC}, on note une variation de l'intensité du courant traversant la cellule. On obtient dont pour chaque valeur la caractéristique tension-intensité suivante :



L'analyse de cette courbe montre que :

- Si U_{AC} est négative et de grande valeur absolue, les électrons émis par la cathode ne peuvent atteindre l'anode qui les repousse.
- Si $-U_0 \leq U_{AC} \leq 0$, certains électrons émis par la cathode peuvent atteindre l'anode malgré la force électrique qui les freine. **La tension U_0 est appelée potentiel d'arrêt** (tension qui annule le courant photoélectrique pour une fréquence de la radiation lumineuse incidente donnée) pour la cellule.
- Lorsque U_{AC} est >0, les électrons sont attirés par l'anode. Le nombre d'électrons capté par l'anode augmente ave U_{AC} puis, se stabilise car tous les électrons émis par la cathode sont capté par l'anode. L'intensité atteint alors sa valeur maximale **I_s et appelé intensité de saturation.**

➢ Le potentiel d'arrêt U_0

Le potentiel d'arrêt permet de connaître l'énergie cinétique maximale des électrons émis par effet photoélectrique.
En effet, si U_{AC} est légèrement inférieur à $-U_0$ aucun électron n'arrive à l'anode. Pour $U_{AC} = -U_0$, des électrons arrivent à l'anode avec une vitesse nulle. Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre le moment où ils partent de la cathode et celui où ils arrivent à l'anode.

Les électrons émis sont soumis à leurs poids et à la force électrique dûe au champ électrique entre l'anode et la cathode que nous allons supposer uniforme. On peut négliger leurs poids par rapport à la force électrique.
Ils partent de la cathode avec une vitesse maximale V_{max} tel que :
$\Delta E_C = \Sigma WF_{ext}$.

$\Delta E_C = E^A_C - E^C_C = -E^C_C$ **(1)** car $E^A_C = 0$.

$\Sigma WF_{ext} = \vec{F}.\vec{CA} = q\vec{E}.\vec{CA} = qU_{CA}$ car $\vec{E}.\vec{CA} = U_{CA}$. Ainsi, $\Sigma WF_{ext} = qU_{CA} = -qU_{AC} = -qU_0$ **(2)** car $U_{AC} = U_0$.

(1) = (2)
$-E^C_C = -qU_0$ or $q = -e$ d'où $E^C_C = eU_0$ $\boxed{\mathbf{1mV^2_{max}/2 = eU_0}}$

3. **Hypothèse d'Einstein.**

Dans ses interactions avec la matière, une onde électromagnétique de fréquence N peut être considérée comme un faisceau de particules, les photons. Chaque photon transporte une quantité d'énergie $E = hN$ (quantum d'énergie, le pluriel étant des quanta), où h est la constante de Planck.
$h = 6{,}63\times10^{-34}$ J.s.

Le photon est une particule élémentaire caractérisée par :
- ✓ une masse au repos nulle
- ✓ une charge électrique nulle

Si E_0 (W_0) est l'énergie nécessaire à l'extraction d'un électron et N la fréquence du rayonnement incident. La condition d'extraction s'écrit : $E\geq E_0 \leftrightarrow hN\geq hN_0$.

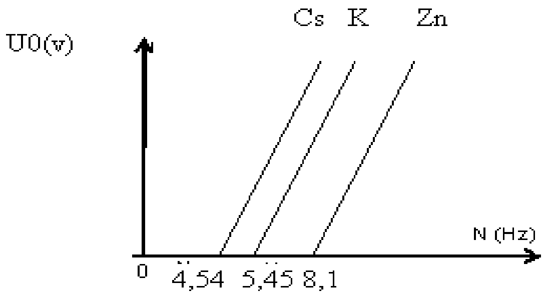
E_0 est appelé travail d'extraction.

On appelle travail d'extraction d'un électron, on note E_0 (W_0), l'énergie minimale que doit avoir un photon pour produire une photoémission.
$W_0 = hN_0$ où N_0 est la fréquence seuil. C'est la valeur minimale de la fréquence que doit avoir une vibration lumineuse pour extraire un électron du matériau dont le travail d'extraction est W_0.

L'énergie cinétique maximale que peut emporter un électron émis est :

$E_{C_{max}} = E - E_0 = hN - hN_0 = h(N - N_0)$

En étudiant la variation du potentiel d'arrêt en fonction de la fréquence de la lumière incidente et ceci pour des cellules de nature différentes cet-à-dire constitués de cathodes des métaux variés, Millikan obtint pour chaque cellule une demi-droite affine.



On peut donc écrire : $U_0 = aN + b$ avec $b = -aN_0$, soit $Ec_{max} = eU_0 = ea(N - N_0)$.

4. **Notion de rendement quantique.**

Lors du phénomène photoélectrique, tous les photons transportés par la lumière (rayonnement incident) ne sont pas utilisés. On appelle rendement quantique, noté ρ, le rapport $\rho = N_e/N_p$ ou N_e est le nombre d'électrons extraits et N_p le nombre de proton incident.
Si P est la puissance lumineuse reçue par la cathode, on a : $P = N_p h\upsilon \leftrightarrow N_p = P/h\upsilon$. De même,
$I_s = N_e.e \leftrightarrow N_e = I_s/e$ d'où:
$\rho = N_e/N_p = I_s/e/\ P/h\upsilon$, $\boxed{\rho = I_s.h.\upsilon/p.e}$

Exercice d'application :
Énoncé :
La cathode d'une cellule photoémissive est faite d'un matériau dont la fréquence seuil de photoémission est $N_0 = 4{,}62\times10^{14}$ Hz.
1) Calculer la longueur d'onde du rayonnement électromagnétique qui apporterait l'énergie juste suffisante pour lui arracher des électrons.
2) Calculer le travail d'extraction W_0 du matériau de la cathode.
3) Un rayonnement électromagnétique incident de longueur d'onde 600 nm peut-il provoquer la photoémission de la cathode ? Justifier la réponse.
4) Cette cathode reçoit un rayonnement électromagnétique de longueur d'onde 579 nm. Quelle est la valeur maximale de l'énergie cinétique des photoélectrons ?
On donne :
Valeur de la constante de Planck : $h = 6{,}63\times10^{-34}$ J.s
Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3\times10^{8}$ m.s^{-1}.
Charge élémentaire : $e = 1{,}6\times10^{-19}$ C
Solution :
1. *Calcul de la longueur d'onde de l'OEM qui apporterait l'énergie juste suffisante :*
   Soit λ_0 la longueur d'onde cette OEM, on peut écrire :
   $\lambda_0 = \dfrac{c}{N_0}$. A.N. $\lambda_0 = 649{,}4$ nm. **λ_0 est appelée longueur d'onde seuil de photoémission du matériau de la cathode.**

2. Calcul du travail d'extraction W_0
Par définition, le travail d'extraction vaut : $W_0 = hN_0$
A.N. $W_0 = 6{,}63\times10^{-34}\times4{,}62\times10^{14} = 3{,}06\times10^{-19}$ J
Mais il est de coutume d'exprimer le travail d'extraction en électronvolt. On a donc $W_0 = \dfrac{3{,}06\times10^{-19}}{1{,}6\times10^{-19}} = 1{,}91$.

W_0 = 1,91 eV

3. Efficacité du rayonnement de longueur d'onde 600 nm.

Ce rayonnement est efficace car sa longueur d'onde est inférieure à la longueur d'onde seuil de photoémission de la cathode.

4. Calcul de l'énergie cinétique des photoélectrons pour λ = 579 nm

L'onde est efficace pour la photoémission sur la cathode ($\lambda < \lambda_0$), l'énergie cinétique maximale emportée a pour expression :

$E_{Cmax} = \frac{hc}{\lambda} - W_0$ (Energie apportée par l'OEM moins le travail d'extraction)

A.N. $E_{Cmax} = \frac{6,63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{579\times10^{-9}} - 3,06\times10^{-19} = 3,75\times10^{-20}$

$E_{Cmax} = 3,75\times10^{-20}$ J en électronvolts, E_{Cmax} = 0,24 eV.

5. Applications de l'effet photoélectrique

La photoémission constitue ce qu'on appelle effet photoélectrique externe. Sa principale application est la cellule photoélectrique. Les cellules photoélectriques servent à mesurer des variations de l'intensité lumineuse.

L'effet photoélectrique interne comprend trois phénomènes : la photoconductivité, l'effet photovoltaïque et la photo-ionisation.

La photoconductivité correspond à une augmentation de la conductivité électrique d'un semi-conducteur sous l'influence d'un rayonnement électromagnétique. Dans l'obscurité, les électrons s'avèrent peu mobiles, mais, à la lumière, les photons absorbés par le métal apportent une énergie telle que la mobilité des électrons du semi-conducteur s'en trouve fortement accrue, ce qui se traduit par une augmentation de la conductivité du matériau. La principale application de la photoconductivité est la photodiode qui permet de mesurer les variations du flux lumineux.

L'effet photovoltaïque correspond à l'apparition d'une différence de potentiel entre les deux côtés d'une jonction semi-conductrice sous l'action d'une radiation lumineuse. Pour une longueur d'onde suffisamment courte, le rayonnement provoque le déplacement d'électrons d'un conducteur à l'autre faisant apparaître une différence de potentiel aux deux bornes du dispositif. Un tel élément est appelé cellule photovoltaïque. Les panneaux solaires sont composés de nombreuses cellules photovoltaïques placées en séries.

Conclusion : Dualité onde-corpuscule

Les physiciens forts de l'interprétation corpusculaire qui a été faite de l'effet photoélectrique reviennent à l'expérience des fentes de Young pour tenter de l'interpréter dans un cadre purement corpusculaire. Elle apparait alors comme un paradoxe. Ce d'autant plus que des expériences faites avec les rayons cathodiques qu'on sait à l'époque constitués d'électrons (particules) donnent des phénomènes d'interférences.

Après bien des tâtonnements, on est arrivé à la notion de dualité onde-corpuscule, que l'on peut grossièrement résumer ainsi :

- ✓ Les aspects corpusculaire et ondulatoire de la lumière sont inséparables. La lumière se comporte à la fois comme une onde et un corpuscule, l'onde permettant de calculer la probabilité pour qu'un corpuscule se manifeste.
- ✓ Les prévisions sur le comportement d'un photon ne peuvent être que du type probabiliste.

L'information sur un photon à un instant est donnée par une onde. Cette onde est interprétée comme l'amplitude de probabilité pour qu'un photon manifeste sa présence au point considéré.