

# Chapitre II:

## Les rayons x et le phénomène de diffraction.

### 1) Les rayons x:

#### a) Production des R.x:

Les rayons x sont des radiations électromagnétiques dont la longueur d'onde est de l'ordre de l'angstrom ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ). Ils couvrent la portion du spectre électromagnétique comprise entre l'UV et les Rγ.

Les R.x sont produits dans des tubes à vides (Fig 01) où un faisceau d' $e^-$  accéléré par une différence de potentiel de quelques dizaines de KiloVolts vient frapper une pièce de métal qui émet le R.x sous l'effet de bombardement électronique. La DDP est appliquée entre le filament qui émet les  $e^-$  (cathode) et la pièce métal qui est leur cible (anode et anticathode).

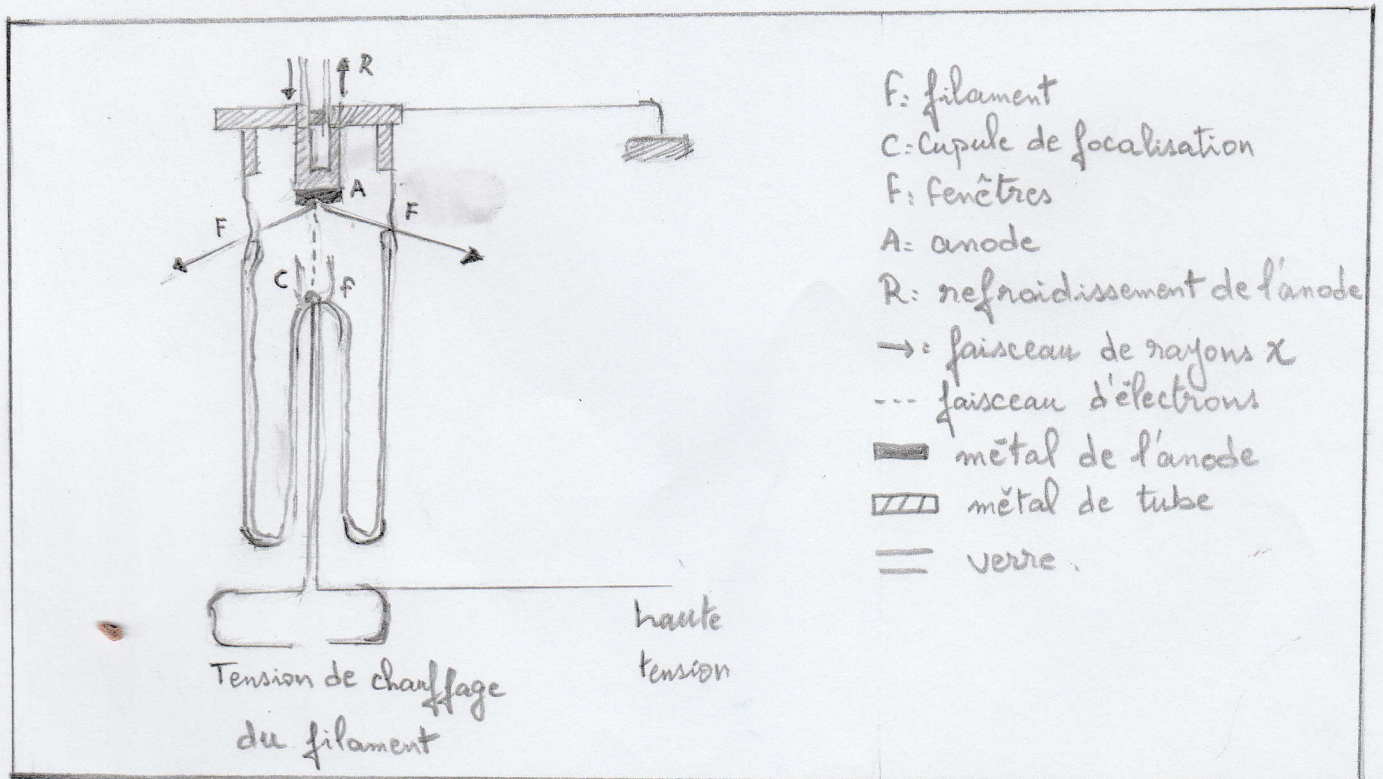


Fig 01: Schéma d'un tube à rayons x



L'intensité du courant électronique (quelques dizaines de mA) est telle que l'énergie transportée par unité de temps est de l'ordre de kilowatt. Une faible fraction seulement de cette énergie électronique est transformée en radiations X, le reste se dissipant sous forme de chaleur dans l'anode. Il est par conséquent indispensable de la refroidir par un courant d'eau, si on veut éviter sa détérioration rapide. Le faisceau de R. X sort latéralement du tube par une fenêtre aussi transparente que possible, généralement en mica ou en béryllium.

Le spectre des R. X émis par le métal anodique dépend de sa nature. Il est constitué de deux types d'émission : le rayonnement blanc et les raies caractéristiques (Fig 02). L'origine du rayonnement blanc n'est pas simple mais on peut dire qu'il provient en majeure partie de l'émission de radiation lors de freinage des (é) dans le métal. En tout état de cause, il est bien évident que l'énergie  $h\nu$  du photon émis ne peut jamais être supérieure à l'énergie que possède l'(é) avant qu'il ne pénètre dans l'anode.

$$h\nu \leq eV \quad (\nu = \text{DDP}).$$

$$h \frac{c}{\lambda} \leq eV \Rightarrow \lambda \geq \frac{hc}{eV} = \frac{12}{V} \quad (\lambda \text{ en } \text{Å} \text{ et } V \text{ en kVolts})$$

C'est bien ce que l'on observe l'anode n'émet pas en dessous d'un seuil de longueur d'onde, indépendant de sa nature et inversement proportionnel à la DDP.

L'émission des raies caractéristiques est un phénomène dont le fondement physique est plus simple (Fig 03). Sous l'impact des (é), il arrive aux atomes de l'anode de perdre ionisation un (é) d'une couche électronique interne et de se trouver ainsi dans un état d'énergie ( $E_1$ ) élevé. Il se produit alors très rapidement, une restauration partielle du dégât causé à l'atome par le passage d'un (é) d'une couche externe vers le trou de la couche interne. L'atome a alors une énergie  $E_2 < E_1$ . La transition est accompagnée



de l'émission d'un photon de fréquence  $\nu$  et d'énergie  $h\nu$  telle que:

$h\nu = E_1 - E_2$  pour satisfaire à la conservation de l'énergie comme les états d'énergies  $E_1$  et  $E_2$  sont des états quantiques stationnaires bien définis, l'émission se fait à une fréquence ( $\nu$ ) unique caractéristique des états initial et final. La raie caractéristique est dite  $K, L, M$ . selon que l' $(e^-)$  arraché dans le bombardement de l'anode provient de la couche  $K, L, M$  de l'atome, une raie  $K$  est dénommée  $\alpha$  ou  $\beta$  suivant que l' $(e^-)$  qui retombe sur la couche interne  $K$  provient de la couche  $L$  ou  $M$ .

Les couche  $L$  ou  $M$  sont constituées de sous couches d'énergie légèrement différentes les unes des autres. Des règles de selections limitent les possibilités de transition entre les sous-couches  $L$  ou  $M$  et la couche  $K$  ( $\Delta l = 0, 1$ ).

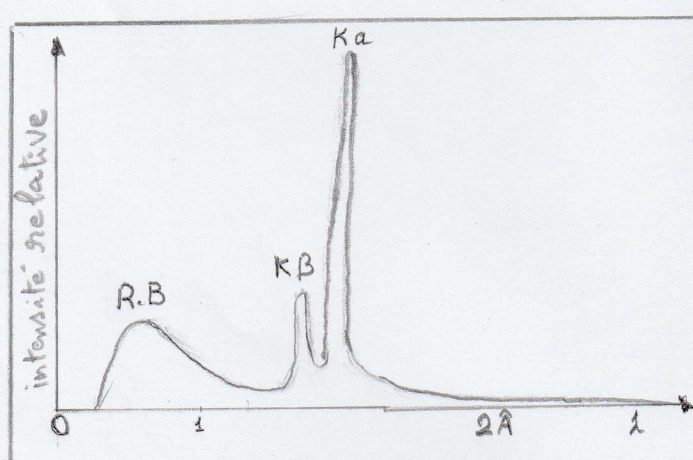


Fig 02: Spectre d'émission des R. x. Les raies caractéristiques se détachent sur fond de rayonnement blanc  
R.B: rayonnement blanc pour une tension de  $kV$  volts

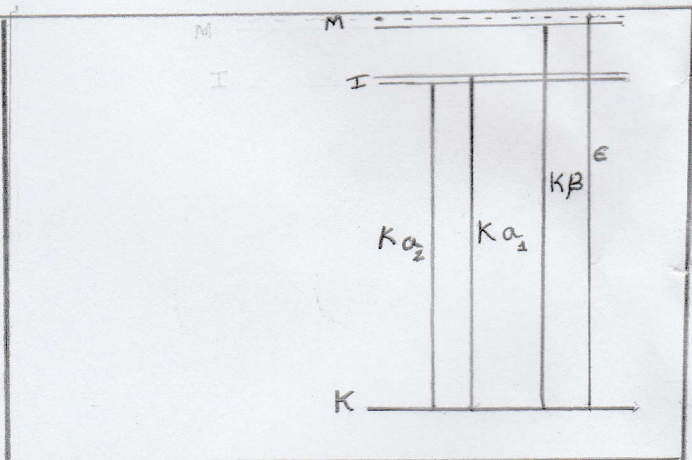


Fig 03: Niveaux énergétiques intervenant dans les transitions d'émission  $\alpha$  par obturation d'une lacune de la couche  $K$ .  $E_i$ : potentiel d'ionisation par enlèvement d'un  $(e^-) K$

Tab -01-: Longueurs d'onde des raies caractéristiques de quelques métaux anodiques et des discontinuités d'absorption de leurs filtres.

	Anode		Filtre	
MO (42e)	$K\alpha_1$	0,7093	Zr	0,689
	$K\alpha_2$	0,7135		
	$K\alpha$	0,7107		
	$K\beta$	0,6323		
Cu (29e)	$K\alpha_1$	1,5405	Ni	1,488
	$K\alpha_2$	1,5443		
	$K\alpha$	1,5418		
	$K\beta$	1,3922		
Fe (26e)	$K\alpha_1$	1,9360	Mn	1,896
	$K\alpha_2$	1,9399		
	$K\alpha$	1,9373		
	$K\beta$	1,7565		



Il est essentiel, dans presque toutes les méthodes de diffraction, de disposer d'une source de R. x monochromatiques. On y parvient en utilisant soit des filtres (feuille de métal qui précède, d'une place ou deux, le métal de l'anode dans le tableau périodique), soit des monochromateurs à cristaux. Les intensités des faisceaux de R. x sont mesurées soit par des films photographiques, soit des compteurs de rayonnement. Les intensités mesurées ne sont pas les I réels. Elles sont réduites à cause de plusieurs effets :

- ↳ Les effets géométriques : facteurs de polarisation et de Lorentz.
- ↳ Les effets physiques : Absorption, Extinctions

## 2) Diffraction des R. x :

a) Interactions des R. x avec la matière :

Lorsqu'un faisceau de R. x traverse un milieu matériel, plusieurs effets peuvent se produire :

- \* ↳ Réfraction : Changement de direction d'un milieu à un autre (négligeable)
- \* ↳ Diffusion de Rayleigh (diffusion cohérente).
- \* ↳ Diffusion de Compton (diffusion incohérente).
- \* ↳ Fluorescence
- \* ↳ Absorption.

### ↳ 1. Diffusion cohérente :

Les noyaux et électrons, particules constitutives du milieu matériel, sont mis en vibration forcée sous l'action d'un champ électrique de la radiation x. De ce fait, ils réémettent un rayonnement de même longueur d'onde dans l'espace qui les entoure la différence de phase entre la radiation incidente et les rayons diffusés est généralement constante et égale à  $\pi$  d'où le nom de diffusion cohérente donné à ce phénomène.

Cela revient à dire qu'un atome absorbe un photon x, ensuite il le réémet