

GENERALITES SUR LES RAYONS X
PRODUCTION ET PROPRIETES
TUBE A RAYON X

Dr Abdelkrim AIT HAMI

// INTRODUCTION ET HISTORIQUE

- **-1895 : Découverte de rayons X par W. RONTGEN à Würzburg - Allemagne.**
 - Il conclut à l'existence d'un rayonnement X ayant comme propriétés de :
 - Traverser la matière.
 - Impressionner les émulsions photosensibles.
 - Provoquer la fluorescence de certaines substances.
- Selon la nature des tissus traversés, les rayons X seront plus ou moins atténués et donneront au final une image radiologique contrastée
- **-1916 : Invention du tube à Rayon X par W. D COOLIDGE**
 - **-1920 : Fabrication des premiers modèles tube COOLIDGE**
 - - Depuis de nombreuses évolutions ont eu lieu et différents types de tube sont retrouvés actuellement avec le développement technologique

- ***DESCRIPTION DU TUBE COOLIDGE***

- Dispositif, constitué d'une ampoule de verre où règne un vide absolu.

- Comprend :

- 1 /Deux électrodes

- Un filament de tungstène qui constitue la cathode (électrode négative)

- Une plaque d'un alliage de métaux de nombre atomique Z élevé dite anode (électrode positive).

Ce pôle positif est la cible du flux d'électrons (faisceau cathodique) émanant du pôle négatif.

Un système de refroidissement : Indispensable (beaucoup de chaleur)

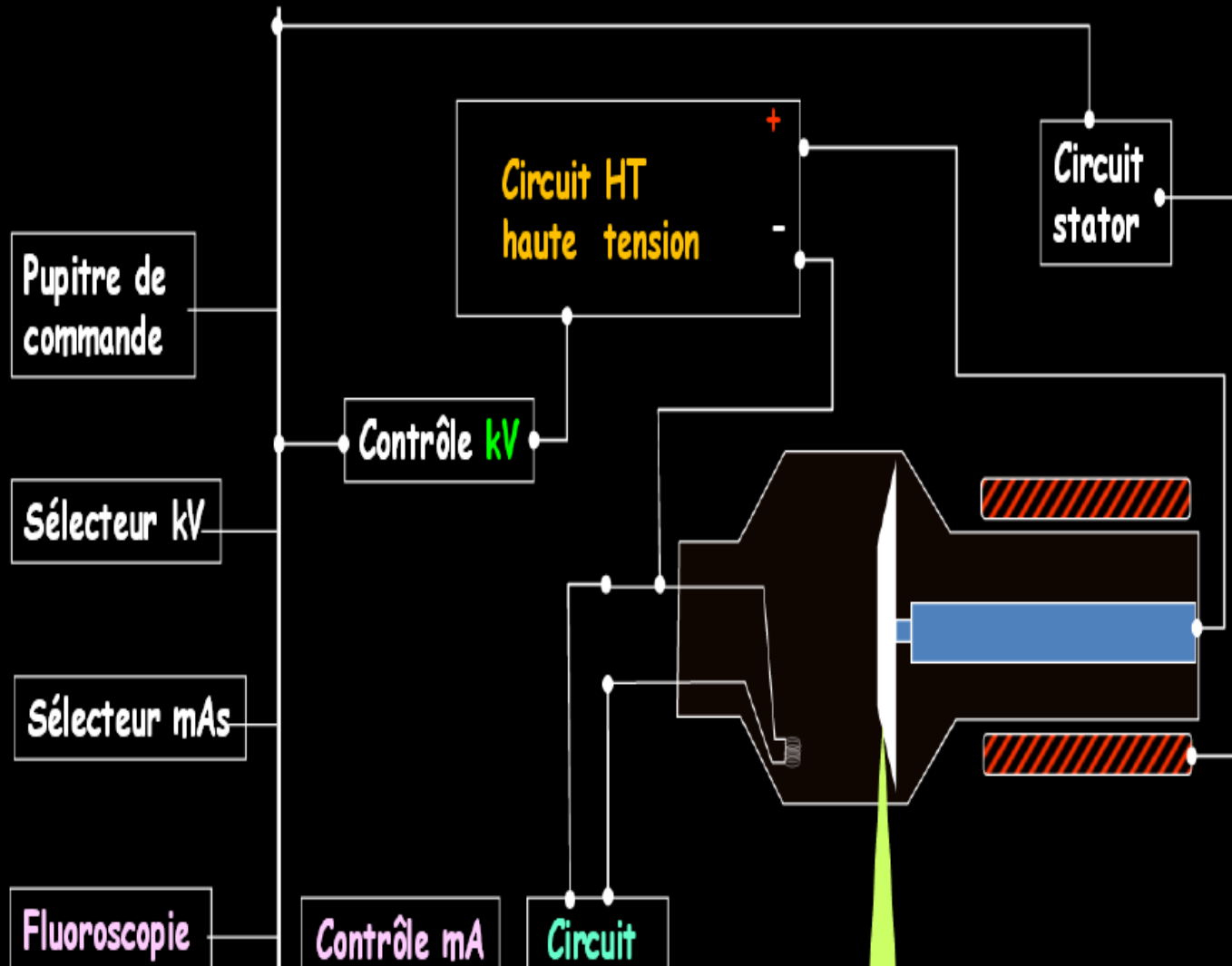
Le tube radiogène constitué d'une cathode et d'une anode, est entouré par des enveloppes de protection.

- **2-Deux générateurs** : indispensables au fonctionnement du tube.
- Deux circuits alimentent le tube
 - Circuit à basse tension :10 à 12 V chauffer le filament et libérer les électrons
 - Circuit à haute tension 50 à 150KV 50 à500 mA : accélérant les électrons émis

Ces courants sont produits par des transformateurs connectés au tube radiogène

FONCTIONS DU GENERATEUR

Schéma de principe d'un générateur



CHEMA REPRESENTANT LE TUBE RADIOGENE RELIE AUX DEUX GENERATEURS



CONSTANTES +++

1-TENSION (KV)

**2 -INTENSITE DU COURANT EN
Milliampère (mA)**

3 -TEMPS DE POSE EN SECONDE (S)

pupitre du générateur

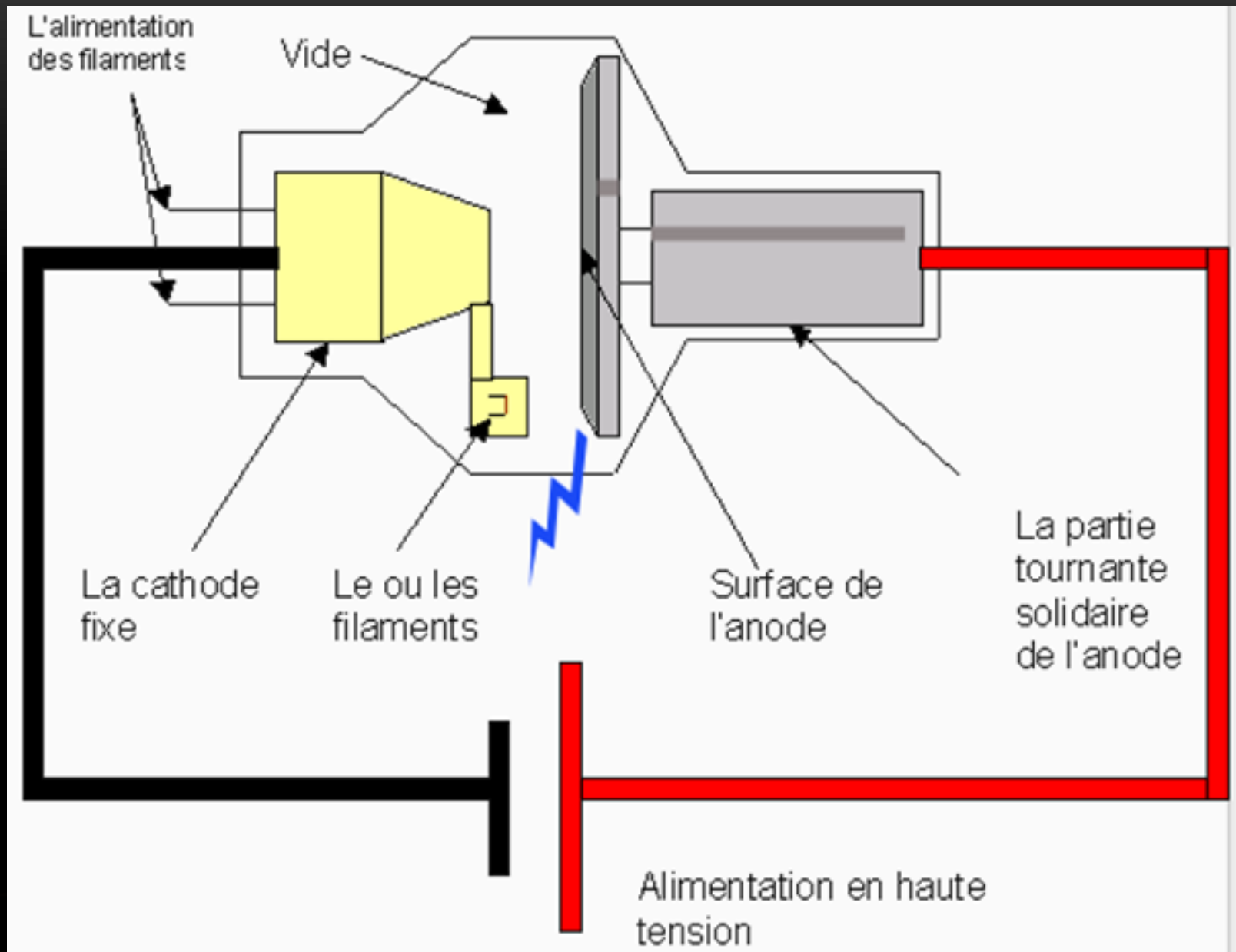


Schéma du tube radiogène

Tube sous forme d'ampoule en verre où règne un vide absolu contenant deux électrodes. Le faisceau d'électron constitue ce qu'on appelle le rayonnement cathodique.

VIDE PARFAIT : doit être le plus poussé possible permet la maîtrise du flux électronique arrivant sur l'anode.

- **-Vitesse des électrons est fonction de la tension (voltage :kV)**
- **-Nombre d'électron /unité de temps est fonction de l'intensité (mA)**
- **-Section du faisceau d'électron = f (diamètre et longueur du filament)**

- **2/ ELECTRODES : PRINCIPAUX CONSTITUANTS**
- **2- 1 / CATHODE** : C'est l'électrode négative et, est la source des électrons (élément fournissant les électrons) par effet **thermo-ionique**.
- -Elle est composée le plus souvent par un filament de **TUNGSTENE**
- en forme de spirale qui est chauffé à haute température par un courant de basse tension, mais de haute intensité, dans un vide très poussé, libère des électrons.
- Les électrons sont accélérés entre la cathode et l'anode par une forte différence de potentiel, délivrée par le générateur.
- . Les électrons émis en un faisceau dit cathodique sont entraînés à grande vitesse de la cathode sur l'anode sous l'influence de ce champ électrostatique .
- -La cathode est enchassée dans une électrode de focalisation qui se trouve au même potentiel que le filament et qui a pour effet de
 - Repousser les électrons émis
 - Empêcher les déformations du filament dues aux charges positives.

- **ANODE** : -Electrode positive, constituée d'un métal lourd de Z élevé du
- **TUNGSTENE/ MOBYDBENE/ RHENIUM.**
- Ces matériaux ont un **pouvoir réfractaire** élevé leur permettant de supporter des températures élevées.
- -Elle est constituée d'une pastille en **tungstène**, de surface unie et dure et enchâssée dans un bloc de cuivre qui lutte contre son échauffement par une meilleure diffusion de la chaleur. Elle est la cible des électrons et le lieu de production des rayons X. La zone de bombardement des électrons sur l'anode s'appelle : **foyer**
- La surface de l'anode est oblique par rapport à la direction du faisceau d'électron de manière à permettre à davantage de rayons X de pouvoir sortir du tube.

- Types d'anode :

- -Anode fixe

Equipe les appareils de faible puissance

- -Anode tournante

□ Son intérêt est de permettre un renouvellement constant de la surface de l'anode placée sous l'impact du faisceau d'électron.

- □ Le foyer est renouvelé constamment □ C'est le type le plus utilisé.

Caractéristiques de l'anode tournante

- - L'aspect de la pastille est un **disque** dont le diamètre en pratique de **70mm à 125 mm**.
- Ce dernier est limité par des phénomènes mécaniques.
- - La vitesse de rotation du disque qui varie **3000trs/mn à 11000trs/mn**.

En résumé

- UN TUBE A RAYONS X :

- Un filament en tungstène chauffé par un courant à basse tension appelé cathode et une anode (pôle positif) portée à une haute tension.

- -Production d'un faisceau cathodique d'électrons par **effet thermo-ionique**.

- -Attraction des électrons vers l'anode (anti-cathode) portée à haute tension.

- **CARACTERISTIQUES DU TUBE A RX**

- **1 / PUISSANCE DU TUBE**

- **W** : Puissance électrique supportée par le tube $W = V \times I$ où **V** : ddp entre les 2 électrodes , **I** : intensité du courant

- **2 / DIMENSION DU FOYER**

- Source de RX à partir de l'anode, sa surface doit être la plus petite qui soit pour diminuer au maximum le flou géométrique.

- **3 / RENDEMENT DU TUBE**

- Rapport : puissance RX / puissance électrique supportée par le tube à RX

- **4 / SYSTEME DE REFROIDISSEMENT** Refroidissement du tube indispensable

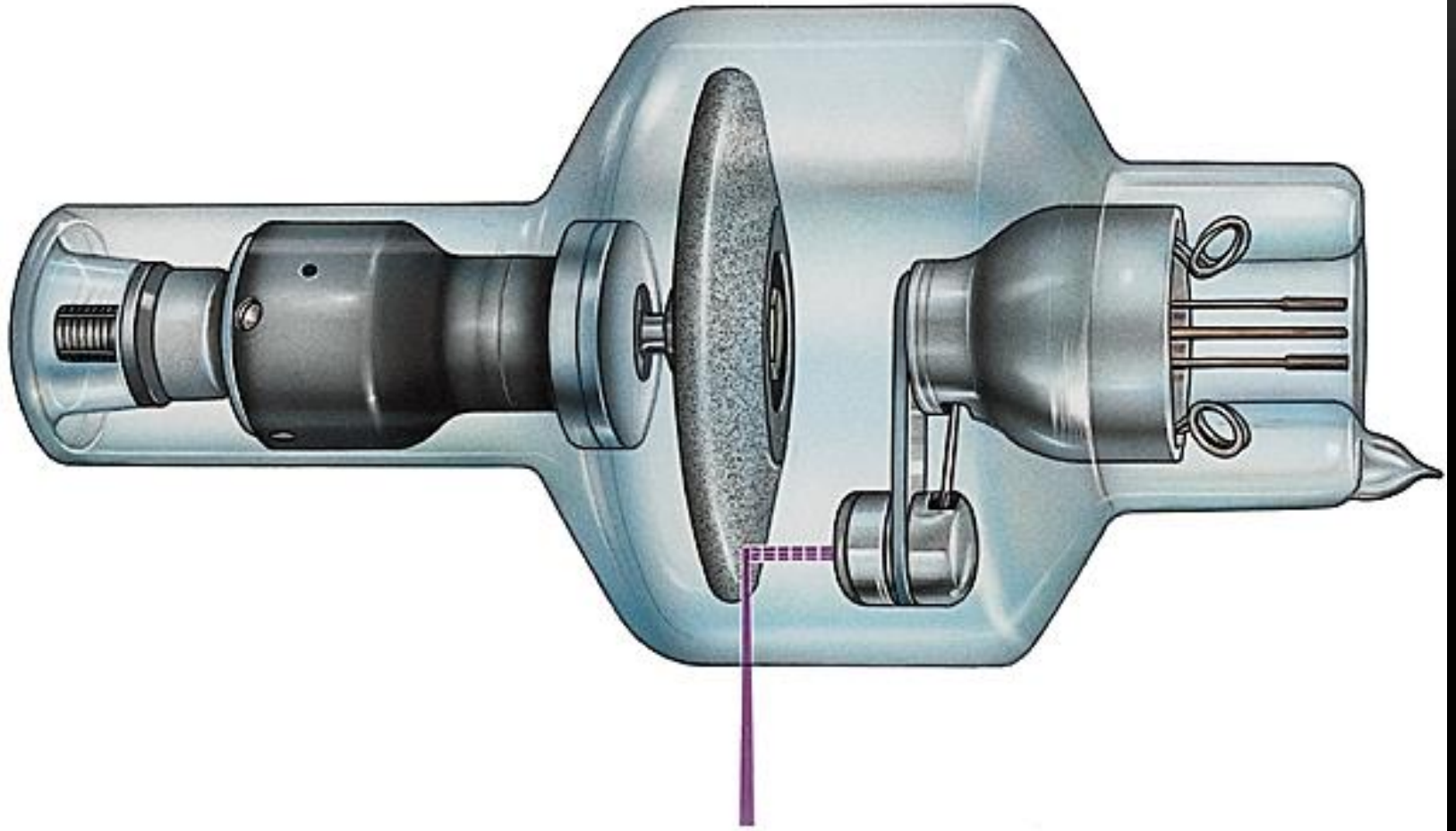
- **5 / ENVELOPPES DE PROTECTION**

- Tube radiogène entouré de plusieurs enveloppes de protection. Elles permettent d'assurer: - Une protection -Electrique : isolation électrique

 - Thermique

 - Mécanique

- - La protection des utilisateurs contre les rayonnements de fuite et prévenir la dispersion des rayons X.

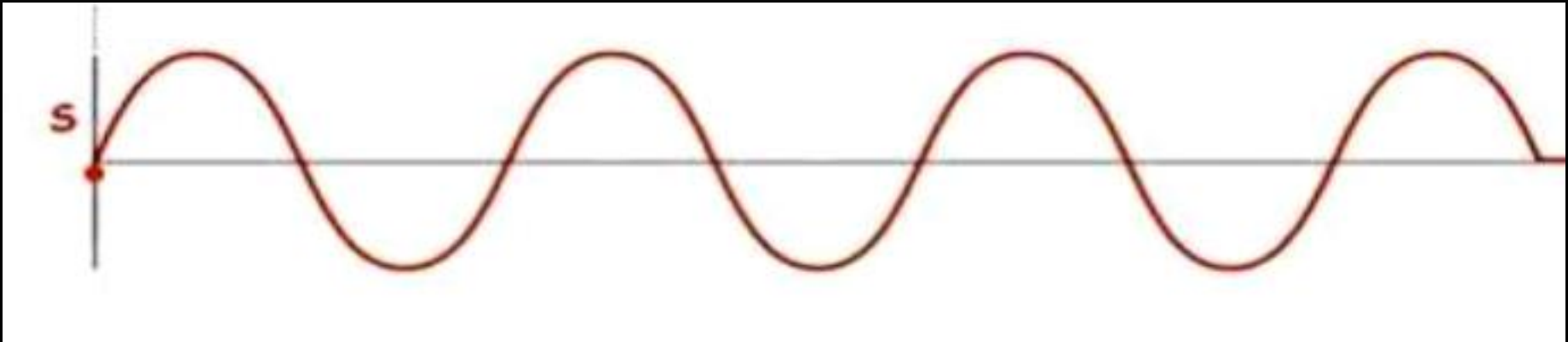


- / **PRODUCTION DES RAYONS X**

- **Que se passe-t-il au contact du point d'impact de l'anode par le faisceau cathodique ?**

- Une décélération brutale des électrons lors de leur arrivée sur l'anode et ils sont arrêtés brutalement en un seul point d'impact de l'anode.
- L'énergie cinétique ($E_c = eU$) se transforme en chaleur 99% et **1% de RX uniquement est produit (rayonnement de photons polychromatique)**.
- PLUS LA TENSION EST ELEVÉE, PLUS L'ÉNERGIE DE CHAQUE PHOTON EST ÉLEVÉE.
- **EN QUOI CONSISTE LE RAYONNEMENT X DE FREINAGE = BREMSSTRAHLUNG ?**
- -L'électron incident chargé négativement arrive sur la cible (le point d'impact de l'anode) et en s'approchant du noyau d'un atome de la cible, il est dévié de sa trajectoire par celui-ci du fait de sa charge positive qui exerce son attraction .
- Ainsi, l'électron est ralenti, et **l'énergie de freinage** est dégagée sous forme d'un photon X ou de chaleur si l'énergie est faible.
- Par ailleurs, l'électron continue sa course sur une autre trajectoire ayant été dévié par le freinage jusqu'à l'atome suivant où il produit un autre photon X.
- En somme nous obtenons la transformation de l'énergie cinétique des électrons en **1% de photons X** et **99% en chaleur** au point d'impact de l'anode.

- **C'EST QUOI LE RAYONNEMENT X ?**
- Découvert en 1895 PAR WILHELM ROENTGEN, c'est une **onde électromagnétique** composée de photons de 5 picomètres à 10 nanomètres
- -Il est utilisé en : cristallographie et imagerie médicale



Une onde est caractérisée par :

-Sa fréquence en Hertz (HZ) : nombre de cycle -Sa longueur : λ

-Sa vitesse de propagation V en m /s

$$\lambda = V / F$$

- **4/ ACCESSOIRES DU TUBE RADIOGENE**

- **GAINÉ : permet de**

- Protéger le tube en isolant et le refroidissement

- Arrêter le rayonnement parasite

- Limiter le faisceau de RX par une ouverture carrée dite fenêtre au niveau du foyer de l'anode.

- **DIAPHRAGME :**

Il est solidaire à la fenêtre à l'extérieur de la gaine , permettant de varier son ouverture.

Deux types :

- Diaphragme : -simple(4 lames) - multiple(diaphragmes superposés permettant de limiter le faisceau des RX avec précision et le faisceau diffusé.

- **CENTREUR LUMINEUX**

- Système optique qui objective les limites du faisceau. Un dispositif central

- permet de faire coïncider le rayon directeur avec la zone à radiographier .

- **FILTRE:** Il est placé à la sortie du tube, il élimine les RX mous et homogénéise le faisceau.

- **III / DETERIORATION OU USURE DU TUBE RADIOGENE**

- -Le rendement est diminué selon l'importance de l'usure

-Arrêt total du fonctionnement du tube à l'extrême

La chaleur constitue un grand problème en dépit du système perfectionné de refroidissement.

Par conséquent, différents problèmes émergent :

-Dépassement de la capacité d'anode et sa destruction.

-Température et capacité de la gaine augmentées.

-Vieillessement du verre avec craquement de l'ampoule.

-Vieillessement du filament.

-Charge élevée appliquée au tube

- ***IV / ILLUSTRATIONS***
- **TUBE ET TABLE RX**
- -EQUIPEMENT FIXE ET MOBILE
- -CLICHES RADIOLOGIQUES
- **TABLE DE RADIODIAGNOSTIC**
- **INSTALLATIONS FIXE DANS LA SALLE DE RX**





Effets biologiques des rayons X

1) Lésions moléculaires.

altération de la structure de l'ADN → Mutation génétique → Cancer

2) Lésions cellulaires.

3. 1 Mort cellulaire: immédiate ou différée

3. 2 Retard de mitose.

3) Effets sur les tissus humains:

b) Effets des Irradiations localisées sur les organes.

La peau :

Brûlures (3Gy)

Tardivement Fibrose (12 Gy)

Les gonades.

-Testicules: stérilité définitive (6 Sv)

-Ovaires: stérilité à partir de (12 Sv)

Les yeux: cataracte (2 Sv)

Les poumons : Fibrose (30 Gy).

Les reins : Radionéphrite avec HTA et IR à partir de 20 Gy.

Les os : Radionécrose (70 Gy).

La thyroïde : Hypothyroïdie chez 50% des sujets pour 200 Gy

Radioprotection

- **Objectifs:**

- Protection des individus contre les effets des rayonnements ionisants (RI)

- Protection du public et des travailleurs

- **Moyens;**

- Mesures réglementaires

Quatres principes fondamentaux.

1. Principe de responsabilité:

- Responsabilité des exploitants pour la sûreté des installations nucléaires,
- Responsabilité des fournisseurs de sources radioactives
- Responsabilité des employeurs,
- Responsabilité du médecin réalisant l'exposition

2. Justification de l'exposition:

- Évaluation des risques et des bénéfices attendus
- Prescription médicale motivée obligatoire
- Le médecin spécialiste est le seul responsable de l'exposition du patient et a le droit de refuser de faire l'examen

3. Principe de limitation des doses:

4. Principe d'optimisation (ALARA): l'exposition doit toujours être la plus faible possible

Merci de votre attention