

LES TUBES A RAYONS X

Y.EVRARD, J.MOUCHEL, D.STRAINCHAMPS
Master MTS 2004-2005, Compiègne

HISTORIQUE

1895 : Découverte de rayons X par W. RONTGEN.

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.



Figure 1



Figure 2

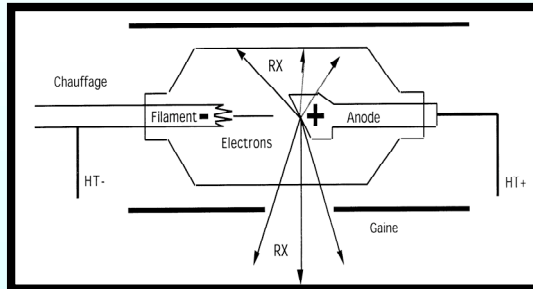


Figure 3

Principe

Le premier point à retenir est qu'un tube radiogène ne fonctionne pas tout seul, il doit être relié à un générateur de haute tension (environ 100 kV), à un générateur secondaire de basse tension et à un système de refroidissement.

1. Le tube radiogène est constitué d'une cathode et d'une anode entourée par des enveloppes de protection.
2. La cathode est la source des électrons. Il s'agit d'un filament en forme de spirale, composé généralement de tungstène, qui s'échauffe lors de la mise en route du tube pour laisser s'échapper les électrons.
3. Les électrons sont accélérés entre la cathode et l'anode par une forte différence de potentiel, délivré par le générateur.
4. L'anode est la cible des électrons et le lieu de production des rayons X. La surface de bombardement des électrons sur l'anode s'appelle le foyer. La surface de l'anode est oblique par rapport à la direction du faisceau d'électron de manière à permettre à d'avantage de rayons X de pouvoir sortir du tube.
5. Le tube radiogène, mis sous vide, est entouré de plusieurs enveloppes de protection permettant d'assurer une protection thermique, électrique et mécanique. (cf figure 1)

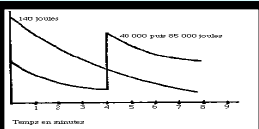


Problématique

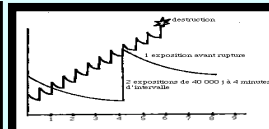
La production des rayons X est très inefficace puisque le rendement dans les tubes radiogènes de radiodiagnostic est d'environ 1%. Une grande quantité de chaleur est produite en même temps que les rayons X.

D'autre part, dans le but d'acquérir des images scanner volumiques, les tubes à rayons X se voient de plus en plus utilisés.

Expositions espacées



Expositions rapprochées



Donc deux problèmes majeurs se posent :

- Le rendement.
- La chaleur.

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.

Ces deux problèmes sont étroitement liés, quelles sont les évolutions qui ont été apportées ?

Evolution

Il faut donc fabriquer des tubes plus puissants, capables d'emmagasiner plus de calories et de refroidir très vite.

Le circuit de refroidissement

L'huile minérale contenue entre gaine et ampoule a pour rôle l'équilibre des températures entre ces divers éléments. L'évacuation de chaleur de la gaine peut se faire par convection de l'air entourant la gaine, mais aussi lorsque des énergies importantes sont en jeu (vasculaire, scanographe, table télécommandée) grâce à une circulation d'eau, d'huile ou d'air forcé par un ventilateur.

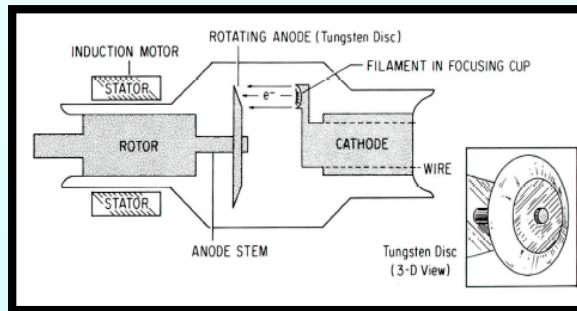
Une des gaines en métal servira à dégager la chaleur produite.

Evolutions de l'anode fixe en anode tournante

Les avantages de cette anode tournante sont :

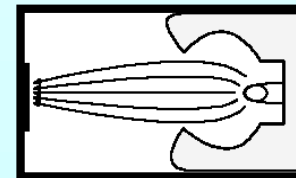
- Une répartition de la chaleur sur une plus grande surface (1000-1500°C).
- Une augmentation de la quantité de rayons X produits, et donc d'une possibilité d'augmentation de la puissance du générateur. Les appareils équipés d'anode tournante sont de puissance supérieure à 15-20 kW.
- Une diminution de la taille du foyer aux faibles puissances entraînant une amélioration de la finesse de l'image.
- Une augmentation de la puissance inversement proportionnelle à l'angle du bout de l'anode par rapport à l'axe du tube.

D'autre part, dans les tubes à anode tournante, le corps de l'anode en cuivre se termine par un disque de carbone recouvert d'une couche d'un alliage de tungstène et de rhénium. En effet, le tungstène est le principal producteur de rayons X, alors que le rhénium est un bon conducteur de chaleur permettant de refroidir l'anode rapidement. (cf figure 2)



La cathode

Le filament est monté dans une pièce creuse appelée pièce de concentration, dont la finalité est de focaliser les électrons sur l'anode.

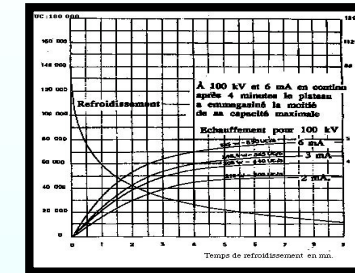


Sur certains appareils, la cathode est composée de deux filaments de taille différente. Le grand filament permet d'augmenter le flux d'électron et donc la production de rayons X alors que le petit filament permet de concentrer un faisceau d'électron plus faible sur une plus petite surface de l'anode, améliorant ainsi la finesse de l'image. (cf figure 3)

Conclusion

Afin d'améliorer le rendement et de diminuer l'échauffement, les tubes à rayons X doivent répondre à plusieurs critères :

- Des capacités calorifiques de plus en plus élevées.
- Une pente de refroidissement de plus en plus rapide.



Remarquons que plus le scanner possède de barrettes, plus il utilise le rayonnement efficacement, de ce fait, la surcharge sur le tube devient moindre à caractéristiques d'examen identiques.

Pour la même utilisation, vasculaire, tomographie, table télécommandée, certains radiologues gardent le même tube plusieurs années, alors que d'autres, sans pour cela obtenir des résultats photographiques supérieurs en consommation plusieurs. Peut-être existe-t-il des différences entre tubes ? Il existe surtout des différences de soin et de connaissance technique entre médecins. Les risques les plus marqués ne sont pas éliminés par les "sécurité" de l'installation.

Perspectives d'avenir:

- Les tubes actuels, en augmentant la taille de l'anode, peuvent accepter la charge thermique. Leur plus gros défaut reste le temps de refroidissement de l'anode. En effet toutes les calories emmagasinées par l'anode doivent être évacuées par des roulements dont les points de contact entre les deux cages sont des billes et ont une surface très faible.

Une nouvelle technologie utilise des roulements à métal liquide. Dans ces roulements, les billes sont remplacées par un métal, pâteux à température ambiante, et qui rentre en fusion par le frottement dû à la rotation de l'anode.

Le contact entre l'anode et l'extérieur devient beaucoup plus grand. On peut donc augmenter le diamètre et la masse de l'anode ce qui permet d'émettre plus de rayons X pendant plus longtemps. Comme l'anode se refroidit aussi plus vite, il est possible de redemander tout de suite une nouvelle séquence d'acquisition.

- Les installations les plus évoluées (scanographe) comprennent un calculateur électronique intégrant les charges thermiques et le refroidissement en fonction du temps et des caractéristiques du tube.

Ces techniques permettront de préserver le tube et d'en avoir une utilisation optimale.

Bibliographie

- Tube radiogène
http://www.med.univ-rennes1.fr/cerf/edicerf/BASES/BA001_cv_cb_15.html
 L'Appareil à rayons X Tube radiogène
<http://www.vet-lyon.fr/ens/imagerie/D1/02.Tube/T-notes.html>
 Spécification tube rayon X MC 61
http://www.thalesgroup.com/all/pdf/Specifications_MC61_FR_B_030602.pdf
 Principe et production des rayons X
<http://membres.lycos.fr/scanrayonxetco/principeproductionrx.htm>
 L'imagerie médicale utilisant les rayons X
<http://membres.lycos.fr/smiff/Site%20TPE%20bis/03.html>