

Des contrôles qualités sont effectués après chacune des étapes de fabrication, le but étant de tester la production de rayons X de façon plus importante que pour une utilisation classique en cabinet dentaire : respect de l'intégrité des composants de l'ampoule, respect du vide dans l'ampoule et du maintien du vide dans le temps, contrôle de production de rayons X vérification de la taille du foyer de 0,7 mm, contrôle d'étanchéité des bacs renfermant l'huile entourant l'ampoule, contrôle en fin d'assemblage.

Dans la pratique, les tests sont normalisés et il existe une traçabilité pour chaque appareil fabriqué.

## 2) Facteurs influençant la production de rayons et critères de choix

### a) L'intensité du courant et le temps d'exposition

Le courant (mA, milliampère) traversant le filament de la cathode détermine la quantité d'électrons produits de façon à ce qu'une augmentation d'intensité du courant se traduit par une production accrue d'électrons percutant la cible en un temps donné. Ainsi, l'intensité du courant détermine le nombre de photons X produits en un temps donné. La quantité des rayons émis se traduit par la densité du film développé c'est-à-dire le degré de noirceur de l'image sur le film radiographique.

Le second facteur qui influence la quantité de rayons X produits est le facteur temps (s, seconde): la quantité de photons est directement proportionnelle à la durée d'exposition; le film noircit en conséquence. Des compteurs électroniques ou digitaux ont remplacé les compteurs mécaniques, permettant ainsi la production de temps d'exposition de l'ordre de fractions de seconde.

Nous verrons dans le chapitre suivant que l'utilisation d'un courant alternatif ne permet pas de produire des rayons X en continu et c'est pourquoi le temps d'exposition est fractionné en impulsions (multiples du nombre total de cycles / seconde). Les générateurs dits de "haute fréquence" représentent une grande avancée technologique car, permettant la production continue de rayons X, ils ont réduit de façon significative le temps d'exposition.

Les deux paramètres combinés, **intensité et durée d'exposition, (mA.s) déterminent le nombre de photons X délivrés** pour toutes les expositions c'est-à-dire la quantité de rayonnement émis. Celle-ci est obtenue **en multipliant l'intensité** du courant (exprimée en milliampères) **par le temps d'exposition** (exprimé en secondes). C'est ainsi qu'un générateur opérant à une intensité de 10 mA pendant 1 seconde (10 mAs) produit la même quantité de radiation que s'il opérait à une intensité de 20 mA pendant 0,5 seconde (10 mAs).

Les générateurs actuels opèrent à une intensité comprise entre 4 et 8 mA; elle est généralement fixée par le fabricant, la quantité de photons émis étant dépendante du seul temps d'exposition.

Les fabricants offrent parfois la possibilité de régler l'intensité; ils préconisent alors une option argentique à 7 ou 8 mA et une option numérique à 4 mA, cette dernière nécessitant une irradiation moins importante.

Nous verrons dans les chapitres suivants que d'autres paramètres comme la sensibilité du film ou la tension du générateur peuvent contribuer à réduire la dose d'irradiation.

#### b) La tension du générateur

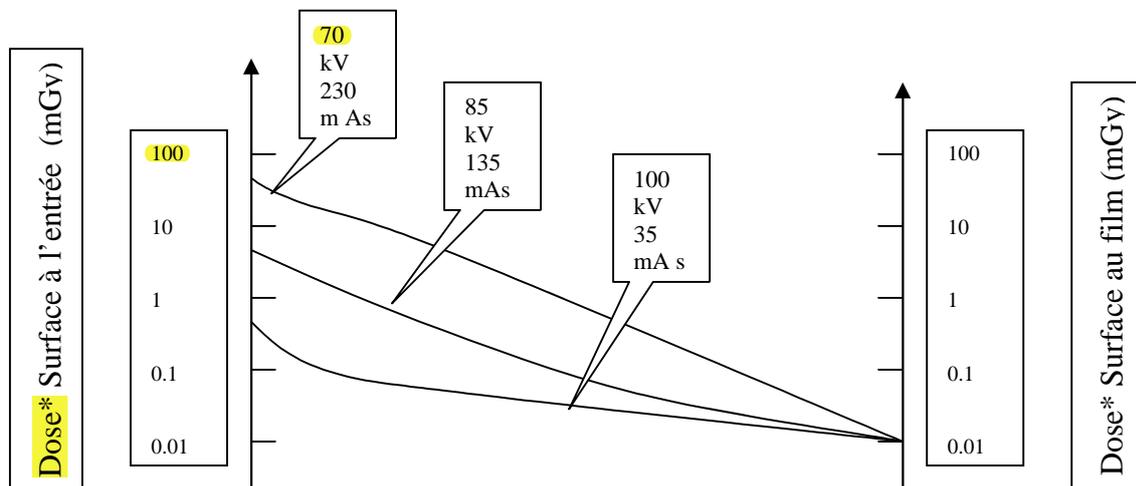
La différence de potentiel appliquée entre la cathode et l'anode, définie par la **tension (kV), détermine l'énergie cinétique** communiquée aux électrons. Plus la tension est élevée, plus l'énergie cinétique est grande. En outre, plus elle est élevée, plus elle est susceptible de permettre à un plus grand nombre d'électrons d'atteindre l'anode.

L'énergie des photons X produits est fonction de l'énergie cinétique des électrons sans pouvoir être supérieure à cette dernière. A une tension élevée, correspond des photons X plus énergétiques et dotés d'un pouvoir de pénétration plus important.

**Pour récupérer une image radiographique de qualité, le maximum de rayons X doit atteindre le récepteur et par conséquent avoir une énergie suffisante pour traverser le tube et les tissus.** Le but recherché est par conséquent, l'obtention d'un faisceau homogène formé par des photons dotés d'une énergie suffisante et similaire.

**L'utilisation d'une tension élevée va permettre de réduire le débit de dose** c'est-à-dire le produit des milliampères (mA) par le temps d'exposition (s). **Ceci permet de diminuer la**

dose à l'entrée (De) et de conserver une dose suffisante au niveau du récepteur (Rocher et al., 2007).

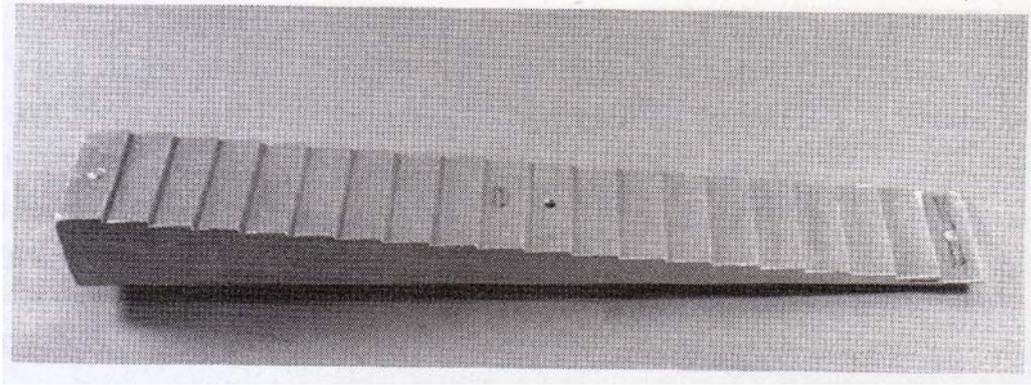


**Figure 4:** Réduction de la dose à l'entrée pour une dose identique au récepteur [modifié d'après Rocher et al, 2007].

L'énergie des photons X contrôle le contraste de l'image radiographique (White et Pharoah, 2004).

Le contraste radiographique est caractérisé par la différence de densité entre régions voisines. Il correspond à la gamme des gris compris entre le blanc et le noir. Une image fortement contrastée présente une faible quantité de gris. A l'inverse, une image faiblement contrastée présente une grande gamme de gris.

Des tests de variation de tension à débit de dose fixe ont été effectués sur un faisceau de rayons X traversant une forme en Aluminium d'épaisseur croissante (Fig. 5).



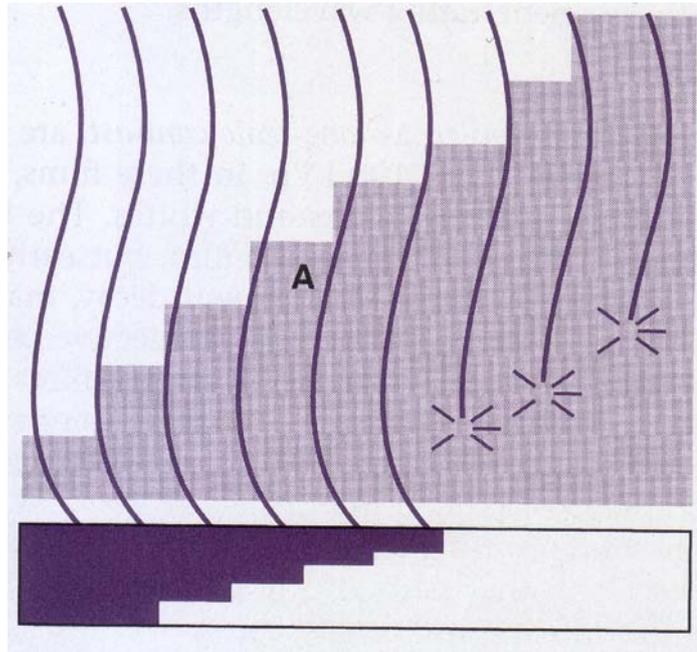
**Figure 5** : Pièce expérimentale d'épaisseur croissante en Aluminium (en "marche d'escalier" ou "Step Wedge") [White et Pharoah, 2004].

Les figures 7 et 8 illustrent les schémas de pénétration des rayons X dans cette forme en "marche d'escalier". Lorsque la tension est basse (Fig. 6), les rayons X sont absorbés en partie dans les zones les plus épaisses car les énergies ne sont pas suffisantes. Lorsque la tension est plus élevée (Fig. 7), les rayons ont une énergie suffisante pour traverser les différentes épaisseurs d'Aluminium.

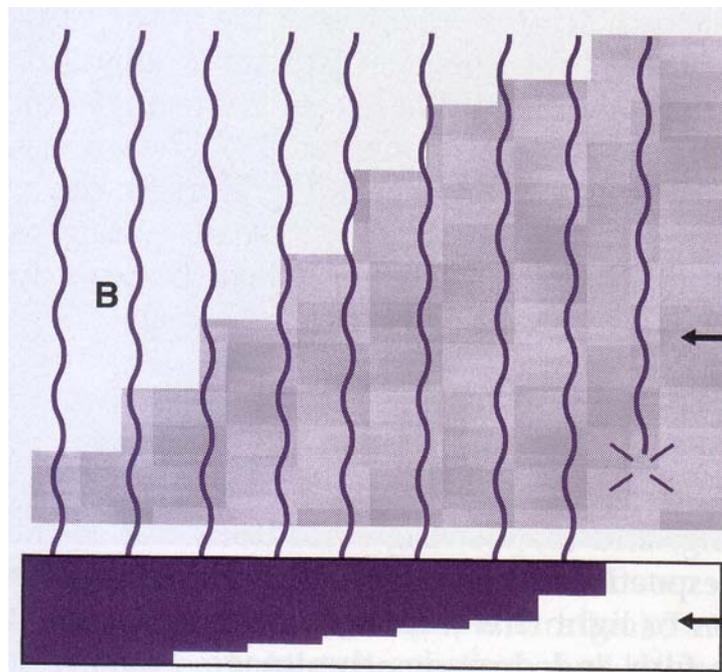
La figure 8 visualise la gamme de gris obtenue en fonction des différentes tensions (de 40 à 100 kV).

D'après l'ensemble des résultats obtenus sur les clichés, on constate que la gamme de gris augmente avec la tension. Avec des kilovoltages élevés (100 kV), on parvient à différencier jusqu'à 12 teintes différentes entre le noir et le blanc; on a donc un faible contraste. Pour des kilovoltages faibles, on parvient à différencier seulement 6 voire 7 teintes différentes entre le noir et le blanc. Le contraste avec de faibles kilovoltages est donc très poussé. Avec des kilovoltages moyens de 70 k V par exemple, on visualise une dizaine de teintes de gris intermédiaires ce qui se rapproche le plus des résultats obtenus avec 100 kV.

Lorsque les clichés obtenus avec les différentes techniques sont comparés, la radiographie à faible contraste est bien meilleure du point de vue diagnostique, car elle présente une grande variété dans la tonalité des objets d'épaisseurs différentes.

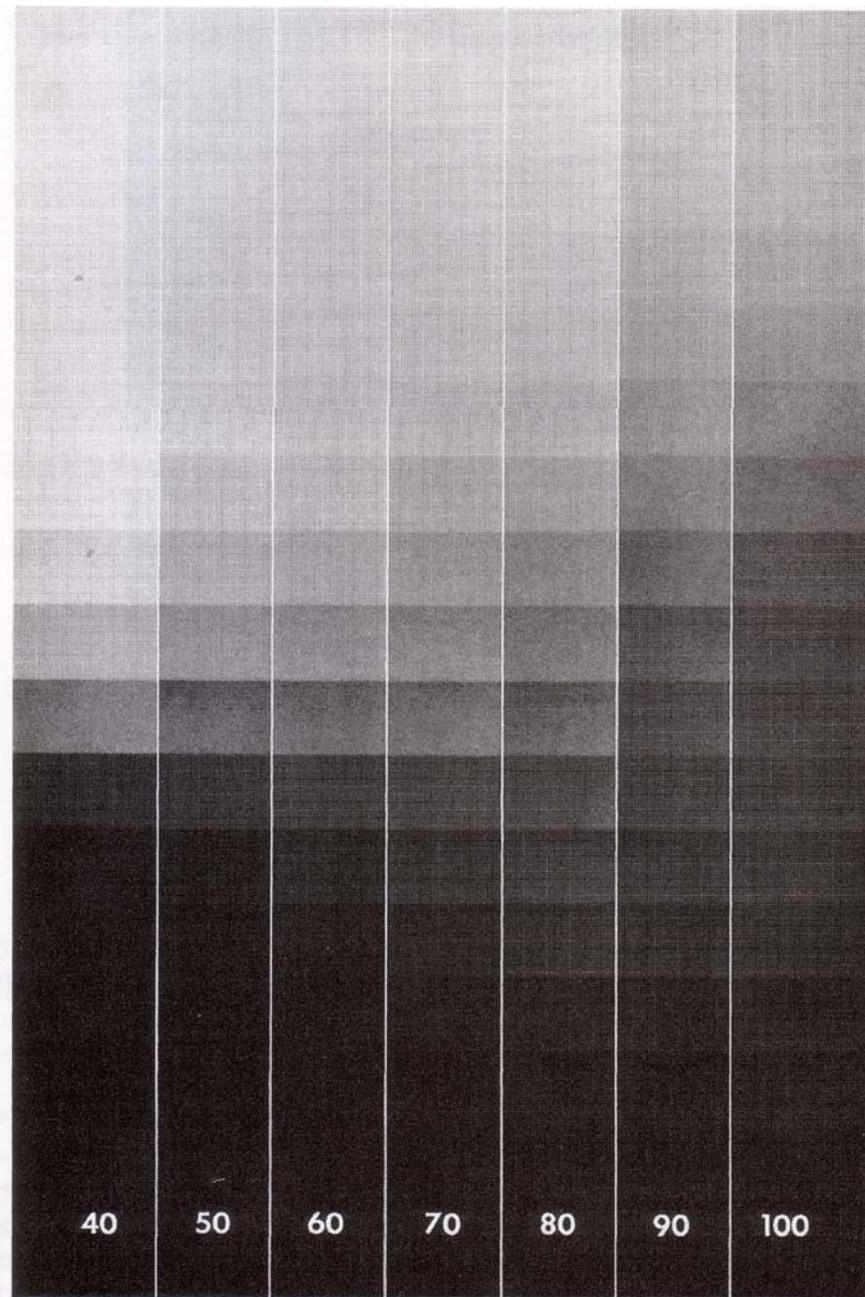


**Figure 6** : Schéma illustrant la pénétration des rayons X à bas kilovoltage [White et Pharoah, 2004].



**Figure 7**: Schéma illustrant la pénétration des rayons X avec un kilovoltage élevé [White et Pharoah, 2004].

Les flèches visualisent la pièce expérimentale en Aluminium (flèche du haut) et l'image sur le film (flèche du bas).



**Figure 8 :** Ensemble des résultats obtenus sur films entre un **bas kilovoltage (à gauche)**, un **kilovoltage moyen de 70kV (au centre)** et un haut kilovoltage (à droite) [White et Pharoah, 2004]. Nous observons des gammes de gris de plus en plus importantes au fur et à mesure que la tension du générateur augmente.

Les anciens générateurs utilisaient des tensions de 50 kV. Il en résultait une perte importante de rayons d'énergie faible dans les tissus et des images très contrastées présentant des zones blanches et des zones sombres très proches du noir.

Les nouveaux générateurs travaillant à des tensions plus élevées de 60-70 kV produisent des rayons plus pénétrants et, par conséquent, des images moins contrastées.

Si la lecture des images radiographiques intra-buccales peut paraître plus difficile, la grande gamme de gris obtenue épouse la grande variabilité de densité tissulaire entre l'os alvéolaire, le ciment, le ligament alvéolo-dentaire, le canal pulpaire, l'émail dentaire, permettant un repérage anatomique plus précis et la détection plus fine des lésions.

Par ailleurs, l'utilisation d'une tension plus élevée induit une irradiation moindre du patient car les rayons plus pénétrants sont moins absorbés par les tissus.

Ainsi, la tension contrôle le contraste suivant la règle: une faible tension augmente le contraste et la dose d'irradiation; une tension élevée diminue le contraste ainsi que la dose d'irradiation. Toutefois, cette règle a des limites. Augmenter la tension jusqu'à 90 ou 100 kV ne permet plus un contraste suffisant. Les fabricants ont choisi le compromis acceptable et satisfaisant d'une tension à 70 kV.

En conclusion, nous pouvons systématiquement choisir, pour tous types de cliché radiographique, une tension pour l'appareillage allant de 60 à 70 kV et abandonner définitivement les appareillages travaillant avec des valeurs en dehors de cette plage à moins de s'assurer d'un bon réglage de l'appareillage au niveau des intensité et temps d'exposition afin de s'assurer d'optimiser le cliché en produisant des rayons X suffisamment énergétiques.

### c) L'alimentation du circuit haute tension

Nous avons vu qu'un courant de haute tension est nécessaire entre la cathode et l'anode pour produire des rayons X. Un transformateur va assurer la conversion du courant de 220 volts en un courant de haute tension de 60.000 ou 70.000 volts (60 kV à 70 kV).