

## Formation et traitement de l'image.

**Crédits : 5, Coefficient : 3**

**Volume horaire global: 87h (cours: 21h, TP: 6h, Stage: 60h)**

**Objectifs de l'enseignement :**

L'étudiant Manipulateur en Imagerie Médical doit être capable de :

- Acquérir des notions fondamentales sur la formation et le traitement de l'image radiologique conventionnelle et numérique.
- Identifier et corriger un artefact technique sur une image radiologique.
- Expliquer le principe de la formation de l'image radiologique conventionnelle et numérique.

## **CHAPITRE 1 : l'image radiologique**

**Plan :**

### **I. INTRODUCTION**

### **II. FORMATION GEOMETRIQUE DE L'IMAGE**

### **III. REGLES DE PROJECTION CONIQUE**

### **IV. EXERCICES**

#### **I. INTRODUCTION :**

Les rayons X sont des ondes électromagnétiques comme les ondes radio mais leur énergie est beaucoup plus grande ce qui leur donne des propriétés particulières comme celle de traverser certains tissus. En associant cette propriété avec un procédé d'enregistrement des images, on obtient une radiographie.

L'image radiologique est obtenue par atténuation d'un faisceau de rayons X qui traverse les différents tissus. Cette atténuation dépend de l'épaisseur de tissus traversés et également de la composition du tissu :

## Formation et traitement de l'image

---

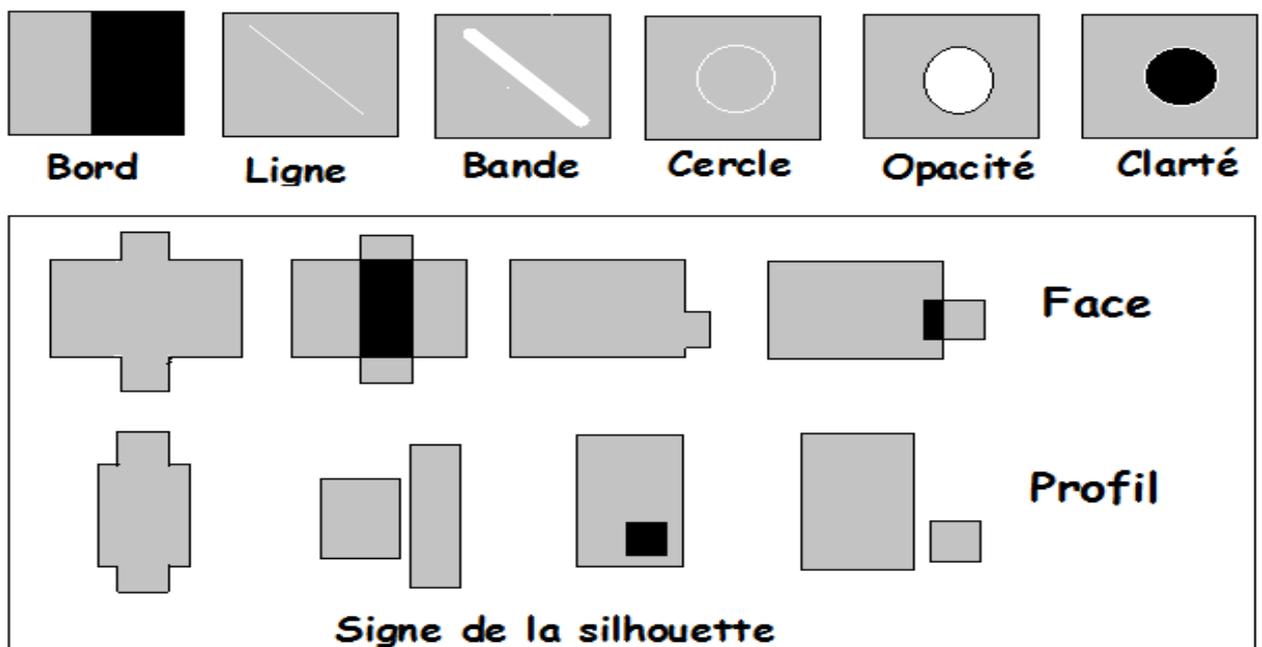
- Plus l'épaisseur est importante, moins les rayons traversent et plus l'image est blanche.
- Plus les tissus contiennent des atomes de numéros atomiques importants, moins les rayons traversent et plus l'image est blanche.

D'un point de vue radiologique, la composition des tissus est assez simple et on reconnaît comme corps élémentaires l'air, la **graisse**, l'eau et l'os. Ces corps, du fait de leur composition atomique, atténuent différemment le faisceau de rayons X : l'air moins que l'os et l'eau plus que la graisse.

L'image radiologique doit pouvoir aisément l'interpréter. Elle doit contenir un maximum d'éléments d'information, livrer une reproduction **fidèle** du territoire radiographié, être **contrastée**, **détaillée** et sans erreurs.

L'interprétation d'une image en général repose sur l'analyse des lignes et des différentes valeurs de gris. Il est donc important de savoir à quoi correspondent réellement sur le plan anatomique les lignes et les gris observés.

### Images élémentaires





L'image radiologique est une image due à l'atténuation du faisceau de rayons X par les différents tissus.

Prenons l'exemple d'une radiographie du thorax chez une personne exempte de toute pathologie. Le patient est placé entre le tube à rayons X et un récepteur. La quantité de rayons X qui arrive au récepteur dépend des tissus traversés.

Le faisceau de rayons X subit différentes atténuations :

- importante lorsqu'il traverse des structures osseuses : couleur blanche sur la radiographie;
- intermédiaire lorsqu'il traverse des structures musculaires : couleur plus grisâtre sur la radiographie;
- faible lorsqu'il traverse des poumons car les alvéoles sont remplies d'air : couleur noire sur la radiographie.

**N.B** : Quand les rayons x atteignent le film, ils provoquent un **noircissement**, mais comme ils ont traversés le corps, on parle de la **Clarté** (zone sombre). Dans les zones non exposées, le film reste **transparent**, mais comme les rayons ont été arrêtés on parle d'**opacité** (zone blanche).

**La qualité de l'image radiologique** se jugera sur plusieurs paramètres :

- ✓ **Netteté** : l'image doit être nette, sans flou, ses contours sont bien délimités.
- ✓ **Contraste** : les différences d'intensité dans le noircissement du film permettent de reconnaître les structures que l'on souhaitait étudier.

## Formation et traitement de l'image

---

- ✓ **Incidence** : l'analyse anatomique impose une comparaison à des clichés pris dans une position définie de référence.
- ✓ **Centrage** : l'image utile doit se trouver au centre d'un film de dimension minimale.
- ✓ **Conformité aux règles de présentation** : un document radiologique doit comporter obligatoirement une identification correcte qui désigne le centre où il a été réalisé, le nom et le prénom du patient, la date de l'examen et le nom du praticien qui a signé le compte rendu. Sur les clichés, il est capital d'indiquer le côté. On peut y ajouter de multiples renseignements qui seront fort utiles a posteriori, entre autres la station debout ou couchée. Cependant, chaque examen demande un étiquetage spécifique du rapport de la région explorée.

**N.B** : Le but de l'examen radiologique étant d'étudier l'effet d'un traitement ou l'évolution d'une maladie du tissu osseux au moindre coût (écologique et financier). L'idéal étant d'obtenir des clichés dans les conditions les plus reproductibles.

### Formation de l'image radiologique :

Trois facteurs sont indispensables à la formation d'une image radiologique :

- ✓ **Le foyer radiogène (F)**, quasi ponctuel, source du faisceau de RX ;
- ✓ **L'objet radiographié (O)**, dont on veut former une image, habituellement région anatomique ;
- ✓ **Le récepteur (R)**, film le plus souvent, mais progressivement remplacé par des procédés électroniques, qui supporte l'image utile.

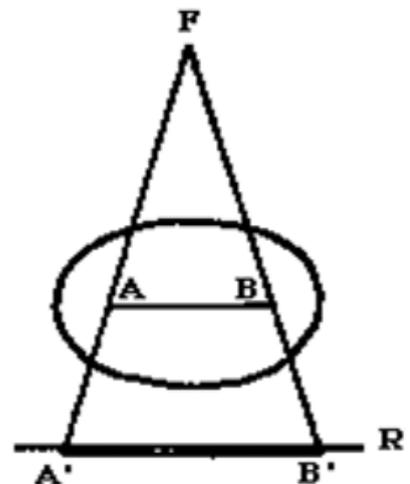


Figure 1 : trinôme radiologique.

Chacun de ces éléments de base peut varier dans des conditions multiples ; le faisceau de Rayon X se définit par sa géométrie, le spectre d'énergie des photons, les rapports géométriques propres entre F, O et R.

La forme, la dimension et la composition chimique de l'objet sont très diverses et c'est cette diversité que l'on veut analyser. Le récepteur peut avoir des caractéristiques diverses.

Nous serons donc amenés à schématiser un problème complexe en le décomposant en problèmes simples.

### II. FORMATION GEOMETRIQUE DE L'IMAGE :

**a) Projection conique :** Tous les rayons X sont issus de la même zone de très faible surface (moins de 1 mm) : le **foyer**. Leur trajet est rectiligne<sup>1</sup>, divergent. Ils occupent le volume d'un cône lorsqu'ils sont limités par un diaphragme circulaire. Tout objet rencontré donne une ombre répondant aux règles des projections coniques.

**b) Loi de confusion des plans :** Tous les objets, bien qu'ils soient situés sur des plans différents, formeront après le passage du rayonnement leur image radiographique sur un seul et même plan. Ils sont confondus dans l'image. La superposition d'images de structures différentes nécessite de faire plusieurs incidences pour distinguer la situation respective des structures.

**c) Agrandissement :** l'image obtenue après la radiographie est toujours plus grande que l'objet radiographié. L'agrandissement varie en fonction de la distance foyer-film. Plus la distance est grande, moins il y'a d'agrandissement. Si

---

<sup>1</sup> Les rayons x comme la lumière, se propagent en ligne droite.

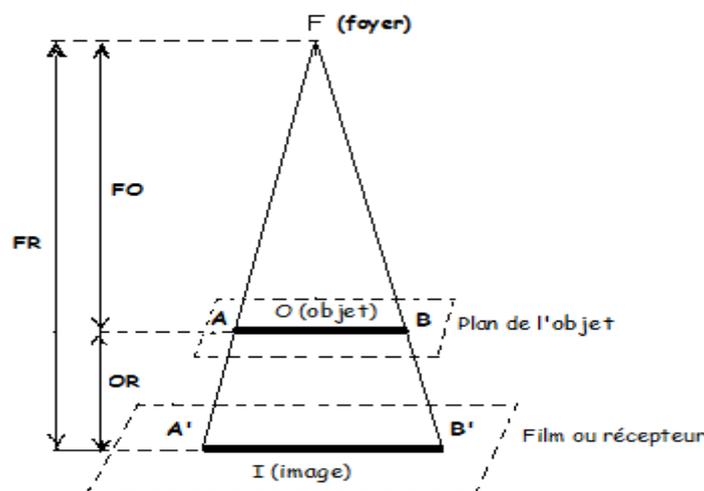
## Formation et traitement de l'image

le **rayon central** ou **rayon directeur** ou **principal** perpendiculaire au centre du récepteur :

- les structures planes et parallèles au récepteur : **agrandissement simple**
  - Les structures obliques présentent une **déformation** de leurs images
- Si le **rayon directeur** oblique par rapport au plan du récepteur : Déformation complexe.

a) **Coefficient d'agrandissement** : L'objet AB produit une image A'B', de plus grande taille. La projection conique produit un agrandissement **Ag** inévitable tel que :

$$Ag = A'B' / AB$$



**Figure 2 : L'agrandissement radiographique  $Ag$  : un objet AB (une droite) parallèle au film donne une image agrandie A'B' suivant l'expression suivante :**  
 $I = O \times FR/FO = O \times FR/(FR - OR)$  ou  $A'B' = AB \times FR/FO$  ( $Ag = I - O$ )

Si l'on choisit un rayon particulier, axe du faisceau radiogène, perpendiculaire au plan AB, appelé **rayon directeur**<sup>2</sup> dont les sections avec les plans AB (plan de l'objet) et A'B' (plan du récepteur) sont H et H', on voit que pour tout segment

<sup>2</sup> Rayon directeur : est une ligne passant par le centre du faisceau vers le centre du film.

## Formation et traitement de l'image

situé dans le plan AB et détecté dans le plan A'B' l'agrandissement sera identique et égal à  $FH'/FH$ .

$$Ag = \text{Foyer} \times \text{récepteur} / \text{foyer} \times \text{objet} \text{ ou } Ag = FR/FO$$

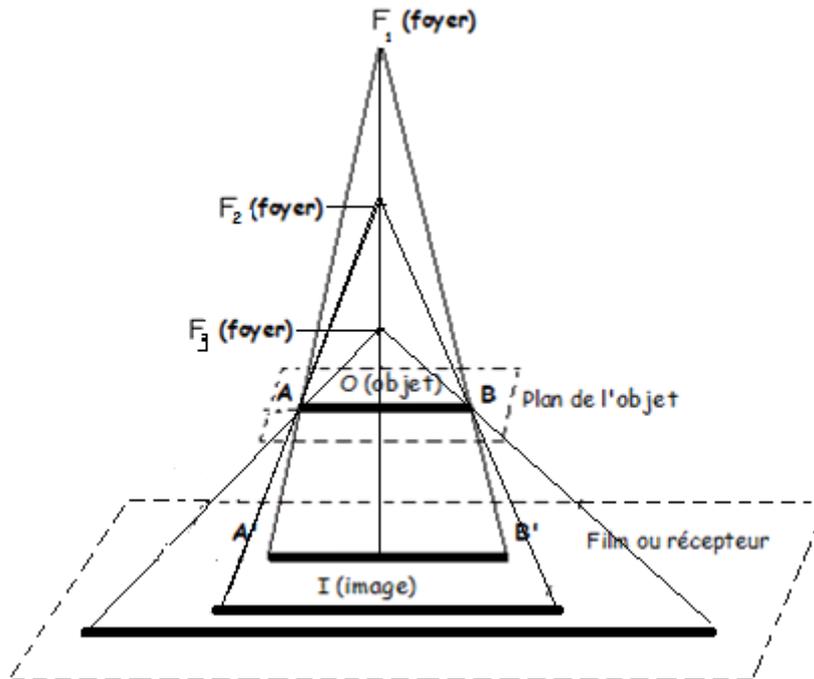


Figure 3 : Lorsque le foyer s'éloigne, l'agrandissement diminue.

Nous tirons deux conclusions importantes :

- Les diamètres du corps examiné, qui sont parallèles au plan de projection, ont une image radiologique toujours **agrandie**.
- Cet **agrandissement diminue** lorsque l'on **éloigne le foyer** ou que l'on **rapproche l'objet** du film.

En radiographie osseuse, si le foyer est placé à 1m, l'os à examiner étant amené le plus près possible de la plaque, l'agrandissement est faible.

En radiographie pulmonaire, pour obtenir le même résultat, le thorax étant plus épais, l'éloignement du foyer doit être de 1,70m environ.

## Formation et traitement de l'image

---

Dans certains cas (par exemple, traumatisés) on est obligé de renoncer à l'incidence habituelle, le malade n'étant pas en état de la supporter, et d'en utiliser une autre qui a l'inconvénient d'éloigner la région examinée du film. Si l'on veut que l'agrandissement et le flou n'augmentent pas, il faut éloigner le tube afin que le rapport distance objet-film/distance objet-foyer reste le même ou varie le moins possible.  $A_g = FR / FO = 1$  ou ces environs.

Faisons tourner l'objet AB (une droite) autour de son centre (point d'intersection avec le rayon directeur) la dimension des images qui se forment successivement, devient de plus en plus petite et lorsque AB est dans l'axe du rayonnement directeur sa projection est un point.

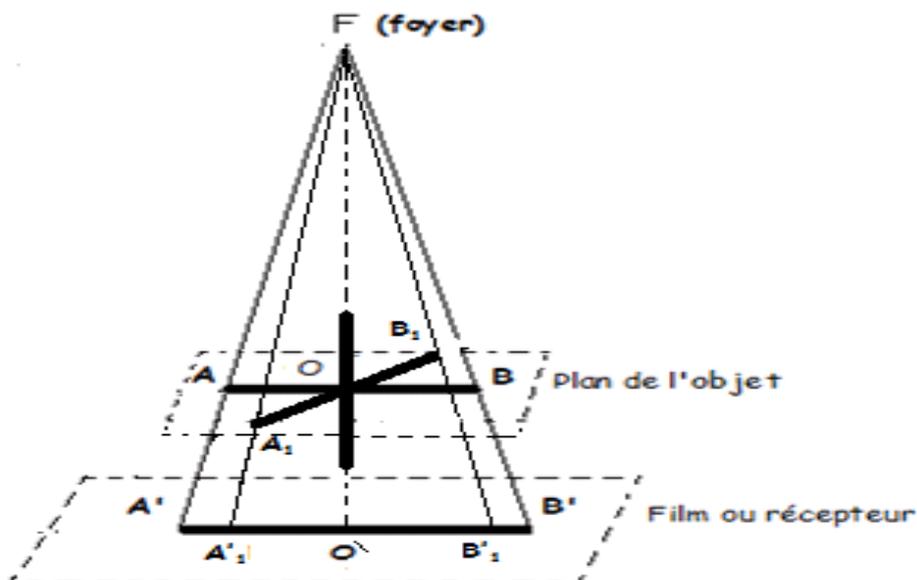


Fig. 4: variation d'aspect de l'image au fur et à mesure de la rotation de l'objet

Nous tirons de fait trois applications :

## Formation et traitement de l'image

- Chaque fois que l'objet se déplace ou que le mode d'abord des rayons varie (ce qui devient au même) nous obtenons une projection différente : à chaque incidence correspond un nouvel aspect radiologique ;
- Plus les diamètres d'un objet sont obliques par rapport au rayon normal, plus ils sont déformés, la réduction étant au maximum pour ceux qui, prolongés, passeraient par F (le rayon directeur).

**Loi des tangences** : image de « bord » si rayonnement tangentiel à la surface de l'objet (variation brutale de densité et bord tangentiel). Exemple : contour inférieur des seins sur un cliché de thorax de face.

- La déformation de l'image est minimale lorsque l'axe de l'objet est parallèle au plan de projection ; c'est la position d'exploration la plus favorable.

### b) Agrandissement différentiel :

Les objets habituellement radiographiés ont un volume ; tous les points constitutifs ne sont pas situés dans un même plan objet et sont donc à des distances différentes du foyer et du récepteur.

Tous les éléments de l'objet ne sont pas agrandis dans les mêmes rapports.

**Agrandissement d'objets de même taille** : Deux objets égaux  $AB=CD=O$  à des distances différentes de film (et du foyer) donnent des images de grandeurs inégales : le plus éloigné

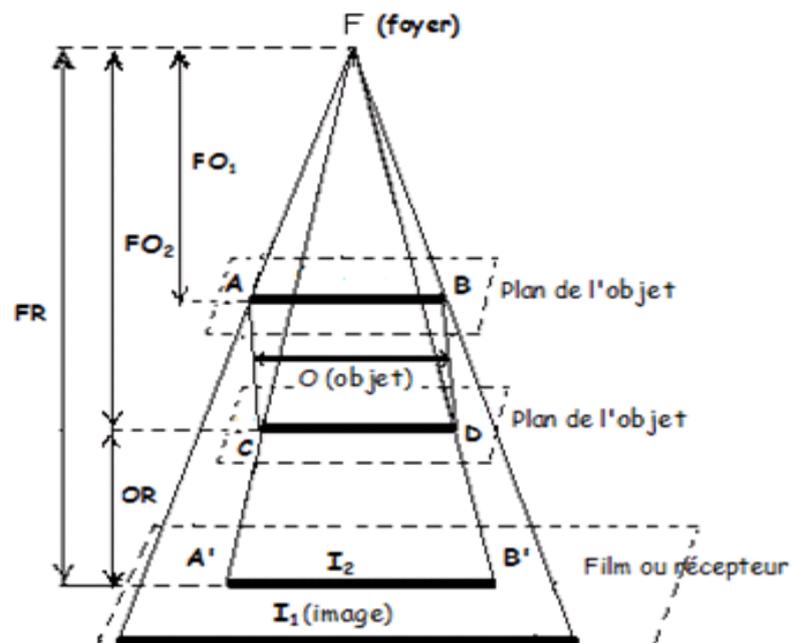
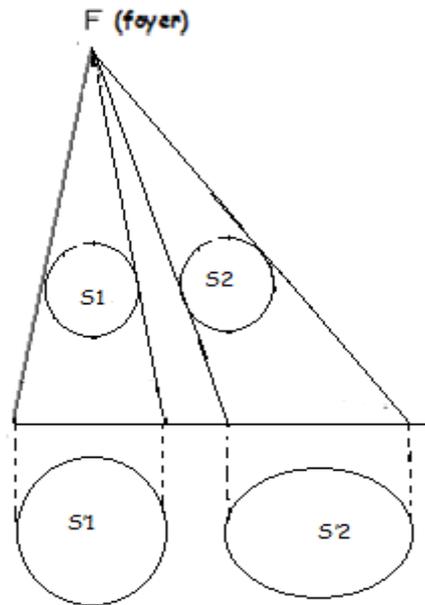


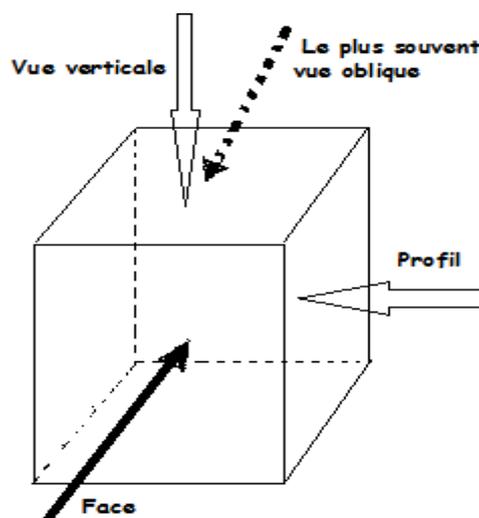
FIG.5: Agrandissement d'objets de même taille à des distances différentes de film.

du film (le plus proche du foyer) donne la plus grande image.  $I_1 = O_1 \times FR / FO_1 > I_2 = O_2 \times FR / FO_2$



**FIG. 6 - Effet de distorsion**

La projection orthogonale du cercle S1 est un cercle ; la projection oblique du cercle S2 est une ellipse. La projection oblique d'un carré est un losange ; les angles ne sont donc pas conservés (augmenté ou diminué) et les mesures d'angle sur clichés sont donc imprécises.



**FIG. 7- Les trois incidences fondamentales, théoriquement souhaitables.**

## Formation et traitement de l'image

---

Si nous voulons examiner un objet tridimensionnel (qui a un volume) dans son ensemble ou avoir une idée de sa forme sans être trompé par l'effet de distorsion que donne la projection oblique et que la figure 6 montre bien, il faut successivement placer parallèlement au plan du film, une des trois dimension qui le caractérisent (figure 7).

En pratique, on utilise surtout les projections **orthogonales**. Lorsque la cassette est disposée obliquement, le rayon x directeur prend alors le nom de **rayon central** et non plus de **rayon normal** puisque il n'est pas perpendiculaire au plan de projection ; les déformations deviennent plus importantes et plus complexe. Aussi, dès que l'obliquité cesse d'être faible, les images obtenues sont très difficile à lire.

Les déplacements du récepteur n'induisent que des modifications de forme des images, sans que les rapports entre les composantes soient changés. Par contre les déplacements du foyer par rapport à l'objet transforment l'image. Ce qui est évident en comparant un cliché de la même région de face et de profil.

Il est plus simple de regarder ce que devient l'ombre chinoise d'une main dans deux situations différentes :

- dans la première, on laisse la main ouverte perpendiculaire au faisceau lumineux. Les déplacements du papier sur lequel se fait l'ombre n'empêchent pas de reconnaître les doigts écartés ;

- dans la seconde, le papier reste perpendiculaire au faisceau lumineux, on tourne la main : l'image change complètement de caractère.

Si le rayon a une position fixe par rapport à l'objet les modifications de position du récepteur entraîneront :

## Formation et traitement de l'image

---

- Des variations d'agrandissement,
- Des variations de longueur ou de projection angulaire,
- Des déformations.

Mais les relations entre éléments sont invariables.

Par contre tout changement d'incidence (rapport entre foyer et objet) crée une image différente.

Pour définir un type de cliché, il est nécessaire de préciser :

- La direction du rayon par rapport à l'objet (incidence) ; angulation dans le référentiel orthogonal (plan sagittal, horizontal et frontal) ;
- La position précise du récepteur par rapport au rayon principal est secondaire et ne crée pas de difficulté de la lecture ; elle intervient seulement pour l'obtention de la meilleure image.

### III. REGLES DE PROJECTION CONIQUE :

- 1. Les différents détails de l'objet sont agrandis par projection, mais inégalement ; les parties les éloignées du film sont les plus agrandies.*
- 2. Un objet parallèle au film est agrandi, mais non déformé par la projection.*
- 3. Lorsque le plan principal de l'objet n'est pas parallèle (oblique) au plan du récepteur (film), l'image est déformée par rapport à l'objet : selon les directions respectives l'image est plus grande ou plus petite.*
- 4. Un objet plan disposé perpendiculairement au plan du film, ou plus exactement dans le sens de propagation, donne une ombre linéaire à peine discernable. Pour rendre visible un tel objet il faut faire une projection légèrement oblique. L'objet donne alors une ombre très déformée mais interprétable.*

5. Deux objets étant superposés, suivant la direction du rayonnement, forme une ombre composite, dans laquelle les détails de chacun des deux objets se confondent et ne peuvent plus être distingués que par les différences d'opacités propre à chacun d'eux. Mais si l'un des deux objets est parfaitement opaque aux rayons utilisés, l'autre objet et en partie ou en totalité indiscernable.

#### IV. EXERCICES :

##### Exercice 1 :

Un organe situe à 20 cm du plan du film donne sur ce film une image de 6 cm de long ; la distance foyer-film utilisé dans cet examen est de 1,20 m. QUELLE EST LA LONGUEUR EXACTE DE CET ORGANE ?

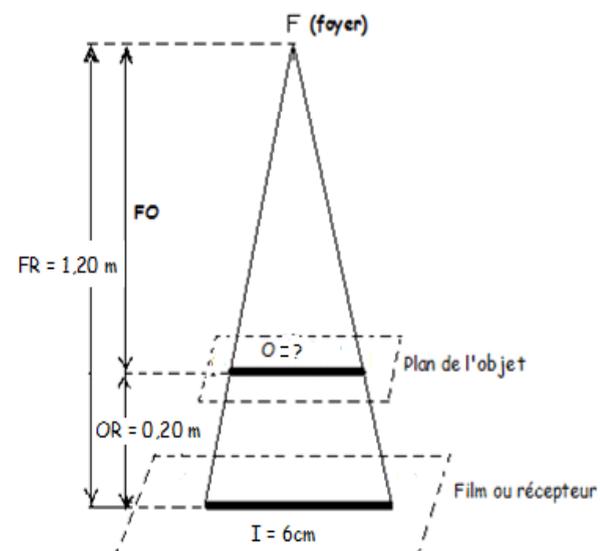
##### Exercices 2 :

On place dans chacun des deux conduits auditifs externes d'un sujet une bille métallique de 8 mm de diamètre, et on fait un cliché de profil gauche, avec une distance foyer-film de 0,75 m. Sachant que la distance entre les deux conduits auditifs externe est de 15 cm chez ce sujet. QUEL SERA LE DIAMETRE DE L'IMAAE DE CHACUNE DES BILLES, SUR LE FILM ?

##### SOLUTION :

1) Distance foyer-film (récepteur) ou  $FR = 1,20$  m,  
distance objet-film ou  $OR = 0,20$  m. Alors :  
distance foyer-organe ou  $FO = FR - OF = 1$  m.

L'agrandissement  $A_g = FR/FO = 1,2$ . Cela signifie que l'image  $I = 6$  cm de l'organe



## Formation et traitement de l'image

O est 1,2 fois plus grande que l'organe O lui-même :  $I = O \times 1,2$ . Donc, on veut connaître la longueur exacte de l'organe O, il faut diviser la longueur I de l'image par la valeur du grandissement  $A_g$ , c'est-à-dire par 1,2 :  $O = I / A_g = 5 \text{ cm}$ .

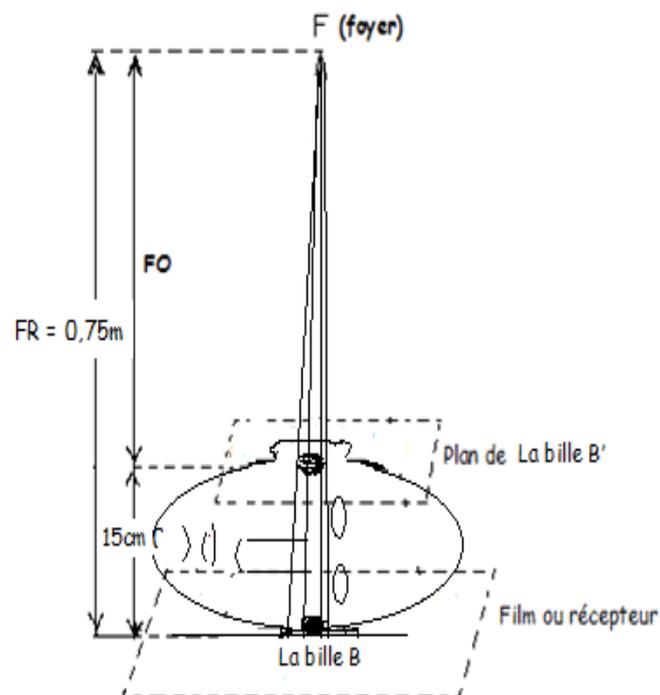
**Réponse : 5 cm.**

**N.B :** On ne doit déduire la longueur de l'objet à partir de l'image qu'avec précautions.

2) La bille B, placée dans le conduit auditif externe gauche est au contact du film, puisque le cliché est un profil gauche.

Le grandissement, donné par la formule  $A_g = FR / FO$ , ici  $A_g = FR / FB = 1$ , puisque la distance foyer-film (récepteur), est pratiquement égale à la distance foyer-bille FB :  $A_g = FR / FB = 0,75 / 0,75 = 1$ . Cela signifie que le diamètre de l'image, sur le film, est égal au diamètre de la bille B, c'est à dire à 8mm.

La bille B', placée dans le conduit auditif externe droite est 15cm du plan du film, puisque le cliché est un profil gauche ; elle est donc située à :  $0,75 - 0,15 = 0,60 \text{ m}$  du foyer. Le grandissement, donné par la formule  $A_g = FR / FO$ , ici  $A_g = FR / FB' = 0,75 / 0,60 = 1,25$ . Cela signifie que le diamètre de l'image, sur le film, est 1,25 fois plus grand que le diamètre de la bille B' est de 8mm, le diamètre de l'image sera :  $8 \times 1,25 = 10 \text{ mm}$ .



**Réponse :** Diamètre de l'image de la bille du côté gauche : 8mm. Diamètre de l'image de la bille du côté droit : 10mm

### CHAPITRE 2 : Le contraste en radiologie

Plan :

- I. Généralités
- II. Définition du contraste
- III. Type de contraste
- IV. Produits de contraste artificiels

#### I. Généralités :

L'information contenue dans l'image radiographique varie selon la nature du tissu traversé. Quatre tonalites (densités) fondamentales : os, muscle, graisse, air.

- **Densité calcique** : Plage plus ou moins blanche
  - **Densité hydrique** : gris clair
  - **Densité graisseuse** : gris foncé
  - **Densité aréique** : noir
- **Opacité ou hyperdensité, densification, condensation** : Il s'agit d'une image radiologique correspondant à des structures qui atténuent plus les rayons X que le voisinage. Sur un film radiographique standard, cette image sera plus blanche que les zones voisines. Zone de forte densité = (blanche).
- **Clarté ou transparence** : Il s'agit d'une image radiologique correspondant à des structures qui atténuent moins les rayons X que le voisinage. Sur un film radiographique standard, cette image sera plus sombre que les zones voisines. Zone de moindre densité = (sombre ou noire).

## Formation et traitement de l'image

---

- **Niche** : Opacité due à la présence dans la paroi d'un organe creux rempli de produit de contraste d'une cavité elle-même remplie de produit de contraste.
- **Lacune** : Clarté due à la présence dans un organe creux rempli de produit de contraste d'une zone non remplie.
- **Signe de la silhouette** : Deux structures de tonalités identiques ne pourront créer un contraste que si elles se situent dans des plans distincts transversaux au faisceau de rayons X.
- **Image construite** : Image formée par la réunion d'images correspondant à des structures anatomiques différentes.
- **Structure dense** : (leur Z élevé), comme l'os, atténue (absorbe) beaucoup le RX, et s'exprime en blanc : « il est **radio-opaque** »
- **Structure aérique** : (Z faible), comme les poumons, atténue peu le RX et apparaît sombre ou noire : « **hyper-clarté** »
- **Structure intermédiaire** : tissus mous peu contrastés, le contraste augmenté par des produits de contraste à Z élevé : Baryum (Z = 56) et l'Iode (Z = 53).
- **Artefact** : Image sans signification anatomique ni fonctionnelle, créée de toute pièce par l'appareillage ou les techniques de traitement.
- **Quelques exemples d'artéfacts** : Boutons sur un vêtement, Produit de contraste sur la table de radio, Natte dans les cheveux, Détérioration de la cassette ou des écrans...
- Le faisceau incident (qui est produit par le tube) **homogène** (I) est inégalement atténue (absorption, affaiblissement) par l'objet (organisme qui est un milieu hétérogène) sort **hétérogène** avec des intensités différentes I1 et I2 suivant les milieux traversés. Il constitue l'**image radiante** : non visible par l'œil. Pour quantifier cette différence : notion de *contraste radiologique*.

- L'atténuation est importante si le numéro atomique  $Z$  du milieu et la densité sont élevées (atomes lourds : os).
- **Z du milieu** : Tissus mous (H1 ; C6 ; N7 ; O8); - Os (P15 ; Ca20): atténuation importante.
- **Densités** : tissus mous (1060); graisse (0,900); eau (1000); Air (0,001)

### II. Définition du contraste :

*"Opposition entre deux choses dont l'une sert à faire remarquer l'autre"*  
(Littré).

- Différence de noircissement entre régions voisines.
- Différence de signal entre deux zones adjacentes de l'image. Il constitue la base informative de l'image radiologique ;
- Le contraste  $C$  entre deux points de l'image radiante d'intensité respective  $I_1$  et  $I_2$  :  $C = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2}$ . L'image apparaîtra très contrastée si  $I_2$  est nulle (atténuation totale) $\Rightarrow C = 1$ . L'image n'aura aucun contraste si  $I_1 = I_2$  (atténuation équivalente)  $\Rightarrow C = 0$
- Le contraste correspond aux différences d'intensité du noircissement de l'image. Une image d'un gris homogène n'apporte aucune information.

**La qualité de l'image et la pertinence du diagnostic sont directement liées au contraste.**

### III. Type de contraste :

Le contraste se définissant alors comme différence ou comme rapport entre deux valeurs. Il est donc essentiel de bien qualifier le type de contraste que l'on traite. On peut ainsi décrire :

#### III.1. Le contraste intrinsèque de l'objet ou *Contraste-Objet* :

## Formation et traitement de l'image

---

Dont les différences dans l'atténuation dépendent des caractéristiques du rayonnement et de l'objet (coefficients d'atténuation et épaisseur). Il est lié à l'interaction entre le rayonnement X et les composants chimiques de l'objet (les tissus). En chaque point du film l'image est due, d'une part au rayonnement transmis (restant après atténuation), et d'autre part au rayonnement diffusé. Le contraste dépend essentiellement de :

- **Épaisseur de la structure** que l'on veut observer (ex : l'os) et non de l'épaisseur totale traversée, plus la structure est fine, plus le contraste sera faible
- **Différence d'atténuation** entre la structure et le milieu environnant
- **Influence de la tension d'accélération** la variation de la tension en fonction du milieu à comparer :
  - Pour différencier muscle/graisse, il vaut mieux utiliser des basses énergies (la basse tension est celui de l'étude de l'os surtout si l'on désire reconnaître simultanément les tissus mous).
  - Pour différencier poumon/os, il vaut mieux utiliser des hautes énergies (La haute tension réduit le contraste os - tissu mou privilégie le contraste tissu mou - air).

### III.2. Le contraste radiant à la sortie de l'objet :

Le rayonnement X est modifié par la seule traversée de l'objet, associant rayonnement transmis et le rayonnement diffusé.

### III.3. Le contraste pré-film :

Il a subi l'effet correcteur de la grille anti-diffusante sur le contraste radiant.

III.4. **Contraste du détecteur** : Capacité du détecteur à convertir le faisceau de RX transmis à la sortie du patient en amplitude signal (détecteur électronique) ou en différente densité optique (film<sup>3</sup>). Il dépend de :

- La Composition et l'épaisseur du matériau (détecteur électronique ou film).
- Le Processus physique par lequel le détecteur converti les RX en signal optique ou électronique
- Le Spectre de RX à la sortie du patient

III.5. **Le contraste de l'image** :

Il résulte de l'interaction du film et du rayonnement.

III.6. **Contraste de visualisation** :

Contraste des images numériques qui peut être modifié en changeant les paramètres de visualisation qu'ils sont modifiés à partir de la table de conversion LUT. On peut modifier deux types de paramètres :

- **La fenêtre** : gamme de contraste que l'on va sélectionner plus ou moins importante selon la zone à visualiser
- **Le niveau moyen** : caractérise le centre de la fenêtre de visualisation.

*Les conditions de lecture et les traitements d'image* peuvent intervenir (soustraction photographique ou traitements électronique).

---

<sup>3</sup> Le contraste propre du film (aussi appelé improprement gamma du film) est la réponse du film au rayonnement.

**4. Les produits de contraste artificiels** : Pour une structure intermédiaire, peu contrasté (tissus mous) on augmente le contraste entre deux milieux par des produits de contraste (PC) qui sont utilisés pour majorer le contraste naturel des compartiments dans lesquels ils sont distribués ou éliminés. L'**iode** et les **sels de Baryum** sont les produits de contraste positif les plus employés, l'**air** constitue un contraste négatif. Leurs actions sont liées à leurs Z ou leurs poids moléculaire élevé ; Iode  $\Rightarrow Z = 53$ , Sulfate de Baryum  $\Rightarrow$  Baryte : PM = 233. Ces produits sont responsables d'un certain nombre de complications et sont considérés comme des médicaments (Allergie à l'iode  $\Rightarrow$  **CHOC ANAPHYLACTIQUE**).

La radiographie avec produits de contraste se traduit par une **opacification qui apparaîtra blanche sur l'image**  $\Rightarrow$  densité de type os.

- **Produits de Contraste radio transparents**, apparaissant **en noir** sur l'image, comme l'air ou un gaz ;
- **Produits de Contraste radio-opaques** (Z élevé), apparaissant **en blanc** sur l'image :
  - **Sulfate de baryum  $Ba\ So_4$  ou baryte** (Z = 56) pour radiographie du tube digestif : TOGD; transit du grêle, lavement baryté (colon);
  - **Produits de contraste iodés (PCI)** (Z = 53) utilisés pour opacifier les structures vasculaires (artériographie...), le LCR<sup>4</sup> (radiculo-saccographie, myélographie...), les voies d'éliminations (Urographie Intra Veineuse (UIV)...) et des cavités (cystographies, hystérogaphie...)
- Le Contraste radio-opaque peut être augmenté en insufflant dans un 2ème temps de l'air  $\Rightarrow$  **Technique en double contraste**.
- La technique **double contraste**  $\Rightarrow$  existence d'une **ligne noire** entourant la cavité étudiée  $\Rightarrow$  densité aérienne et osseuse.

---

<sup>4</sup> Liquide céphalo-rachidien.

- En radioprotection, le plomb Pb82 protège contre les Rayonnements Ionisants.

### CHAPITRE 3 : Netteté de l'image

Plan :

I. NETTETE

II. FLOU

III. SOLUTION POUR LE FLOU

IV. EXERCICE

I. LA NETTETE : Les contours de l'image doivent être nets, c'est-à-dire parfaitement délimités ; une ligne précise sépare les zones opaques sombres et claires. Les termes de *définition*, *résolution*, *netteté* sont utilisés indifféremment, mais à tort, pour décrire la qualité de netteté d'image.

II. FLOU<sup>5</sup> : Un flou est un manque de netteté de l'image : les contours des surfaces de densités différentes ne sont pas définis avec précision. Le flou est en fait inévitable. Plusieurs facteurs peuvent créer un flou pénalisant sur l'image qu'il faut savoir limiter. Quatre types de flou :

- Flou géométrique
- Flou liée au détecteur
- Flou cinétique
- Flou lié au rayonnement diffusé.

Ces 4 facteurs sont la conséquence de l'altération de la résolution spatiale et du bruit.

**Résolution spatiale** : C'est la plus petite distance qui doit séparer deux objets ponctuels pour pouvoir encore distinguer deux images radiographiques distinctes de ces objets.

---

<sup>5</sup> Défaut que l'on s'efforce de réduire.

## Formation et traitement de l'image

---

L'image d'un point sur un film radiographique n'est jamais ponctuelle. Elle se présente sous la forme d'une "tache" plus ou moins étalée et d'intensité décroissante du centre vers la périphérie.

**Bruit** : Incertitude ou imprécision avec laquelle le signal (la densité optique de l'image dans une région homogène) est enregistré. Ce signal indésirable perturbe le signal utile.

### 1. Flou géométrique ou le flou des bords de l'image:

Ce flou est dû au caractère non ponctuel du foyer du tube utilisé, la taille des foyers s'échelonne de 2mm à 0,1mm (pour la mammographie). Altération de la résolution spatiale car les Bords de l'organe sont interceptés par des RX provenant de différents points du foyer. L'usure d'un tube de Coolidge provoque souvent une augmentation de du flou géométrique. Plus le foyer est grand et plus le flou géométrique est important.

On reconnaît la formation de l'image d'un foyer (élargi pour la facilité de la démonstration) sur le bord fin d'un objet opaque. On peut distinguer trois zones de l'image :

- **Ombre** : aucun rayon provenant directement du foyer ne touche le film.
- **Lumière** : tout point du récepteur est en vue directe de la totalité du foyer ; l'éclairement est maximum.
- **Pénombre** : cette zone intermédiaire ne reçoit qu'une partie du rayonnement du foyer ; le passage de l'ombre à la lumière se fait progressivement et la limite entre ces deux zones est indistincte, floue.

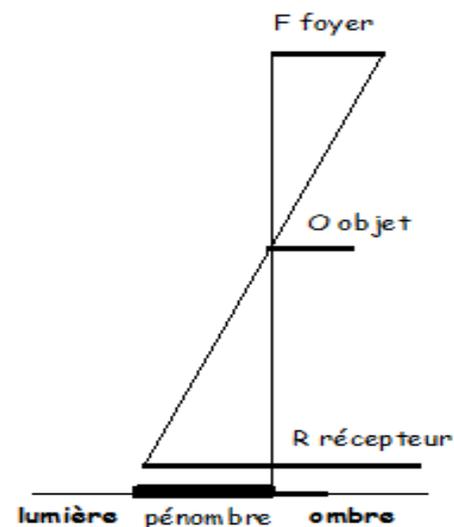


Figure 1 : flou géométrique.

On peut calculer que la zone A'B' ou flou géométrique Fg est fonction de la dimension du foyer et des distances Foyer - Objet - Récepteur de l'appareillage.

$$Fg / \text{Foyer} = OR / FO \quad \Rightarrow \quad Fg = (\text{Foyer} \times OR) / FO$$

Le **flou des bords de l'image** (le flou géométrique) est réduit :

- En approchant le patient le plus proche possible de la plaque (réduire la distance Objet - récepteur (OR)),
- En éloignant le tube (augmenter la distance Foyer - Objet (FO))
- En diminuant la taille du foyer en agissant sur le diaphragme

*Le flou géométrique est minimal lorsque la distance objet - récepteur est minimale. L'angle sous lequel le foyer est vu de l'objet est minimal.*

### 2. Flou lié au détecteur (récepteur) :

Le récepteur a une structure granuleuse, grains de bromure d'argent pour le film, grains luminescents de l'écran renforçateur ou de l'amplificateur de luminance et même structure de matrice d'un système numérisé. Une ligne droite de délimitation idéale se traduit donc par une ligne irrégulière et donc par une imprécision de contours.

La qualité de détection peut influencer la qualité de l'image en modifiant la résolution spatiale et le bruit.

La Qualité de détection selon le détecteur :

- Taille des grains des films d'argent.
- Résolution spatiale des détecteurs numériques.
- Pouvoir de résolution fini des détecteurs.

*La qualité de résolution spatiale du récepteur règle donc le degré de netteté de l'image.*

Il n'est pas possible de donner une formule géométrique de ce flou. On peut admettre que le flou approximatif d'un système ( $F_e$ ) d'écrans normaux est de l'ordre de 0,2 mm ; les écrans dits fins donnent un flou d'écran voisin de 0,15mm

### 3. Flou cinétique ou flou de mouvement :

## Formation et traitement de l'image

- Tout mouvement que se soit du patient ou de l'organe, de foyer radiogène et / ou du récepteur provoque un flou (Altération de la résolution spatiale)
- Si **mouvement volontaire** => **Immobilisation du patient**
  - Soit de manière **coopérative** (Arrêt de la respiration = **apnée**)
  - Soit par **contention** ou **préméditation** (Personnes âgées ou pédiatrie)
- Si le mouvement est **involontaire** (Battements cardiaque) => **Réduction du temps de pose** (courte durée de prise d'image).

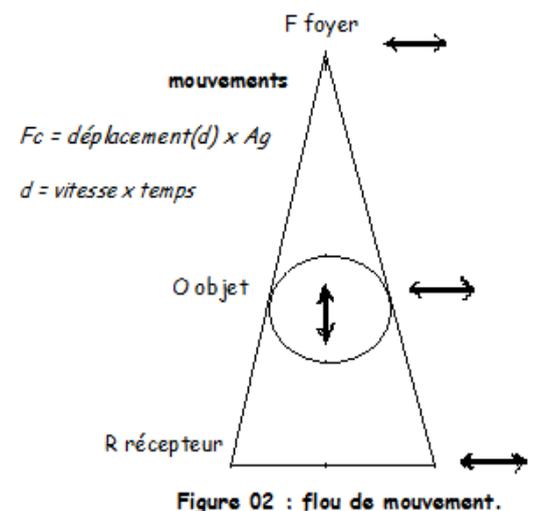
Sur la figure 02, on calcule  $F_c$  (flou cinétique) :  $F_c = \text{déplacement } (d) \times A_g$

Or, le déplacement est en fonction du temps de pose.

**Le déplacement** :  $d = \text{vitesse} \times \text{temps}$

$F_c = \text{vitesse} \times \text{temps} \times A_g$

Le flou cinétique d'objet est proportionnel à la vitesse du déplacement de l'objet, l'agrandissement inversement proportionnel au temps de pose.

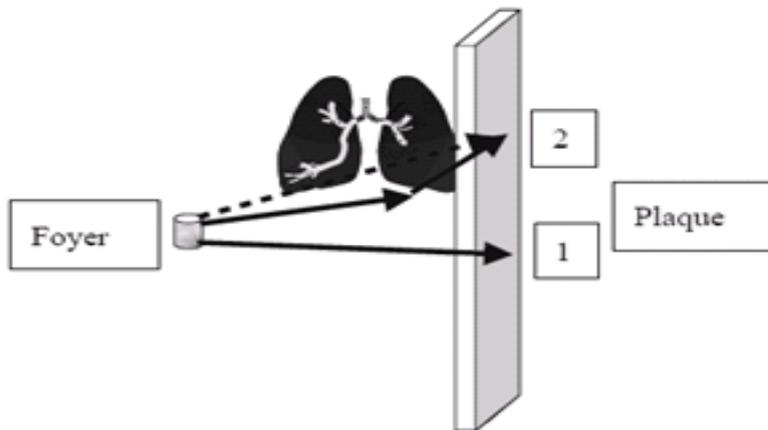


#### 4. Flou lié au rayonnement diffusé :

Tous les RX qui interagissent avec l'organisme ne sont pas totalement arrêtés par Effet Photoélectrique. Certains d'entre eux vont diffuser par Effet Compton et changer de direction => Jusqu'à 5 fois le rayonnement direct

**Points d'origine** : Patient, Table, Détecteur, Accessoires à proximité du faisceau RX

Ceci provoque un flou sur l'image. La position de détection de ces photons ne correspond pas à un trajet en ligne droite



1. Trajet direct d'un photon non atténué => Pas de flou
2. Diffusion Compton : le photon semble avoir suivi le trajet en pointillé => flou

Le rayonnement diffusé varie avec : La taille du faisceau, la distance source objet, l'épaisseur et la composition (Z) du patient et l'énergie du faisceau

Pour le diminuer, il faut :

- Diminuer le volume irradié => **Compression**
- Diminuer la taille du champ => **Localisateur et collimation**
- Utiliser une grille anti-diffusante
- Éloignement récepteur patient : L'augmentation de la distance sujet-film fait qu'une proportion importante de rayonnement diffusé ne parvient plus sur le film (« phénomène air gap » des anglo-saxons).
- Plaque de plomb derrière le film.

### 5. flou résultant :

Il est utile de faire une estimation du **flou résultant** total  $F_r$ , qui n'est pas la somme de chacun des flous. On peut assimiler le flou à l'incertitude de mesure en physique et utiliser la formule de composition des incertitudes de mesure :

$$F_r = \sqrt{F_g^2 + F_c^2 + F_e^2}$$

## Formation et traitement de l'image

---

Quelques essais de calcul à partir de cas réalistes montrent que le flou résultant est minimal lorsque les valeurs de chacun des flous ont une valeur absolue de même ordre c.-à-d. : le flou  $F_r$  est minimal quand  $F_g = F_c = F_e$ . Cette relation conditionne les choix du détecteur, du foyer et du temps de pose.

***Le flou résultant est minimal lorsque les valeurs de chacun des flous sont approximativement identiques.***

### III. SOLUTION POUR LE FLOU :

#### ***Diminution du flou géométrique :***

- Choix d'un **petit foyer** dans la mesure où il est compatible avec la charge demandée et que le temps de pose n'est pas trop long.
- **Diminution de la distance sujet-film** : il faut essayer de placer la structure intéressante le plus près possible du film.
- **Augmentation de la distance foyer-sujet** : malheureusement cela nécessite l'emploi de tube puissant et donc de gros foyer.

#### ***Diminution du flou cinétique :***

- Il faut **supprimer ou réduire les causes de mouvements** : apnée, immobilité, sangle, sacs de sable, appui sur statif, etc.
- **Réduction du temps de pose** mais cela nécessite un tube puissant et donc de gros foyer.
- Utilisation d'une gaine plombe et rempli avec de l'huile, utilisation des grilles anti diffusante focalisées

### IV. EXERCICE :

On fait un cliché des poumons de face à une distance foyer film de 100cm avec un temps de pose de 1/100ème seconde et on utilise un foyer de 0,6mm. Si le cœur de ce sujet situé à 10cm de la paroi abdominal antérieure et la Vitesse maximale des bords du cœur = 40 cm/s

1. Calculez le flou cinétique ?

## Formation et traitement de l'image

---

2. Calculez le flou géométrique ?
3. Recalculez ces flous :
  - a) si on refait ce cliché avec un foyer de 0,2mm ?
  - b) si on refait ce cliché avec une distance foyer film de 180cm ?
  - c) Si on refait ce cliché avec un temps de pose de 0,06s
4. On considère que le flou de récepteur est de 0,2mm. Calculez le flou résultant de ce cliché dans les deux cas ?
5. Quelle solution proposez-vous pour minimiser ou réduire ces flous ?

### Solutions :

$$F_c = \text{déplacement } (d) \times A_g$$

Or, le déplacement est en fonction du temps de pose.

$$\text{Le déplacement : } d = \text{vitesse} \times \text{temps} = 40 \times 0,01 = 0,4 \text{cm.}$$

$$A_g = F_R / F_O = 100/90 = 1,11$$

$$F_c = \text{vitesse} \times \text{temps} \times A_g = 0,4 \times 1,11 = 0,44 \text{cm} = 4,4 \text{mm}$$

a) Le flou cinétique reste le même (4,4mm) si l'on change le foyer

b) Si la DFF = 180cm,  $A_g = F_R / F_O = 180/170 = 1,05$  ALORS :

$$F_c = \text{vitesse} \times \text{temps} \times A_g = 0,4 \times 1,05 = 0,42 \text{cm} = 4,2 \text{mm}$$

c) Si le temps de pose = 0,06s Le déplacement :  $d = \text{vitesse} \times \text{temps}$

$$40 \times 0,06 = 2,4 \text{cm} \quad \text{ALORS : } F_c = 2,4 \times 1,11 = 2,66 \text{cm} = 26,6 \text{mm}$$

2. Le flou géométrique :  $F_g = (Foyer \times OR) / F_O$

3. le flou résultant:  $F_r = \sqrt{F_g^2 + F_c^2 + F_e^2}$

Solution pour le flou voir les pages 25/26

CHAPITRE 4 : MATERIEL PHOTOGRAPHIQUE

Plan :

- I. GRILLE ANTIDIFISANTE
- II. FILM RADIOGRAPHIQUE
- III. ÉCRANS RENFORÇATEUR
- IV. CASSETTES

I. GRILLE ANTIDIFISANTE :

Plaque de quelques millimètres d'épaisseur formée de la juxtaposition de lamelles de plomb séparées par de fines lames de matériau peu opaques aux rayons X. Les lamelles de plomb sont disposées sur la tranche de telle manière que le rayonnement transmis puisse passer entre-elles et que le rayonnement diffusé abordant la grille obliquement soit arrêté. L'ensemble de ces lamelles est placé dans une enveloppe n'arrêtant que peu les rayons X.

**PRINCIPE** : Arrête les RX diffusés, Diminue le voile sur l'image et Améliore le contraste.

**DESCRIPTION** : Plaque constituée d'un assemblage de lamelles de plomb séparées par un matériau radio-transparent.

□ **MOBILES** ou **Potter-Bucky** : Malgré leur orientation, les lames de plomb arrêtent une partie du rayonnement transmis (30 à 40%) ce qui crée une image de trame gênante sur l'image. Pour l'effacer, pendant le passage des rayons X, la grille est animée d'un mouvement d'oscillation (uniforme) perpendiculairement à l'axe des lames (flou cinétique) : c'est le principe du Potter-Bucky. **Système Potter Bucky** Trame de la grille non visible sur le film. *Grille mobile dans un système de Potter-Bucky (activation manuellement ou électriquement de la grille au moment de l'exposition radiographique.*

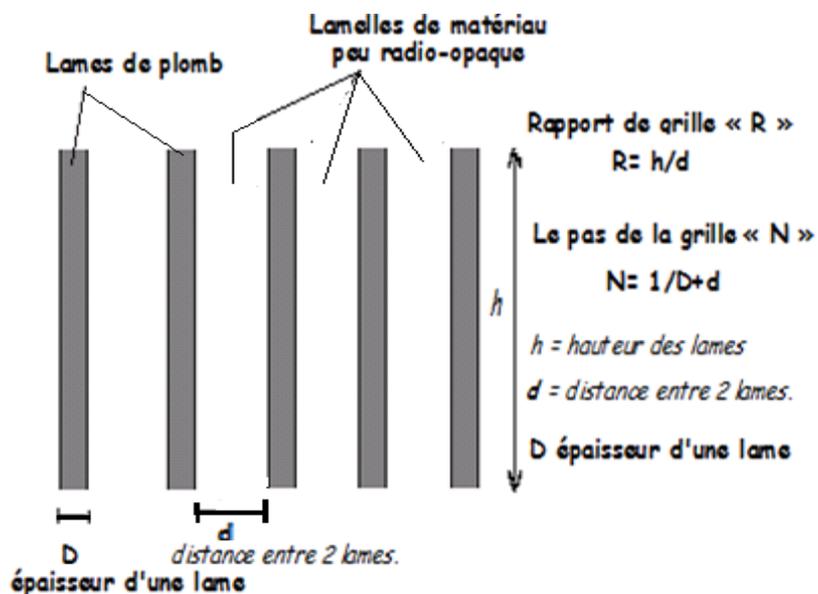
## Formation et traitement de l'image

- **FIXE ou Grille de Lysholm** : possède un nombre de lames de plomb très important, très fines et focalisées qui l'on utilise au lit du malade comme exemple. Trame de la grille visible sur le film.
- **NON FOCALISÉE** : les lamelles sont parallèles. Centre du faisceau de RX doit être PARFAITEMENT placé au centre de la grille. Effet de coupure de grille existe toujours en périphérie.
- **FOCALISÉE** : les lamelles sont orientées vers le foyer, le plan de toutes les lames passe par une ligne où doit se trouver le foyer du tube. La distance séparant la grille du foyer s'appelle **distance ou rayon de focalisation**<sup>6</sup>. Pour des raisons de normalisations les distances de focalisations sont les suivantes : 80cm, 90cm, 115cm et 150cm. Les lames sont d'autant plus inclinées qu'elles sont situées en périphérie de la grille. Pour les petite grilles fines, il existe des réseaux à lame parallèles dont la distance de focalisation est infinie ( $\infty$ ).

### CARACTÉRISTIQUES :

Plusieurs paramètres permettent de caractériser ces grilles :

- **Le pas de la grille « N »** : correspond aux nombres de lames par centimètre.  $N$  élevé = grille fine. Ombre de la grille moins visible sur le cliché.  $N$  est donné par la formule :  $N = 1/D+d$ .  $D$  = épaisseur d'une lame,  $d$  = distance entre 2 lames. Les pas habituels sont de 14, 24, 32, 44.



<sup>6</sup> Distance entre le plan de la grille et la ligne où se rencontrent tous les plans de toutes les lames.

## Formation et traitement de l'image

---

- **Rapport de grille « R »** : qui est le rapport entre la hauteur des lames et leurs écartement, définit leur pouvoir anti-diffusant :  $R = h/d$ .  $h$  = hauteur des lames,  $d$  = distance entre 2 lames. Plus  $R$  est élevé plus la grille est EFFICACE. Les rapports varient de 7 à 14.
- **Teneur en plomb** :  $(g/dm^2)$  = Épaisseur des lames. Grille lourde > 100g /dm<sup>2</sup>

**PLUS EFFICACE Grille légère < 50 g/dm<sup>2</sup>**

- **Coefficient d'absorption B** : est le facteur par lequel il faut multiplier les mAs pour compenser l'absorption des RX par la grille. **B=mAs AVEC grille/mAs SANS grille.**

### MODALITÉS D'UTILISATION :

Une grille anti-diffusante est indiquée :

- Quand l'épaisseur totale traversée est supérieure à 10cm et que la surface du faisceau dépasse 10cm de côté.
- Quand la tension est supérieure à 70Kv.

L'utilisation d'une grille nécessite quelques précautions :

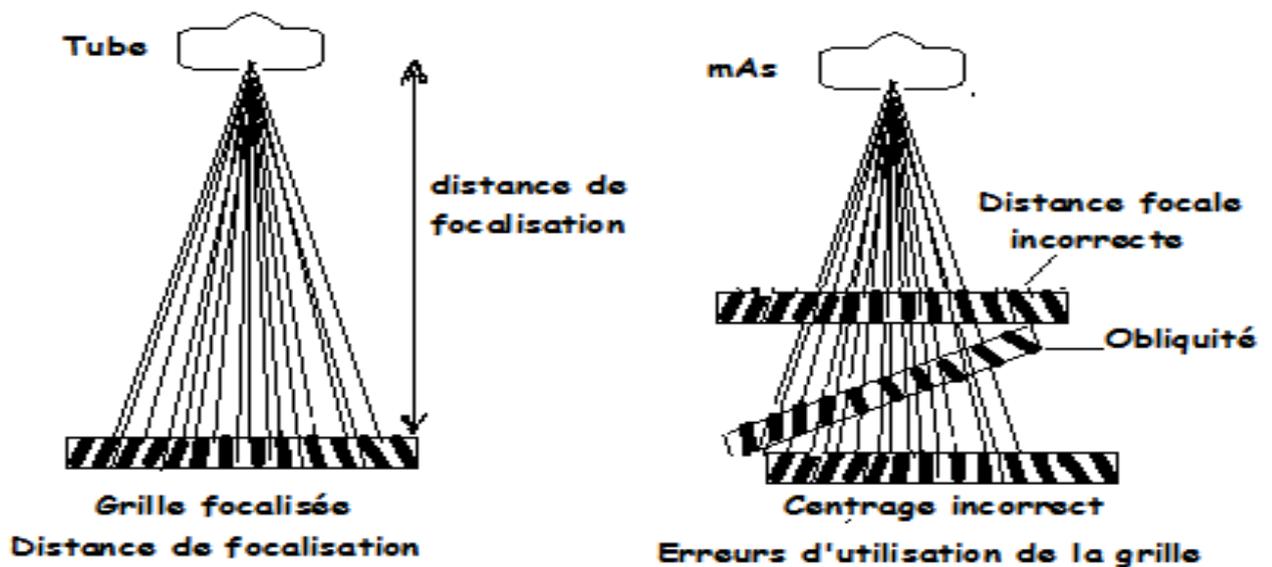
- Elle doit être **centrée** et placée **perpendiculairement** au rayon directeur pour éviter l'ombre de grille.
- Elle doit être placée à la **bonne distance de focalisation** ; la latitude de positionnement est d'autant plus étroite que le rapport de grille est élevé. Sens de focalisation de la grille doit être dirigée vers le tube.
- Elle nécessite une **augmentation des éléments** (mAs) car elle intercepte une partie du rayonnement (transmis et diffusé) **DONC** Ne peut être

## Formation et traitement de l'image

---

utilisée que si le générateur est assez puissant pour augmenter les mAs sans avoir à augmenter le temps.

**N.B : Facteur de Bucky B :** Chiffre par lequel doit être multiplié le temps de pose pour compenser l'utilisation de la grille anti-diffusante **B = mAs AVEC grille / mAs SANS grille**. L'emploi d'une grille triple ou double le temps d'exposition par rapport à un usage sans grille mais avec rayonnement diffusé de l'ordre de 2 à 6



## II. FILM RADIOGRAPHIQUE :

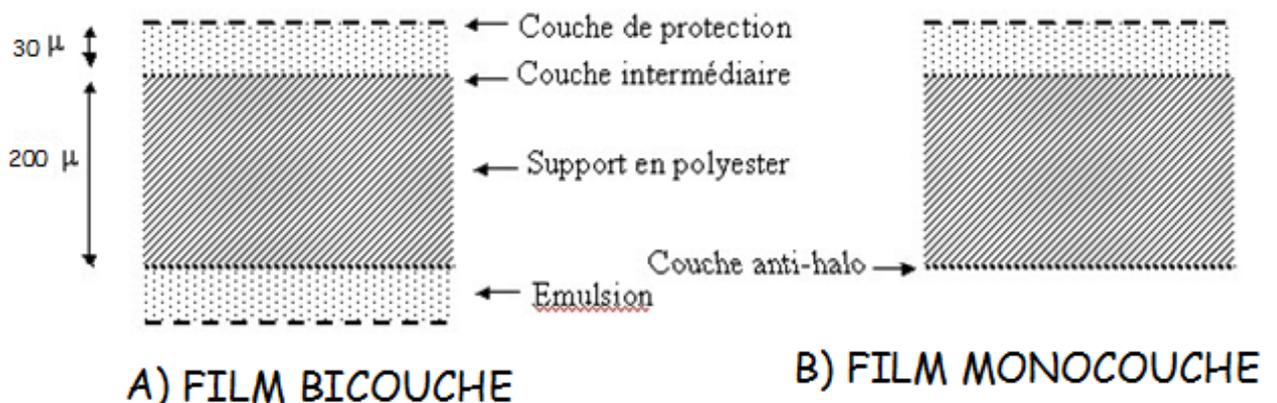
Le film photographique est, en radiologie utilisé sous deux aspects, d'une part de détecteur du rayonnement X, généralement associé à des écrans renforçateurs, et d'autre part comme enregistreur d'images.

**DESCRIPTION :** Une coupe du film présente successivement de l'intérieur vers l'extérieur, sur l'une ou les deux faces :

- **Le support :** une feuille de matière plastique transparente (polyester), épais de 200 microns environ ;

## Formation et traitement de l'image

- **L'émulsion<sup>7</sup>** : élément sensible à la lumière blanche et au rayonnement X et noircit après être exposée à l'un ou l'autre de ces types de radiations. L'émulsion est fragile et peut facilement être endommagée si elle n'est pas manipulée d'une manière correcte. Elle est formée de petits grains de bromure d'argent enrobés par de gélatine<sup>8</sup> (Chaque grain contient un million environ d'atomes d'argent). Au cours du développement le bromure sensibilisé libère l'argent métallique opaque à la lumière : c'est le noircissement du film. Elle forme une couche d'une épaisseur très voisine de 30 microns.
- **Une couche protectrice superficielle** : elle est perméable aux liquides de traitement agissant sur l'émulsion tout en assurant une protection mécanique, en particulier dans les traitements automatiques.



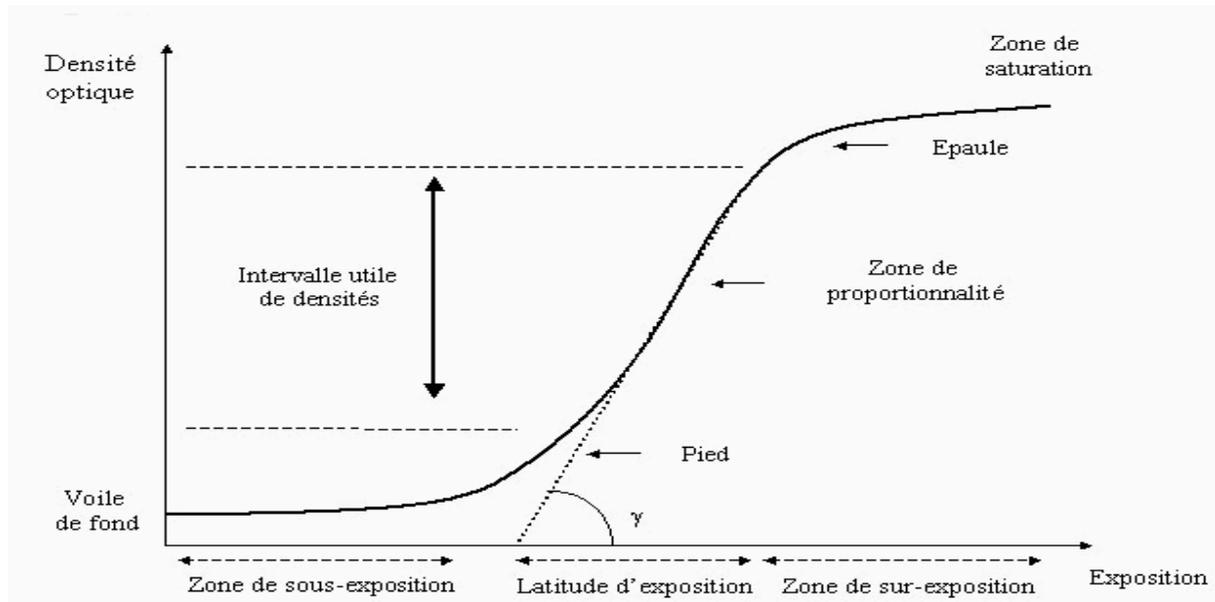
**L'IMAGE LATENTE OU RADIANTE** : Le film est impressionné par la lumière. Cet effet ne peut être détecté physiquement : l'image est dite latente (virtuelle). Elle est révélée par le traitement chimique. Les photons qui atteignent le grain de bromure d'argent dissocient ceux-ci, par effet

<sup>7</sup> Les rayons x noircissent une émulsion photographique : c'est le principe de la radiographie.

<sup>8</sup> Elle est extraite de la matrice protéique des os ou des tissus conjonctifs, c'est un *colloïde*.

## Formation et traitement de l'image

photo-électrique (arrachement d'un électron à l'ion  $\text{Br}^-$  qui devient atome Br), en atomes de brome et d'argent.  $\text{AgBr} + \text{photon} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{Br}^-$ .



**TYPES DE FILMS** : des films très variés sont utilisés en radiologie.

**1. Films sans écran** : ils sont exposés directement aux rayons x. L'émulsion à grains fin est colée en couche aussi épaisse que possible (0,03mm) qui recouvre les deux faces du support. Ces films utilisés lorsque l'image doit être fine et la région étudiée est peu épaisse (pour la radiographie des extrémités : doigts, orteils, nez, dents) et parties molles. Leurs utilisations nécessitent une exposition supérieure (5 à 10 fois par rapport aux films ordinaires). Les films sans écran posent des problèmes de traitement, en particulier en machine automatique. En radiologie médicale, ils sont aujourd'hui dépassés en commodité d'emploi, en résultats, coût et dose d'exposition par les couples film-écran monocouche. Ils gardent un intérêt en microradiographie.

**2. Couples film-écrans** : ils sont exposés à lumière émise par les écrans renforçateurs. Les écrans transforment une importante fraction de l'énergie

absorbée en lumière visible, bleue ou violette, qui impressionne le film. Cette conversion de rayons x en lumière permet de gagner un facteur de l'ordre de 5 à 10 dans la sensibilité. Les émulsions sont moins épaisses que celles des films sans écrans. Car la définition de l'image résultante est fixée par celle de l'écran renforçateur qui est plus grossière que celle du film.

**3. Films spéciaux :** L'image électronique produite par les appareillages récents (TDM, IRM, numérisation, écho) est diffusée sur film photographique ; il existe donc des émulsions adaptées à la couleur des tubes électroniques ou des lasers. Les papiers utilisés peuvent être argentiques ou constitués d'éléments chimiques photosensibles moins coûteux, et dont la faible sensibilité sera compensée par une exposition secondaire forte indépendante de la dose reçue par le malade. On voit même apparaître des imprimantes en noir et blanc ou couleur qui traitent point par point l'image, sans correspondre aux phénomènes photographiques.

**FORMATS DE FILMS :** Les formats les plus courants sont les suivants : 13X18, 18X24, 24X30, 30X40, 35X35, 36X43. Il existe aussi des plus gros formats (36X120) et des plus petits formats (film retro-alvéolaire).

**N.B :** un film qui n'a été exposé ni à la lumière ni au rayons x sera clair et transparent après le développement ; il ne doit pas y avoir de voile ni de trainées grises ou noires. Pour conserver les films en bon état il importe de les stocker et de les manipuler convenablement. On ne doit pas oublier les points suivants :

a) Une date figure sur chaque boîte de films. Cette date est imprimée par le fabricant et vous indique combien de temps un film est utilisable. Après cette date le film est trop ancien pour donner des résultats satisfaisants.

## Formation et traitement de l'image

b) Les films doivent être conservés le jour comme la nuit dans l'endroit le plus frais dont on dispose. Si les films sont conservés à une température élevée ils seront périmés plusieurs mois avant la date d'expiration figurant sur la boîte.

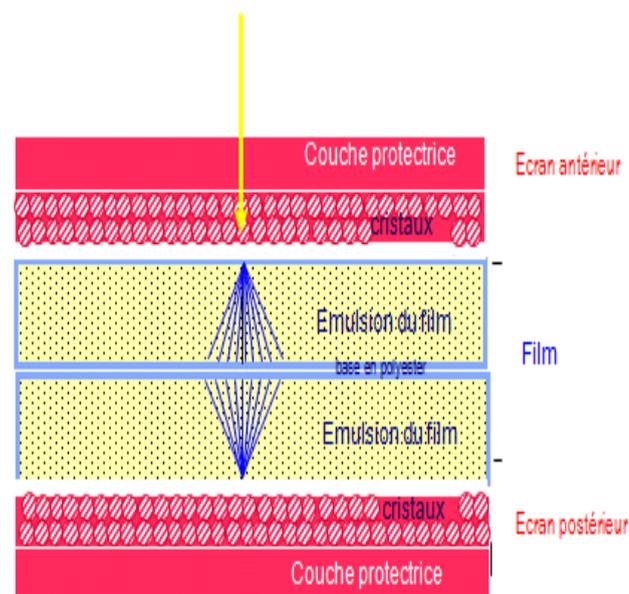
c) Tout film qui a été exposé accidentellement aux rayons x sera endommagé : il sera voilé. Ne jamais conserver les films dans la salle de radiographie ni dans un local voisin. Le plus sûr est de les stocker (dans leur emballage) avec d'autres produits, comme les denrées alimentaires et les médicaments. Ils ne doivent pas être stockés dans un endroit où ils risquent de prendre l'humidité ou d'être exposés à une émanation gazeuse quelconque (ammoniac, gaz combustibles, etc.).

d) les films radiographiques sont sensibles à la pression. Ne conservez pas les boîtes de films empilées les une sur les autres, mais installez-les sur une étagère, en position verticale, comme les livres sur un rayonnage.

e) le film radiographique s'érafle et se marque facilement. Ne touchez pas sa surface avec les ongles, ni avec d'autres objets durs, comme des ciseaux, des couteaux, des tournevis. Vous devez avoir les mains propres et sèches pour manipuler le film. Ne le pliez pas. Tenez-le à l'abri de poussière.

III. **ÉCRANS RENFORÇATEUR** : Les écrans transforment les photons x en photons lumineux qui impressionnent très fortement le film.

**PRINCIPE** : Amplifier l'effet des Rayonnement sur le film et Diminuer l'exposition au patient et



## Formation et traitement de l'image

---

au personnel, il permet de **diminué** aussi la puissance nécessaire du générateur pour produire une image de qualité.

**DESCRIPTION** : deux écrans un Ecran antérieur l'autre postérieur chaque écran constitué d'une couche protectrice superficielle et des couches de substance fluorescentes (le tungstate de calcium qui présente une émission dans le violet et l'ultra violet). Cette substance est collée sur une feuille de carton. Les écrans renforçateurs sont utilisés par paires.

**TYPE DES ECRANS** : on distingue plusieurs types d'écrans selon que la définition ou le pouvoir renforçateur est le facteur prédominant :

- **Haute définition** : grains fins, temps de pose longs
- **Standards** : grains de dimensions moyens.
- **Rapide et ultra-rapide** : gros grains, temps de pose plus court, mais l'image moins fine.
- **Les écrans dégressifs** : une moitié de l'écran est plus rapide que l'autre ce qui permet des radiographies des régions présentant des différences de transparence notable.

De nouveaux écrans sont actuellement proposés qui sont composés de sels fluorescents (sels de gadolinium et de lanthane). Ces sels ont une grande efficacité de conversion de rayon x en rayon lumineux.

*Ces écrans permettent une amélioration de contraste de l'image, une moindre sensibilité au rayonnement diffusé, l'utilisation d'un foyer plus fin et surtout une réduction importante de l'intensité et du kilo-voltage.*

**N.B** : Les écrans doivent être **vérifiés et nettoyés** régulièrement en utilisant un produit non agressif. Les corps étrangers (poussière ou grains de sable) pénétrant dans la cassette peuvent rayer et abîmer les écrans. Ceux-ci peuvent

aussi facilement endommagés par les ongles ou d'autres objets durs. Pour extraire le film d'une cassette, **n'utilisez pas vos ongles** mais retournez la cassette et laissez le film sortir seul.

Les produits chimiques utilisés pour le développement abiment les écrans. **Evitez les éclaboussures** provenant des bains, **veillez à ne pas répandre de produit chimique** en poudre et assurez-vous qu'il n'y a pas de produits sur vos doigts ni sur le plan de travail lorsque vous chargez et déchargez les cassettes.

#### IV. LES CASSETTES :

Se sont des boîtiers métalliques s'ouvrant comme un livre et assurant un contact intime entre écrans et films. Les cassettes protègent le film de la lumière du jour, leur conception générale reste peu modifiée actuellement : la paroi exposée aux rayons x est constituée par une plaque d'aluminium qui permettent le passage des rayons x jusqu'au film, la paroi opposée, également en aluminium, est recouverte d'une feuille de plomb qui stoppe les rayons x et absorbe le rayonnement diffusé en retour.

Il importe de maintenir les cassettes en bon état, faute de quoi les films exposés qu'elles renferment peuvent être endommagés. La lumière du jour peut pénétrer dans la cassette si cette dernière est en mauvais état ; si elle est tombée ou si elle a été rangée sous un objet lourd, elle se déforme et peut laisser pénétrer la lumière sur le film, même si les côtés apparaissent correctement fermés.

**N'employez jamais** de tournevis, de clé, de ciseaux, de couteau ni un objet similaire quelconque au voisinage d'une cassette ouverte, et encore moins à l'intérieur.

## CHAPITRE 5 : Traitement chimique du film

Plan :

- I. LABORATOIRE DE DEVELOPPEMENT
  - II. LA LUMIERE INACTINIQUE
  - III. DEVELOPPEMENT DU FILM
  - IV. ERREURS ET ARTEFACTS
- I. LABORATOIRE DE DEVELOPPEMENT ou la chambre noire :

Il s'agit plus précisément d'une pièce obscure, c'est-à-dire de couleur claire mais sans apport lumineux extérieur (Obscurité totale). Elle permettant à la fois le stockage partiel des films vierges et le chargement des cassettes, ainsi que le traitement chimique des films exposés. Aucune lumière extérieure même infime ne doit pénétrer (sas d'entrée ou porte étanche fermant à clé). Un éclairage inactinique est utilisé. Pour le confort des personnels, aides de radio passant la journée dans ces pièces, la peinture des murs est généralement très claire.

La pièce utilisée comme chambre noire sera donc suffisamment vaste, mais sans excès. Elle sera située à proximité immédiate de la salle de radiologie, communiquant avec elle par un sas à **double porte** ou un **labyrinthe**<sup>9</sup> (couloir en chicane évitant toute pénétration de lumière mais permettant l'entrée et la sortie facile). Si les deux pièces ont un mur commun, ce qui de loin est la meilleure solution (à condition toute fois qu'il soit étanche aux rayons x), un passe-cassette simple ou mieux double pourra y être aménagé. Ainsi seront considérablement améliorées les conditions et la rapidité de travail.

Lorsque la porte de la chambre noire est fermée, **aucune lumière ne doit y pénétrer**, pour le vérifier entrez dans la chambre noire, fermez la porte et restez dans l'obscurité pendant 10 minutes, regardez alors soigneusement tout

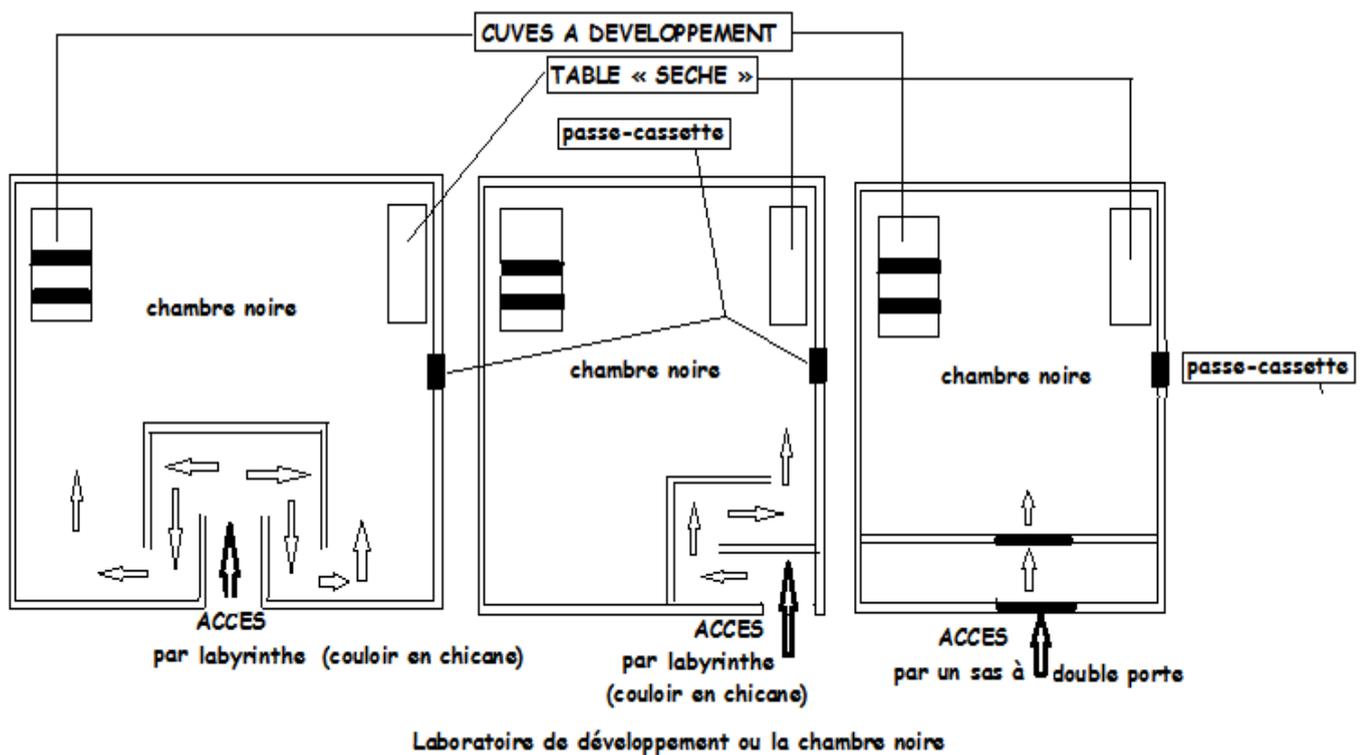
---

<sup>9</sup> Il faut que la lumière extérieure subisse plusieurs réflexions.

## Formation et traitement de l'image

autour de vous à la recherche d'un filet de lumière pouvant pénétrer dans la chambre noire par des trous ou des fissures ; bouchez ces trous, empêchant ainsi la lumière de passer. Contrôlez la chambre noire à différents moments de la journée pour tenir compte du changement de direction des rayons du soleil.

La chambre noire doit être constamment maintenue en état de propreté. Le plan de travail (ou la table), de même que le sol, doivent être propres et secs (pas de poussière, de saleté ou d'humidité à l'endroit où les films et les cassettes sont manipulés).



## II. LA LUMIERE INACTINIQUE ou anti-actinique :

Elle peut être verte, orange, rouge, jaune ou brune. Elle ne devrait pas agir sur le film ; elle dépend du type de ce dernier. Examiner l'emballage des films radiographiques. Le fabricant a inscrit sur la boîte les caractéristiques du filtre coloré exigé pour le développement du film. Les films sont donc censés être

## Formation et traitement de l'image

---

insensibles à cette lumière ; en fait, cela n'est vrai que pour des temps brefs d'exposition (temps de transfert de la cassette à la développeuse). Toutes les lanternes anti-actiniques doivent être à 1,3m au moins au-dessus du plan de travail et leur lumière dirigée de préférence vers le haut. La puissance de l'ampoule utilisée dans la lampe anti-actinique ne doit jamais dépasser 25 watts (15 W de préférence).

**La qualité de cet inactinisme doit être vérifiée** ; le film est, dans le noir absolu, sorti de sa boîte et posé sur la table sèche :

- Une moitié est immédiatement recouverte par un objet opaque,
- L'autre moitié est laissée libre, mais on peut y poser un objet opaque fait d'éléments fins (pièce de monnaie, trousseau de clé ou paire de ciseaux).

On le laisse ainsi 1 minute exposé à la seule lumière des lampes anti-actiniques dans puis on le développe :

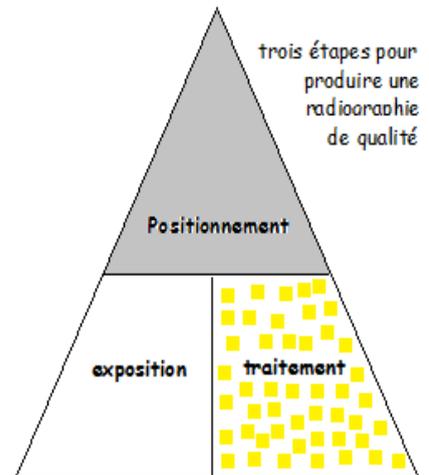
- Si le film traité est parfaitement transparent on peut affirmer l'absence de voile dans le stockage ou par une lumière parasite ou par la lumière inactinique de la chambre noire.
- Si le film révèle la silhouette des objets qu'on déposés, c'est qu'il y a trop de lumière dans la chambre noire. Vous devez en trouver l'origine, ou alors tous les films développés seront détériorés. Posez-vous alors les questions suivantes :
  - Le filtre coloré est-il endommagé ? Vérifiez le filtre pour vous assurer qu'il n'est pas boursoufflé, rayé ou qu'il n'est pas décoloré.
  - L'ampoule est-elle trop puissant ? Assurez-vous que c'est bien une ampoule de 25 watts ou plus.
  - Les lampes inactiniques sont-elles trop nombreuses ?

## Formation et traitement de l'image

---

Les problèmes de voile de chambre noire se rencontrent essentiellement dans deux catégories des cas :

- Films développés en série, vasculaire, digestif, tomographie, si on laisse les films sortis du récepteur en attente du passage dans la machine ;
- Films sensibles à des écrans verts développés à la lumière Jaune.



### III. DEVELOPPEMENT DU FILM :

L'image latente dans l'émulsion doit subir un traitement pour donner une image visible et stable : c'est le but du traitement. Le développement est une série d'opérations au cours desquelles une image va se former dans le film exposé.

**A. Etapes du développement** : révélation, fixation, Rinçage et séchage.

#### 1. La révélation :

L'image latente est révélée lors du développement (les deux termes, révélation et développement sont à l'origine équivalents, mais le deuxième est généralement utilisé pour l'ensemble du traitement du film).

C'est la réaction de réduction qui est plus rapide sur les cristaux qui ont au préalable subi l'action de la lumière des écrans (ou des RX).

Après irradiation par lumière des écrans : Un petit nombre d'ions Ag sont réduits en Ag métallique créant des points de sensibilisation :  $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ . Après action du révélateur : L'action de réduction du révélateur est potentialisée dans les cristaux possédant un point de sensibilisation

#### Révélateur :

- **Sa composition** : C'est une solution mise au contact de l'émulsion sèche. Elle commence par hydrater celle-ci. Les corps chimiques peuvent alors diffuser

## Formation et traitement de l'image

---

dans un milieu quasi-liquide et accéder aux grains sensibles. La composition chimique du révélateur est complexe, elle associe :

- ✓ Réducteur : hydroquinone, génol, phénidone, etc., généralement en association synergique.
  - ✓ Antioxydant limitant l'oxydation de ces réducteurs par l'oxygène de l'air.
  - ✓ Des Alcalinisants.
  - ✓ Des Produits antivoile (Bromure de Potassium), protégeant les grains non exposés du film.
- **L'eau de préparation** : Elle doit avoir un minimum de qualités, absence de corps étrangers (filtration), dureté calcaire modérée.
  - **Altération du révélateur** : Les réactions chimiques de révélation diminuent la concentration du révélateur en produits actifs. Le révélateur s'use à l'usage ou avec le temps sans usage et doit donc être régénéré, soit en fonction du délai depuis la préparation, soit de la surface traitée (les films seront ensuite sous-développés).

### Le processus de révélation :

- **Réduction de l'argent** : Ce processus chimique transforme les atomes d'argent inclus dans le cristal de Bromure d'Argent (sous forme de  $\text{Br}^-$  et  $\text{Ag}^+$ ) en atomes d'Argent libre ( $\text{Ag}$ ), par réduction.
- **Catalyse par l'argent réduit** : Le phénomène de réduction est catalysé par la présence d'atomes d'Argent libérés dans l'image latente ; seuls les cristaux frappés par un photon et donc porteurs d'un tel atome libre d'Ag (germe de développement) seront totalement réduits en Ag et Br.
- **Multiplication des atomes d'argent** : Le développement d'un cristal de Br Ag multiplie le nombre d'atomes d'argent réduits dans un rapport de 1 à 1000 000. Si le temps de révélation est raccourci, tous les atomes

## Formation et traitement de l'image

---

d'argent ne pourront être réduits. S'il est trop long, les grains déjà réduits laisseront diffuser quelques atomes d'argent vers les cristaux non exposés et catalyseront la réduction de ceux-ci et avec le temps tous les cristaux seront réduits. **Le temps de révélation passe donc par un optimum.**

- **Conditions optimales :** Température = 20°C, Temps = 5 mn, Concentration indiquée par le fabricant et le bain doit être changé régulièrement.
- **Problème de révélateur :**

<b>RADIOGRAPHIE</b>	<b>PROBLEME DE DEVELOPPEMENT</b>
Trop claire	Température ou durée trop faible
Trop foncée	Température ou durée trop élevée
Trop claire	Révélateur contaminé ou appauvri (à remplacer ou à régénérer)
Trop foncée (voile)	Révélateur surconcentré

### 2. Fixage de l'image :

C'est l'élimination des ions  $Ag^+$  non précipités. Après la révélation l'émulsion contient, dans la gélatine hydratée, des grains de  $Br Ag$  intacts car non exposés, des atomes de  $Br$  et d' $Ag$ . Les grains de  $Br Ag$  restent sensibles à la lumière et le film révélé non fixé ne peut être exposé à la lumière sans que les grains restants soient à leur tour exposés donc noircis.

Brome et Bromure d'Argent sont solubilisés par une solution d'hyposulfite de sodium ; d'où le nom de débromuration, également employé autrefois. Ces

éléments en solution dans la gélatine diffusent vers le révélateur pour une grande partie.

- **Les deux phases du fixage** : Le fixage évolue en deux phases apparentes : pendant la première les zones non exposées prennent un aspect laiteux (en lumière inactinique), puis transparent, à mesure que les éléments solubles disparaissent de la gélatine. Un temps équivalent est encore nécessaire pour traiter la totalité du bromure d'argent non réduit et les atomes de Brome. Les grains de bromure d'argent non éliminés, restés dans la gélatine noirciront avec le temps et l'image brunira et se détruira en plusieurs mois ou années.
- **Évacuation du fixateur** : Le fixateur utilisé est un sel chargé en Argent qu'il convient de récupérer (par électrolyse) ; le métal Argent récupéré représente plusieurs milliers de Dinard par an et par machine. Éventuellement le fixateur pourra être régénéré puis recyclé après extraction de l'Argent.
- **Conditions optimales** : Température = 20°C, Temps = 5 à 10 mn (le film ne subira aucun dommage s'il y reste plus de 5 minutes). Il ne doit y aucune lumière blanche dans la chambre noire pendant les 3 premières minutes du fixage.

### 3. Lavage ou rinçage :

Élimination de l'excès de fixateur. La gélatine contient encore après fixage des molécules de fixateur, de bromure qui est éliminé par un lavage prolongé final. Seul l'Argent noirci non soluble persiste dans la gélatine. Mauvais rinçage = jaunissement du film. Le traitement manuel des films photo ou radio prévoit en plus un lavage intermédiaire entre révélation et fixage pour économiser le fixateur (le révélateur basique restant pourrait neutraliser en partie l'acidité du

fixateur et en réduire l'action). Dans les machines à développer automatiques un essorage entre les rouleaux remplace le lavage intermédiaire.

#### 4. Séchage :

Le film doit alors être séché, car l'émulsion humide est fragile. Assuré par simple exposition à l'air pendant plusieurs heures à l'origine, il a été accéléré par l'air chaud ou même par un rayonnement infrarouge.

### B. MODES DE DÉVELOPPEMENT :

Le développement du film est aujourd'hui réalisé habituellement par des matériels automatiques.

#### a) Rappel sur le développement manuel :

Dans une chambre noire le film est sorti de la cassette, fixé aux quatre coins sur un cadre qui le tend et le rigidifie. Ce cadre est plongé successivement, pendant des durées déterminées dans des bains : révélateur (5 minutes), lavage intermédiaire (très bref), fixateur (10 minutes), lavage final (20 minutes), puis séchage à l'air libre ou dans un courant d'air chaud.

**Matériel nécessaire :** 3 à 4 cuves 10-20 L, Flotteur + couvercle, Thermomètre, Résistance et Minuterie guidant les temps de traitement.

**Respect du protocole :** Température 20-22° C, Durée 3-5 mn, Qualité des bains (renouvellement tous les 2 mois) et Dilution.

Chaque matin, une régénération est assurée en complétant les niveaux dans les cuves ; lorsque l'on n'utilise pas les bains il est conseillé de placer un couvercle flottant empêchant l'oxydation du révélateur.

Il est possible de surveiller la révélation sur le film en l'inspectant à la lumière inactinique. Un sous-développement par raccourcissement du temps est possible lorsque le cliché est surexposé accidentellement ou intentionnellement. Le résultat est d'abord observé sur le film humide.

### **b) Le développement automatique : par une machine à développer**

Toutes les développeuses automatiques utilisent la même méthode. Le film, sorti de la cassette dans le noir relatif (lumière inactinique) placée à l'entrée de la développeuse, est entraîné par une cascade de rouleaux successivement dans les 3 cuves (révélateur, fixage, lavage), puis à travers une sécheuse (air chaud ou infrarouge).

Le traitement complet dur 90 ou 120 secondes à une température voisine de 35deg.

Un palpeur détecte la présence du film et ses dimensions ; ce qui déclenche l'injection de révélateur et fixateur pour régénération (soit forfaitairement à raison d'un volume constant pour un film que soit la dimension, soit selon la surface traitée).

Suivre scrupuleusement les recommandations du fabricant relatives à la durée et à la température de traitement.

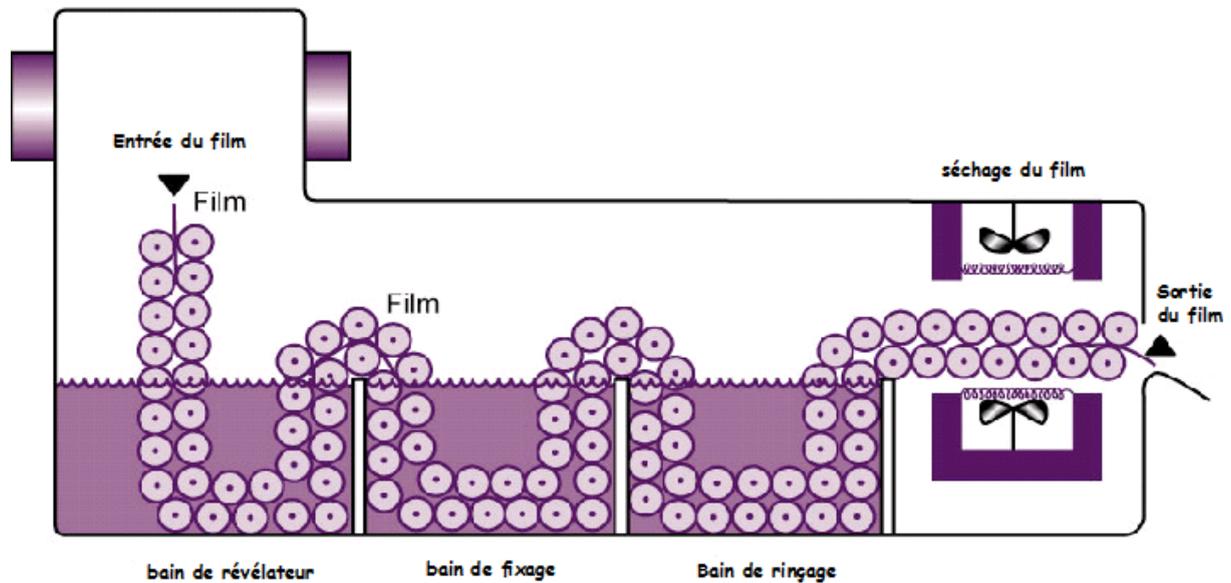
Il convient donc de toujours vérifier la température du révélateur des machines à développer automatiques, étant donné que les éléments chauffants peuvent surchauffer ou tomber en panne.

La dilution, le mélange et le chargement des produits doivent également être respectés minutieusement.

## Formation et traitement de l'image

---

Le fixateur doit toujours être versé dans la développeuse en premier, étant donné que la moindre éclaboussure de fixateur dans le révélateur peut considérablement dégrader ce dernier.



Plan de coupe d'une machine à développer.

### **Contrôle de la développeuse :**

En dehors des manœuvres de maintenance spécifiques, la surveillance du fonctionnement peut être assurée par le traitement de films tests spéciaux dont on vérifie au densitomètre la conformité aux paramètres normaux.

### **Défauts de fonctionnement :**

Les machines à développer sont généralement fiables. Cependant des anomalies peuvent être reconnues lorsque l'on est très exigeant comme en mammographie :

- la régénération peut n'être pas adaptée pour les films monocouches,

## Formation et traitement de l'image

---

- de légers défauts de surface consécutifs à des irrégularités des rouleaux d'entraînement ne sont reconnus qu'à la loupe et peuvent simuler des micro-calcifications ou laisser des griffures longitudinales ou des taches.
- mais un mauvais réglage, des négligences d'entretien peuvent être responsables de divers défauts de surface ou de noircissement.

Il apparaît aujourd'hui indispensable de vérifier les qualités de développement

### **c) Développement "sans chimie" :**

En 1995, la société 3M a présenté un système « Dry view » où le traitement d'un film spécial est assuré, non par des produits chimiques externes, mais par un effet thermique. Les résultats de ce système seraient équivalents à ceux des films classiques.

### **d) Système de développement plein jour ou Chargeurs-déchargeurs de cassettes :**

Divers systèmes (une développeuse, chargeur-déchargeur de cassette et un marqueur plein jour) suppriment la chambre noire.

Dans un appareil à l'abri de la lumière :

- Les cassettes sont vidées de leur film qui est envoyé dans la développeuse,
- Un film du format correspondant est amené dans la cassette qui est aussitôt utilisable,
- Seuls les formats courants sont traités ; les divers types de machines "plein jour" ne traitent que 5 ou 7 formats ou types de films, or un service utilise souvent 6 ou 7 formats de films pour écrans normaux et 1 ou 2 formats monocouche ou spéciaux.

## Formation et traitement de l'image

---

La chambre noire reste nécessaire pour traiter des films spéciaux, 30x120, Ampli-photographie, films vasculaires ; or ces systèmes plein jour sont généralement incompatibles avec une chambre système.

Malgré leur fiabilité apparente les développeuses sont une source fréquente de dysfonctionnement, souvent de cause accessible aux radiologues ou aides radio. Les pannes sont d'autant plus gênantes que souvent une seule machine à développer assure le fonctionnement d'un groupe de salles de radio.

### IV. ERREURS ET ARTEFACTS :

#### **Le sous-développement<sup>10</sup> :**

Il est lié à une qualité insuffisante du révélateur :

- Mauvaise préparation,
- Défaut de régénération (cuve de régénération, pompe en panne, tuyau comprimé entre cuve de réserve et cuve de traitement),
- Température insuffisante (délais depuis la mise en route insuffisants ou thermo-station incorrecte).

#### **Le surdéveloppement :**

Le film surdéveloppé présente un aspect grisâtre, même dans les zones non exposées. Il est dû le plus souvent à un dérèglement du thermostat ou du système de refroidissement des bains.

**L'insuffisance de fixation :** Elle est plus difficile à reconnaître ; une humidité de l'émulsion à la sortie de la machine peut y faire penser, car les éléments solubles

---

<sup>10</sup> Un film normalement exposé et fixé sans révélation a l'opacité de base seulement (il est transparent !), comme un film non exposé, révélé et fixé.

## Formation et traitement de l'image

---

contenus dans la gélatine n'ont pas été totalement extraits et retiennent de l'eau dans la gélatine.

<p>Trop foncé</p> <p>(voile)</p> <p>(semblable à un voile)</p>	<p>Temps d'exposition trop long</p> <p>Température de la développeuse trop élevée</p> <p>Temps de développement trop long</p> <p>kV trop élevé</p> <p>Révéléateur surconcentré</p> <p>Filtre inactinique inadéquat</p>
<p>Trop clair</p>	<p>Temps d'exposition trop court</p> <p>kV trop faible</p> <p>Température de la développeuse trop faible</p> <p>Temps de développement trop court</p> <p>Révéléateur contaminé ou appauvri (à remplacer ou à régénérer)</p>

Trop de contraste	kV faible
Trop délavé ou trop gris	kV élevé
Structures floues	Mouvement du patient
Images multiples sur le film	Double exposition
Bruit/grain excessif	Films stockés dans un endroit humide ou chaud
Zone rectangulaire foncée sur le film	Chevauchement pendant le développement
Bord foncé sur le film	Film exposé à la lumière avant insertion dans la développeuse
Traces de doigt	Tenir le film par les bords avec des mains propres et sèches
Taches foncées	Taches de révélateur
Taches blanches	Taches de fixateur
Striures ou rayures claires	Déchirures de l'émulsion
Taches foncées reproductibles	Rouleaux sales dans la machine à développer
Taches foncées de formes aléatoires ou en arborescence	Electricité statique due à des conditions trop sèches

## CHAPITRE 6 : Les paramètres d'exposition

Plan :

- I. INTRODUCTION
- II. LES CONSTANTES D'EXPOSITION
- III. CHOIX DES ELEMENTS EN RADIOGRAPHIE
- IV. CORRECTION DU REGLAGE ELECTRIQUE
- V. EXERCICES

### I. INTRODUCTION :

Un faisceau<sup>11</sup> de rayons X homogène est plus ou moins absorbé selon les structures anatomiques rencontrées : il y a perte de son homogénéité et création d'**ombres portées** qui constituent l'**image radiante**. C'est le principe de la radiographie.

Lorsque l'incidence a été correctement exécutée, un dernier problème reste à résoudre : celui de l'obtention d'un cliché photographiquement réussi et judicieusement contrasté.

Agir ainsi n'est pas seulement viser à satisfaire une élégance professionnelle bien légitime, mais plus encore, c'est prendre une sage précaution car il est bien difficile d'interpréter correctement un mauvais film.

Passons en revue les différents facteurs qui constituent ce qu'en argot de métier, on appelle les **éléments**.

**II. LES CONSTANTES D'EXPOSITION** : ce sont des valeurs standards à adapter à la morphologie du patient...

- La quantité des électrons qui vont traverser la matière (milliampère)
- La vitesse de ces électrons (kilo voltage)
- La durée d'exposition (temps de pose)

---

<sup>11</sup> Il s'agit de l'ensemble des photons émis dans une direction donnée par une source de petite dimension extérieure à l'organisme.

Le choix des réglages d'exposition kV, mA et temps d'exposition est fait en fonction de l'organe à radiographier et de la corpulence du patient, d'une part, des possibilités du tube et du générateur, d'autre part.

### III. CHOIX DES ELEMENTS EN RADIOGRAPHIE :

1. **La tension ou qualité des rayons x (Kv)** : différence de potentiel appliquée aux bornes du tube RX, les **kV** modifie la **qualité du faisceau** => durcissement du faisceau :

- La pénétration des rayons x
- L'**énergie** des RX (l'efficacité photographique du rayonnement).
- Le domaine du **contraste** d'objet.

**Rôle des kilovolts :**

- **Accélération des électrons** en direction de l'anode
- Règle la vitesse des électrons
- **Energie** des RX = pouvoir de pénétration

**Réglage de la tension du tube** : est à la fois le plus important et le plus efficace : une faible variation de la tension détermine une variation rapide de plusieurs facteurs. Son augmentation améliore la pénétration des rayons X et donc la fluence de l'image radiante et en même temps modifie la qualité de l'image (photons plus énergétiques). C'est le paramètre à **régler en premier lieu**.

Plus la **tension (kv)** est élevée :

- Plus la **Pénétration** des rayons X est grande et mieux on traverse les organes épais et opaques.
- Plus étroit est le domaine du **contraste** d'objet donc moins contrastée est l'image d'un objet dont les opacités extrêmes sont données.
- Plus efficace est l'action du rayonnement sur film.

**Energies utilisées en imagerie médicale** : La tension accélératrice est réglable entre 25 et 130 Kv.

- Rayons X 25-50 kV: les rayons mous
- Rayons X 60-70 kV: les rayons intermédiaires
- Rayons X 100-130 kV: les rayons durs

2. **Intensité ou le débit des rayons X (mA)** : **Intensité** du circuit de préparation de la cathode. Les intensités choisies varient en fonction de l'appareillage utilisé et de la puissance du tube. Les fortes intensités provoquent une chute de tension importante. On utilise en pratique deux sortes de réglages :

- **Un réglage lent** quand l'immobilisation est facile (par exemple radiographie du squelette), qui sera de 100 à 200 mA.
- **Un réglage rapide** pour les organes mobiles ou les radiographies de malade debout (de 100 à 400 mA et plus selon les appareils).

**Rôle des milliampères** :

- Echauffement du filament
- Libération des électrons
- Règle le **nombre de RX** par unité de temps
  - → **débit des RX**
- **Les mA** règlent le noircissement du film sans en altérer le contraste
- L'erreur de noircissement est très fréquente et est palliée par l'exposeur automatique placé juste devant le récepteur

3. **Temps d'exposition (s)** : on tend à substituer du **temps de pose** à celle plus souple de milliampère-seconde. Il règle la durée de l'exposition, il doit être la plus courte possible pour :

- ✓ Diminuer la dose au patient
- ✓ Diminuer le flou cinétique

**Réglage du temps de pose (t en s) ou les mAs** : détermine, quand l'intensité (I en mA) est fixée, la **quantité définitive (mA.s) de rayons** agissants ou  $Q=I \times T$ .

Le temps de pose ou les mAs est :

- Agit sur le nombre de photons reçus par le récepteur
- Film sur ou sous exposé

Par exemple, pour obtenir un cliché s'il faut 200mAs, ceux-ci peuvent être donnés, selon l'appareil, la plus ou moins grande mobilité de l'organe, soit par 400mA en 0,5 seconde, 200mA en 1 seconde ou 50mA en 4 secondes.

La densité photographique est proportionnelle à I et à t et donc au produit It, c'est à dire aux mAs. Pour lutter contre le flou cinétique, on a intérêt à utiliser le temps de pose le plus court possible avec l'intensité maximale que le tube pourra supporter.

**La quantité de rayons X (les mAs) s'obtient en multipliant le débit (en mA) par le temps de pose (s).**

**Le réglage des (kv, mA et s) :**

L'évaluation de la tension agit de deux manières :

- En modifiant la gamme des contrastes,
- En augmentant efficacement l'action des rayons X.

Alors que les réglages (mA) et (s) ne modifient que la quantité du rayonnement.

Donc, il faut toujours commencer par le réglage de la tension (KV) pour ajuster le domaine de contraste de l'objet en fonction de l'opacité maximale du sujet.

Dans presque tous les cas la tension (kv) à utiliser est connue à plus ou moins 10 kv près pour l'objet ou l'organe à radiographier.

L'intensité (mA) est ensuite déterminée en fonction des possibilités (charge théorique) du foyer et du tube, le temps de pose se règle en dernier.

**4. La distance foyer-film (DFF) :** la dose incidente varie en raison inverse du carré de la DFF ; ce qui revient à dire que des variations même faible ont une

## Formation et traitement de l'image

---

très nette répercussion sur l'impression du film. Pour que cette dernière reste inchangée quand la DFF varie, il faut multiplier le temps de pose par un coefficient de correction situé sur le tableau d'EGGERT ci-dessous à l'intersection de la verticale passant par l'ancienne DFF et l'horizontale passant par la nouvelle.

Nouvelle DFF (cm)	Ancienne distance foyer-film (DFF) (cm)							
	60	70	80	90	100	120	150	200
200			6,3	5	4	2,8	1,7	1
150			3,5	2,7	2,6	1,6	1	0,6
120			2,6	1,8	1,4	1	0,7	0,4
100	2,8	2	1,6	1,3	1	0,7	0,5	0,3
90	2,3	1,6	1,3	1	0,8	0,6	0,4	0,2
80	1,8	1,3	1	0,8	0,6	0,5	0,3	
70	1,4	1	0,8	0,6	0,5			
60	1	0,7	0,6	0,5	0,3			
50	0,7	0,5	0,4	0,3				

**Par exemple** : un premier cliché est fait avec DFF=80 cm, t=0,15 s.

Si l'on veut obtenir un film également impressionné avec DFF=100 cm, le nouveau temps de pose sera :  $0,15 \times 1,16 = 0,24$  s

Les DFF habituellement choisies se situent entre 90 et 100 cm sauf pour les radiographies pulmonaires ou cardiaque (170cm).

#### IV. CORRECTION DU REGLAGE ELECTRIQUE :

## Formation et traitement de l'image

---

En règle générale les réglages (kv, mA, s) sont établis sur un matériel donné et par approximations successives, pour un patient moyen<sup>12</sup>. Il est cependant fréquent qu'un réglage, paraissant correct pour l'organe et le patient considérés, conduise à une sous-exposition ou une sur-exposition. Nous avons les règles suivantes :

**1<sup>re</sup> REGLE** : *toute correction du réglage (mAs) ou des deux réglages (mA) et (s) inférieure à 25% de quantité précédemment réglée ne donne, en générale, aucune modification notable des noircissements.*

**2<sup>e</sup> REGLE** : *lorsque une radiographie est sous-exposée ou surexposée, bien que lisible sur toute l'étendue des contrastes, on peut la corriger en affectant (multiplier ou diviser) la quantité (mAs) d'un facteur 2 en plus ou en moins.*

**3<sup>e</sup> REGLE** : *quand un cliché est très sous exposé ou sur-exposé c'est-à-dire lorsqu'une partie des contrastes disparaît dans le blanc de voile de fond ou dans le noir de la saturation, il ne suffit pas de corriger la quantité (mAs) ; il faut d'abord corriger la tension (kV) dans le sens voulu.*

Les calculs montrent que une élévation de 5% de la tension (kV) équivaut à une augmentation de 25% de la quantité (mAs).

**4<sup>e</sup> REGLE** : *Une variation de pénétration de 1% doit être compensée par une variation de la quantité de rayons X de 5% ; en sens inverse ; donc une diminution de pénétration de 1% devra être compensée par une augmentation de la quantité de rayons X de 5%.*

**5<sup>e</sup> REGLE** : *Si on diminue la pénétration de 10 KV, on doit multiplier par 2 la quantité de rayons X.*

Abaisser le Kilovoltage sur le générateur ; en augmentant les mAs selon la règle empirique : toute variation de 15% des kV est compensée par une variation en sens inverse dans un rapport 2 des mAs.

---

<sup>12</sup> Un patient normal pèse 68 kg et mesure 1,65 m, son épaisseur thoracique est de 24 cm.

## Formation et traitement de l'image

---

**6<sup>e</sup> REGLE** : Si on divise par 2 la pénétration, on doit multiplier par 30 la quantité de rayons X.

Accroissement de la quantité (mAs)	Accroissement équivalent de la HT (kV)
25%	5%
56%=(25%+25%)	10%
100% = (25+25+25%)	15%

Si l'on fait varier la tension, il faut pour obtenir un même cliché modifier le temps de pose. Pour avoir le nouveau temps de pose, il faut multiplier l'ancien par un coefficient qui se trouve placé sur le tableau de JANKER à l'intersection de la verticale passant par la tension ancienne avec la ligne horizontale passant la nouvelle.

Nouvelle tension (KV)	Tension ancienne (KV)					
	50	60	70	80	90	100
100	0,025	0,06	0,16	0,3	0,58	<b>1</b>
90	0,04	0,12	0,25	0,54	<b>1</b>	1,8
80	0,08	0,2	0,5	<b>1</b>	1,9	3,2
70	0,16	0,42	<b>1</b>	2	4	6,5
60	0,38	<b>1</b>	2,3	5	9	16

## Formation et traitement de l'image

---

50	1	2,8	6,5	13	26	45
----	---	-----	-----	----	----	----

On constate qu'en ajoutant 10 kV on diminue le temps de pose de moitié.

**7<sup>ème</sup> REGLE** : la quantité de rayons X qu'on doit utiliser lorsqu'on fait varier la distance foyer-film est donnée par la formule :  $Q' = Q \times D^2 / D'^2$ . Où :

- Q est la quantité de rayons X utilisée pour le 1<sup>er</sup> cliché ;
- D est la distance foyer-film utilisée pour le 1<sup>er</sup> cliché ;
- D' est la distance foyer-film utilisée pour le 2<sup>ème</sup> cliché ;
- Q' est la quantité de rayons X utilisée pour le 2<sup>ème</sup> cliché.

**8<sup>ème</sup> REGLE -Ecrans renforçateurs** : si l'on remplace les écrans courants à grains fin par des écrans ultra-sensibles, il faut diminuer la pose (ou les mAs -la quantité de rayons X-) de moitié. Si on utilise des écrans normaux au lieu d'utiliser des écrans ultra-sensibles, il faudra doubler la quantité de rayons X (ou la pose).

Si l'on supprime (ajoute) les écrans renforçateurs, il faut : ou bien multiplier (diviser) par 12 la quantité de rayons X, ou bien ajouter (retrancher) 10 KV et multiplier (diviser) par 6 la quantité de rayons X.

**9<sup>ème</sup> REGLE -Films** : Si l'on utilise des films ultra-sensibles au lieu des films standards, on doit réduire le temps de pose (ou la quantité de rayons X) de 35%. Les films sans écrans qui sont recommandés pour l'examen des parties molles des membres nécessitent d'augmenter considérablement le temps de pose. Si le réglage connu comporte film et écrans normaux (à grains fins), multiplier par 12 le temps de pose ou les milliampères seconds, ou encore ajouter 10kv, doubler l'intensité et tripler la pose. Si le réglage était fait avec des écrans et un film ultra-rapides, multiplier par 20.

**10<sup>ème</sup> REGLE -Les Grilles anti-diffusantes :** quand on utilise une grille de POTTER-BUCKY, il faut multiplier la pose (ou la quantité de rayons X) par 2,5 ou augmenter la tension de 15 kv. Si, au contraire, on supprime la grille anti-diffusante, il faut baisser la tension de 15kv afin de diminuer le rayonnement diffusé, plutôt que de baisser le temps de pose. Pour une grille fixe ou un petit localisateur, il faut doubler (multiplier par 2) la pose (ou la quantité de rayons X) ou ajouter 10kv.

**11<sup>ème</sup> REGLE** Chez les porteurs de plâtre une augmentation de 10kv est de rigueur. Il faut au contraire baisser la tension chez les sujets très décalcifiés afin d'augmenter les contrastes.

### V. EXERCICES :

1) On fait un cliché de la cuisse avec 65 KV et 52 mAs. Ce cliché est correct et permet de découvrir dans les muscles de fine calcifications ; pour mieux les étudier, on décide d'améliorer le contraste en refaisant le cliché avec 55 KV. QUELLE QUANTITE DE RAYONS X DOIT-ON UTILISER ?

#### **Solution :**

Quand on passe de 65 KV à 55 KV, on diminue la pénétration de 10 KV. On doit alors utiliser la règle :

Si on diminue la pénétration de 10 KV, on doit multiplier par 2 la quantité de rayons X :  $52 \text{ mAs} \times 2 = 104 \text{ mAs}$

**LA QUANTITE DE RAYONS X QU'ON DOIT UTILISER EST : 104 mAs**

2) On fait un cliché avec 60 KV et 32 mAs. Ce cliché est correct, mais on veut le refaire avec 57 KV. QUELLE QUANTITE DE RAYONS X DOIT-ON UTILISER ?

## Formation et traitement de l'image

---

**SOLUTION** : Quand on passe de 60 KV à 57 KV, on diminue la pénétration de :  
 $60 \text{ KV} - 57 \text{ KV} = 3 \text{ KV}$

Ce qui représente une diminution de pénétration de :  $3 \text{ KV} / 60 \text{ KV} = 0,05 = 5\%$

On sait qu'une variation de pénétration de 1% doit être compensée par une variation de la quantité de rayons X de 5% donc une diminution de pénétration de 5% devra être compensée par une augmentation de la quantité de rayons X de :  $5 \times 5\% = 25\%$ . C'est-à-dire de :  $32 \text{ mAs} \times 25 / 100 = 8 \text{ mAs}$ .

**QUANTITE DE RAYONS X UTILISER** :  $32 \text{ mAs} + 8 \text{ mAs} = 40 \text{ mAs}$ .

3) On fait un cliché du rachis dorsal de face avec 200 mA et 0,6 seconde.

QUELLE QUANTITE DE RAYON X A FOURNI LE TUBE POUR PRENDRE CE CLICHE ?

**Solution** : La quantité de rayons X s'obtient en multipliant le débit (en mA) par le temps de pose (en secondes) :  $200 \text{ mA} \times 0,6 \text{ s} = 120 \text{ mAs}$ .

4) On fait à un enfant un cliché des membres inférieurs avec 35 mA et 0,6 seconde. Ce cliché est flou, car l'enfant a bougé ; on décide donc de refaire ce cliché avec un temps de pose d'1/10 de seconde. QUEL EST LE DEBIT DU TUBE QUE L'ON DOIT UTILISER POUR FAIRE CE NOUVEAU CLICHE ?

**Solution** : Quantité de rayons X utilisée pour le 1<sup>er</sup> cliché, obtenue en multipliant le débit par le temps de pose :  $35 \text{ mA} \times 0,6 \text{ s} = 21 \text{ mAs}$ .

Débit du tube lors du 2<sup>ème</sup> cliché, obtenu en divisant cette quantité de rayons X par le nouveau temps de pose :  $21 \text{ mAs} / 0,1 = 210 \text{ mA}$ .

5) On fait un cliché correct avec 100 KV et 10 mAs. QUELLE QUANTITE DE RAYONS X DOIT-ON UTILISER :

- a) Si on refait ce cliché avec 104 kV ?
- b) Si on refait ce cliché avec 90 kV ?
- c) Si on refait ce cliché avec 70KV ?
- d) Si on refait ce cliché avec 50 kV ?

## Formation et traitement de l'image

---

**Solution :**

a) Quand on passe de 100 KV à 104 KV, on augmente la pénétration de 4KV, ce qui représente une augmentation de pénétration de  $4KV/100KV=4\%$ .

On sait qu'une variation de pénétration de 1% doit être compensée par une variation de la quantité de rayons X de 5% en sens inverse ; donc une augmentation de pénétration de 4% devra être compensée par une diminution de la quantité de rayons X de :  $4 \times 5\%=20\%$ ,

C'est-à-dire de :  $10mAs \times 20/100=2mAs$ .

QUANTITE DE RAYONS X A UTILISER :  $10mAs-2mAs=8mAs$ .

**REPONSE : 8mAs**

b) Quand on passe de 100 KV, à 90 KV, on diminue la pénétration de 10 KV. On doit utiliser la règle : Si on diminue la pénétration de 10 KV, on doit multiplier par 2 la quantité de rayons X :  $10mAs \times 2=20mAs$ . **REPONSE : 20mAs**

c) Quand on passe de 100 KV à 70 KV, on diminue la pénétration de 30 KV. On doit alors utiliser la table de conversion de JANKER. A l'intersection de la colonne (ancienne pénétration) de 100 KV, et de la ligne (nouvelle pénétration) de 70 KV, on lit : 6,5. C'est par ce chiffre qu'il faut multiplier la quantité de rayons X utilisée pour le 1<sup>er</sup> cliché :  $10mAs \times 6,5=65mAs$ . **REPONSE : 65mAs**

d) Quand on passe de 100 KV à 50 KV, on divise par 2 la pénétration. On doit utiliser la règle : si on divise par 2 la pénétration, on doit multiplier par 30 la quantité de rayons X :  $10mAs \times 30=300 mAs$ . **REPONSE : 300mAs**

6) On fait un cliché des poumons avec 10 mAs et une distance foyer-film d'1m. Ce cliché est correct ; mais pour éviter l'agrandissement de l'image, on décide de refaire à une distance d'1,5m. QUELLE QUANTITE DE RAYONS X DOIT-ON ADOPTER ?

**SOLUTION :** la quantité de rayons X qu'on doit utiliser lorsqu'on fait varier la distance foyer-film est donnée par la formule :  $Q'=Q \times D^2 / D'^2$ . Où :

## Formation et traitement de l'image

---

- Q est la quantité de rayons X utilisée pour le 1<sup>e</sup> cliché ;
- D est la distance foyer-film utilisée pour le 1<sup>e</sup> cliché ;
- D' est la distance foyer-film utilisée pour le 2<sup>e</sup> cliché ;
- Q' est la quantité de rayons X utilisée pour le 2<sup>e</sup> cliché.

$$Q' = 10 \text{ mAs} \times (1,50 \text{ m})^2 / (1 \text{ m})^2 = 10 \text{ mAs} \times 2,25 = 22,5 \text{ mAs} = 23 \text{ mAs. REponse: 23 mAs}$$

7) Avec un appareil dont la puissance est limitée à 90 KV, On fait un téléthorax de profil avec 85 KV et 75 mAs, sans grille. Ce cliché est correct, mais la présence d'une opacité pleurale assez étendue a donné naissance à un rayonnement diffusé important. On décide donc de refaire le cliché avec une grille fixe. QUELLES CONSTANTES FAUT-IL UTILISER ?

Si on décide de refaire le cliché avec un POTTER BUCKY. QUELLES CONSTANTES FAUT-IL UTILISER ?

**SOLUTION** : si on utilise une grille fixe, il faut :

Ou bien multiplier la pose (ou la quantité de rayons X) par 2

Ou bien augmenter la tension de 10 kv.

Dans ce cas particulier, on ne peut pas ajouter 10 KV à la pénétration, car on dépasserait la puissance maximum de l'appareil, limitée à 90 kv.

C'est donc la première possibilité que l'on adoptera :

Quantité de rayons X à utiliser :  $75 \text{ mAs} \times 2 = 150 \text{ mAs}$ .

**REponse** : 85 KV, 150mAs, grille fixe

Si on utilise un POTTER BUCKY, il faut :

Ou bien multiplier la pose (ou la quantité de rayons X) par 2,5

Ou bien augmenter la tension de 15 kv.

Dans ce cas particulier, on ne peut pas ajouter 15 KV à la pénétration, car on dépasserait la puissance maximum de l'appareil, limitée à 90 kv.

C'est donc la première possibilité que l'on adoptera :

Quantité de rayons X à utiliser :  $75\text{mAs} \times 2,5 = 187,5\text{mAs} = 188\text{mAs}$ .

**REPONSE: 85 KV, 188mAs, POTTER BUCKY.**

8) On doit faire en urgence à un blessé un cliché du rachis cervical de face. Le tableau de constantes de l'appareil donne les indications suivantes : cervical (face) : 65 KV, 80mAs, 1m, avec grille fixe.

Malheureusement, la grille a été empruntée par un autre service et n'est pas disponible actuellement. On décide donc de faire le cliché sans grille en conservant la pénétration figurant sur le tableau de constantes. QUELLE QUANTITE DE RAYONS X DOIT-UTILISER ?

**SOLUTION** : si on veut faire sans grille fixe un cliché qui normalement doit être fait avec une grille, il faut :

Ou bien diviser la pose (ou la quantité de rayons X) par 2

Ou bien retrancher la tension de 10 kv à la pénétration.

C'est donc la première possibilité que l'on utilisera car on doit ici conserver la pénétration figurant sur le tableau de constantes, c.-à-d. 65KV.

Quantité de rayons X à utiliser :  $80\text{mAs} / 2 = 40\text{mAs}$ .

**REPONSE : 65 KV, 40mAs, sans grille fixe**

9) Avec un appareil dont la puissance minimum est de 50 KV, on a pris l'habitude de faire des clichés des doigts et des orteils sans écrans avec 55 KV et 120mAs. On décide à l'avenir de faire ces clichés en employant des écrans normaux. QUELLES CONSTANTES DEVRA-T'ON ADOPTER ?

**SOLUTION** : On sait que Si l'on supprime les écrans renforçateurs, il faut :

Ou bien multiplier par 12 la quantité de rayons X,

Ou bien ajouter 10 KV et multiplier par 6 la quantité de rayons X.

Si au contraire on ajoute des écrans renforçateurs normaux, il faudra faire le calcul inverse, c'est-à-dire :

Ou bien diviser par 12 la quantité de rayons X,

## Formation et traitement de l'image

---

Ou bien retrancher 10 KV et diviser par 6 la quantité de rayons X.

Dans ce cas particulier, on ne pourra pas utiliser cette deuxième possibilité, car il faudrait adopter une pénétration de 45 KV, inférieurs à la puissance minimum de l'appareil. On doit donc diviser par 12 la quantité de rayons X. LA QUANTITE DE RAYONS X A UTILISER :  $120\text{mAs}/12=10\text{mAs}$ .

**REPONSE : 55 KV, 10mAs, écrans renforçateurs.**

10) On fait habituellement des radiographies du pied avec les constantes suivantes : 50 KV, 20mAs, 1m, sans grille, films normaux, écrans normaux. QUELLE CONSTANTES DEVRA-T'ON UTILISER SI ON DECIDE DE FAIRE A L'AVENIR CES RADIOGRAPHIES :

- a) Avec des films normaux sans écrans renforçateurs ?
- b) Avec des films normaux et écrans ultra-sensibles ?
- c) Avec des films ultra-sensibles et écrans normaux ?

**SOLUTION :**

a) Si on supprime les écrans renforçateurs, il faut :

Ou bien multiplier par 12 la quantité de rayons X

$$20\text{mAs} \times 12 = 240 \text{ mAs}$$

**REPONSE : 50 KV, 240 mAs, 1m, sans grille, films normaux, sans écrans.**

Ou bien ajouter 10 KV et multiplier par 6 la quantité de rayons X.

$$50 \text{ KV} + 10 \text{ KV} = 60 \text{ KV}. 20\text{mAs} \times 6 = 120\text{mAs}$$

**REPONSE : 60 KV, 120 mAs, 1m, sans grille, films normaux, sans écrans.**

b) Si on utilise des écrans ultra-sensibles, il faut diviser par deux (2) la quantité de rayons X :  $20\text{mAs}/2=10\text{mAs}$

**REPONSE : 50 KV, 10 mAs, 1m, sans grille, films normaux, écrans ultra-sensibles.**

c) Si on utilise des films ultra-sensibles, il faut diminuer de 35% la quantité de rayons X, soit de :  $20\text{mAs} \times 35/100 = 7\text{mAs}$ .

QUANTITE DE RAYONS X A UTILISER : 20mAs-7mAs=13mAs

REPONSE : 50 KV, 13 mAs, 1m, sans grille, films ultra-sensibles, écrans normaux.

## CHAPITRE 7 : METHODES RADIOLOGIQUES

Plan :

- I. AGRANDISSEMENT RADIOGRAPHIQUE
- II. RADIOGRAPHIE « HAUTE TENSION »
- III. TECHNIQUE BASSE TENSION
- IV. RADIOGRAPHIE EN DIRECT

### I. AGRANDISSEMENT RADIOGRAPHIQUE :

Il se pratique toujours en direct et avec un foyer fin. Il permet de mettre en évidence de petites lésions qui passeraient inaperçues lors de clichés réalisés de façon conventionnelle. Cette technique consiste à réduire la distance entre le foyer et sujet, et à augmenter la distance entre le sujet (objet) et le film ; si le sujet se trouve à mi-distance foyer-film, l'image agrandie sera deux fois plus grande que dans la technique standard, dans ce cas le rapport est de 2. Pour réaliser des agrandissements supérieurs à 2, il est nécessaire de posséder un foyer ultra fin.

### II. LA RADIOGRAPHIE « HAUTE TENSION » :

La haute tension se définit comme un faisceau de rayons x émis sous une tension redressée supérieure à 100 KV. L'augmentation de la tension entraîne :

## Formation et traitement de l'image

---

- Une réduction de l'intensité et du temps de pose,
- Une diminution de la dose reçue,
- Transparence osseuse
- Une diminution de la puissance supportée par le tube dont la durée de vie est ainsi augmentée.

Cette technique qui gagne actuellement du terrain, a pour but d'atténuer les écarts d'opacités qui existent entre les différents organes de façon à éviter les écarts de tonalité souvent brutaux visibles habituellement sur les films et donc à donner une image plus complète de la région radiographiée. Les côtes, par exemples, restent bien visibles mais le parenchyme pulmonaire sous-jacent n'est plus masqué. Il en est de même pour le médiastin et la région retro-cardiaque. De même les plis muqueux sont visibles à travers la baryte légèrement diluée qui remplit l'estomac ; ce qui permet un meilleur dépistage des images de tonalité.

Cette méthode nécessite un générateur puissant fournissant 120-130 kV effectifs et un tube les supportant. Mais l'intensité utilisée est faible (le plus souvent 100 mA) et les temps de pose sont très courts : par exemple 3 mAs pour un poumon de face, 10 mAs pour un estomac. Cette brièveté du temps de pose est un grand avantage car certains détails anatomiques s'estompaient, tandis que d'autres apparaissent plus nets. Il s'agit là d'un avantage au point de vue diagnostic lui-même, pour certains organes. Sur le plan physique et pratique, il y'a d'autres profits qui ne sont pas négligeables ; la diminution de l'intensité du courant entraîne une usure beaucoup plus lente du tube ; car ce qui détériore une anticathode, c'est le nombre des électrons qui la bombardent...et ce qui « évapore » le filament cathodique, c'est le chauffage auquel il est soumis ; la tension a peu d'importance, comparativement bien entendu, sur le vieillissement du tube. Cette diminution d'intensité entraîne par voie de conséquence l'unité de

rayonnement qui va à la peau du malade. Il est nécessaire de toujours utiliser une grille spéciale haute tension dont les caractéristiques devront changer selon la distance focale à laquelle l'examen est fait.

Il convient de noter que les dispositifs de protection pour les techniques « basses tensions » le plus souvent installés sur les appareils (glace plombée des écrans, etc.) sont très insuffisantes ici.

### Utilisation de la haute tension

- Effet Compton prédominant
- Ecrasement des contrastes
- Traversée de la baryte ce qui permet de voir à travers l'opacité de l'organe, les plis, des images d'addition ou de soustraction pathologiques qui seraient en basse tension « noyée » dans le contraste trop marqué, des portions d'organe super-posées (anses coliques).
- Faible dose et diminution du temps de pose (flou cinétique est réduit au minimum).
- Les examens pulmonaires : les opacités rétro-costales ou rétro-cardiaques sont mieux mises en évidence, les examens de contraste des viscères creux : tube digestif (estomac, grêle, côlon) et les examens d'abdomen sans préparation.

### Inconvénients :

- Perte de trame osseuse ;
- Perte de contraste.

### III. TECHNIQUE BASSE TENSION :

Par basse tension, on définit en radiodiagnostic un faisceau de rayons X émis sous une tension redressée comprise entre 30 et 100Kv.

**30-50 Kv ou Rayons X mous** : Bonne discrimination des tissus mous mais les os sont complètement opaques. L'intensité reçue par le récepteur est faible, ce qui nécessite d'augmenter le temps de pose, et la dose absorbée par le patient est plus élevée

**Utilisation** : mammographie, radiographie de petits os (doigt, poignet), recherche de Corps étrangers.

**60 -70 kV: Rayons X plus pénétrants**

**Utilisation** : radiographie des os volumineux (épaule, rachis, bassin).

**Utilisation de la basse tension :**

- Effet photo-électrique prédominant
- Contraste maximum
- Produits de contraste iodés
- Dose importante
- Parties molles, seins, os...opacification (des voies biliaires et de l'arbre urinaire) et l'angiographie.

**V. LA RADIOGRAPHIE EN DIRECT :**

Elle se pratique sans Potter et avec un foyer fin. La région à radiographie est directement au contact de la cassette ou du film sans écran (film souple). Elle est destinée à l'étude des extrémités et des petites épaisseurs, elle gratifie d'une grande finesse d'image et d'un contraste optimum. Cette technique fournit autant d'information sur la trame osseuse que sur les parties molles. L'utilisation de cassette type mammographie et de films monocouches (une seule couche d'émulsion) est le meilleur compromis.

**CHAPITRE 8 : IMAGERIE DIGITALE «LA NUMERISATION»**

Plan :

- I. DEFINITION DE QUELQUE CONCEPTS
- II. LES DIVERS SYSTEMES DE NUMERISATION
- III. EXEMPLE DE LA CHAINE DE NUMERISATION
- IV. AVANTAGE DE L'IMAGERIE NUMERIQUE
- V. TRAITEMENTS NUMERIQUES D'IMAGES
- VI. PRINCIPALES ETAPES DE TRAITEMENT DE L'IMAGE
- VII. LA REPROGRFAPHIE A SEC
- VIII. CONCLUSION

**I. DEFINITION DE QUELQUE CONCEPTS :**

- **Phénomène** : *ensemble de variations affectant dans son fonctionnement un organisme ou un système physiologique.*
- **Signal** : *variations d'une grandeur physique qui peut être enregistrée. Le signal est obligatoirement réducteur d'une réalité et non pas la réalité elle-même.*
- **Signe** : *élément de langage ou de communication qui permet de reconnaître la nature ou de prévoir l'évolution d'un phénomène.*
- **Caractéristiques des signaux analogiques :**

- ✓ *Le signal analogique évolue, de manière analogue au phénomène, comme le phénomène étudié lui-même, c'est une représentation de la réalité du phénomène étudié.*
- ✓ *Le signal analogique est continu et variable.* Il peut être détecté, enregistré ou reproduit de manières diverses.
- **Image Analogique** : dans laquelle la représentation de la grandeur observée est conforme à la vision de l'observateur.
- **La radiographie analogique** : l'information est directement analogue à celle résultant de l'atténuation des flux de photons X par la matière irradiée.
- **Image Numérique** : dans laquelle la représentation de la grandeur observée est le résultat abstrait d'une construction mathématique figurée par une succession de nombres. L'image numérique n'est donc pas conforme à la vision de l'observateur et elle ne le deviendra qu'après conversion en une image analogique.
- **La radiologie numérique** : est l'ensemble des techniques qui permettent d'obtenir des images radiologiques numérisées. Dans la radiologie numérique l'information est digitalisée et varie de façon non continue et plus précise.

## II. LES DIVERS SYSTEMES DE NUMERISATION :

### 1. Système numérique sur amplificateur de brillance :

**Principe technique** : Ce procédé utilise l'assemblage d'un amplificateur de luminance et d'une caméra de télévision, procédé déjà utilisé depuis longtemps (radioscopie télévisé, ampli-photographie, radio-cinéma en numérisation cardio-vasculaire). Le système comporte toujours :

- Un amplificateur avec champ variable

- Un système d'anti-diffusion
- Une caméra TV haute résolution
- Un convertisseur analogique digital

### **Avantage :**

- Ecologique (réduction de la dose au patient)
- Image en temps réel
- Suppression des cassettes
- Economie de film (plusieurs images sur un film multi découpé)
- Stockage

### **Inconvénients :**

- Formats limités
- L'implantation demande de renouvellement de la chaîne d'émission et de détection
- Non-application du système aux examens au lit
- Champs parfois de dimension insuffisante pour la radiologie de l'adulte
- Résolution spatiale peu élevée
- Sensibilité diagnostique inférieure à la radiologie conventionnelle
- Numérisation d'une seule salle, donc coût élevé.

## **2. SYSTEME DE NUMERISATION DU FILM RADIOGRAPHIQUE :**

### **Principes techniques :**

Il existe deux procédés pour numériser le film radiographique :

## Formation et traitement de l'image

---

- Le film est placé sur une plage lumineuse et il est balayé par une caméra
- Le film est balayé par un rayon laser (scanner).

Dans les deux cas, le signal obtenu est amplifié et converti en données numériques. L'avenir de ce système est limité, puisque il augmente le temps de procédure.

### 3. LES ECRANS RADIOLUMINESCENTS (PLAQUES PHOTOSTIMULABLES) :

**PRINCIPES** : Générateur - pas (Écrans / Film / Développement) - Écrans stimulables, Capteur plan

**Écrans photo-stimulables** : le Générateur envoie des Rayon X à l'**Écran photo-stimulable** qui envoie un **Signal image** vers le **Numériseur**<sup>13</sup> ce dernier envoie un Signal numérique vers **ORDINATEUR**.

D'une conception proche de l'écran renforçateur habituel, l'écran radio-luminescent se caractérise par son pouvoir d'emmagasiner l'énergie absorbée après exposition au rayon X. C'est grâce à un détecteur spécifique contenu dans une cassette aux formats traditionnels que son utilisation est compatible avec les équipements radiologiques existants. L'image latente mémorisée par l'écran, est transformée après un certain délai par un dispositif de lecture en une image numérique est ouvre les possibilités de traitements de l'image.

Les incidences radiologiques sont évidemment réalisées de la même manière qu'en radiologie standard, ainsi que les facteurs d'expositions restent similaires à la radiologie conventionnelle.

---

<sup>13</sup> Le numériseur : il permet de lire les écrans puis de les effacer.

## Formation et traitement de l'image

---

La station d'identification remplace la caméra traditionnelle et permet, en plus d'insérer l'identification du patient, d'attribuer à la plaque photo-stimulable le traitement d'image à réaliser en fonction de la région anatomique explorée et de l'incidence exécutée. La plaque est ensuite lue et traitée par le système de numérisation. L'image enregistrée sur l'écran est digitalisée et dirigée sur la console de traitement, elle peut être en parallèle acheminée vers le reprographe ou non. La console de traitement autorise le traitement de l'image (modification de contraste, de la lumière, annotations, mesures, multiplications des découpes-film, impression, transfert de l'image). La numérisation est le premier pas vers l'archivage numérique et le réseau d'image (transfert des images vers des consoles de visualisation).

### Avantages :

- Numérisation d'un service entier
- Ecologique (réduction de la dose au patient de 25 à 50%)
- Diminution des films nuls (pédiatrie, examens au lit, urgences, etc.)
- Reproductibilité et homogénéité des images
- Possibilité d'un réseau d'image
- Traitement de l'image sur console
- Compatibilité avec le matériel radiologique existant
- Economie de chimie et de films (plusieurs images sur un film multi-découpé)
- Archivage

### Inconvénients :

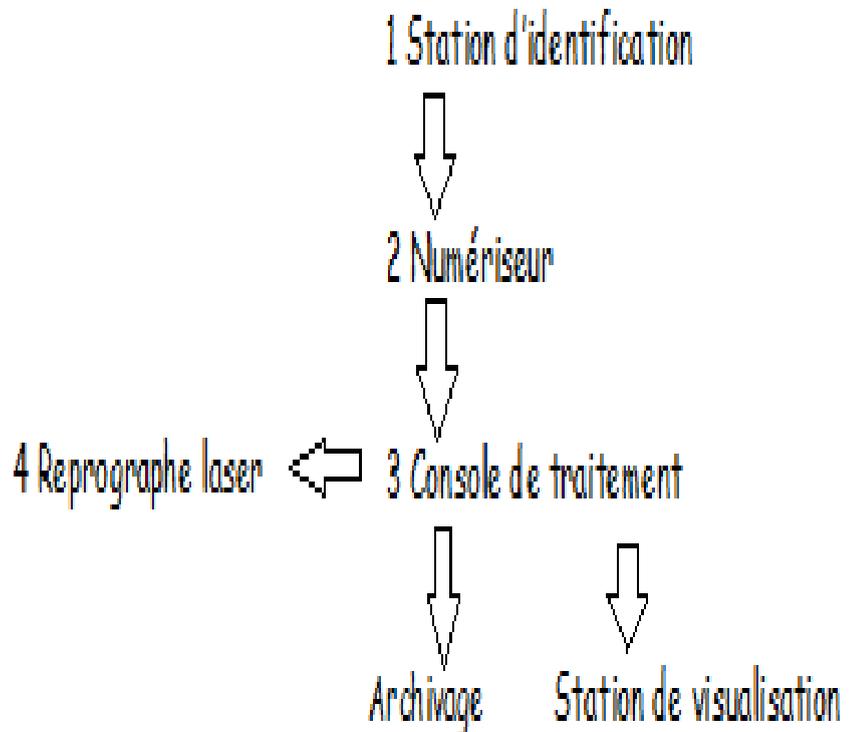
- Lenteur de la procédure
- Résolution spatiale légèrement inférieure au film traditionnel

## Formation et traitement de l'image

---

- L'image n'est pas en temps réel
- Sensibilité diagnostique inférieure à la radiologie conventionnelle.

En conclusion, le système des plaques photo-stimulables est celui qui présente le plus d'avantages à mon sens. L'image numérique n'est pas un procédé d'avenir, c'est l'image d'aujourd'hui. C'est le premier pas vers le réseau d'image. Le passage à l'image numérique se fera obligatoirement et probablement à cours terme.



### III. EXEMPLE DE LA CHAÎNE DE

#### NUMERISATION PAR PLAQUES PHOTOSTIMULABLES

**La station d'identification** : elle sert à visualiser les images. Il est alors possible, à partir de ces stations, d'effectuer quelques traitements comme éclaircir l'image, la retourner, rajouter des annotations. Ces stations sont souvent déportées en salle d'examen permettant ainsi aux manipulateurs de rester près de leurs patients.

**Le numériseur** : il permet de lire les écrans puis de les effacer.

**Les stations de travail** : l'image peut alors subir de réels traitements ainsi que la mesure de longueurs et d'angles. Elles sont souvent réservées aux praticiens.

**Les reprographes** : ils permettent d'imprimer les images sur films.

Ces différents équipements doivent être reliés les uns aux autres et doivent communiquer entre eux. Il est en effet nécessaire de pouvoir envoyer les images sur les reprographes directement à partir du numériseur, des stations d'identification et des stations de travail. De plus, ces images doivent également circuler entre le numériseur et les différentes stations.

**L'acquisition de l'image** se déroule de la façon suivante :

- Décomposition en points élémentaires dénommés "PIXELS", abréviation de "Picture éléments" ;
- Distribution des pixels dans un tableau basé sur les propriétés mathématiques de matrices ;
- Attribution à chaque pixel d'une valeur discrète caractéristique de l'information qu'il contient ;
- Procédures de calcul et de reconstitution élaborées à partir d'algorithmes mathématiques spécifiques du type d'image considérée ;
- Visualisation de l'image sous une forme analogique, en règle générale, sur un tube cathodique.

**EN RESUME**, le **SYSTÈME NUMÉRIQUE** c'est l'utilisation des propriétés électroniques de certains cristaux. Un détecteur sensible aux photons, remplace le film classique. Ce détecteur, selon la technologie utilisée, fournit directement ou indirectement les données analogiques de l'image à l'ordinateur qui les transforme par calcul en données numériques.

**Différentes technologies numérisent l'image radiologie:**

### A. Écrans stimulables

Ecrans radio-luminescents (CR, computed radiography) ou ERLM (Ecrans radio-luminescents à mémoire).

**CR (poudre ou cristaux) :** Ces plaques, réutilisables, sont enfermées dans des cassettes spécifiques, de dimensions identiques aux cassettes usuelles (18x24, 24x30, 36x43) à placer et à lire, usure car manipulations pour lecture, elle est moins cher, remplacement aisé. Le CR est indiqué dans la Radiologie générale, la Radiologie mobile et la Salle d'urgence.

Plaques au phosphore contient fluoro-bromure de baryum dopé à l'euporium (absorption et pas libération d'énergie comme écrans renforçateurs).

### **B. Capteurs plans : Générateur envoi des-RX-au Capteur plan Signal numérique ORDINATEUR**

**Système DR<sup>14</sup>, « Digital Radiography »** (radiographie digitale) **DR indirecte:** utilise des détecteurs, la lecture est réalisée par camera CCD (capteur a transfert de charges). **DR directe:** utilise des détecteurs à capteur plan. Les charges électriques sont converties directement en données numériques.

**DR (capteur direct) :** pas de cassette mais un support fixe dans la table (de format fixe,  $\approx 40 \times 40$  cm), peu d'usure car pas de manipulation, il est cher, remplacement peu facile. Il est indiqué pour le Thorax haut débit et dans la Salle cardio-vasculaire.

## **IV. AVANTAGE DE L'IMAGERIE NUMERIQUE :**

L'imagerie numérique ne cesse de se développer permet au médecin:

- Un diagnostic plus fiable,
- De disposer de l'information a tout moment, sur place et a distance, archivée et enregistrée sur support (disque dur, USB, CD..) transmise via

---

<sup>14</sup> DR : conversion directe avec scintillateur + photoconducteur

## Formation et traitement de l'image

---

réseaux sécurisés ou consultée directement sur écran : ce qui est rapide, économique, écologique

- De réduire les gestes invasifs: « explorer l'intérieur depuis l'extérieur »
- De réduire l'exposition aux Rayonnements Ionisants d'où minimise l'irradiation et respecte les normes de radioprotection.

Analogique	Numérique
Source radiogène	Source radiogène
Corps irradié	Corps irradié
Couple écran-film	Cassette phosphore...
Développement	Lecture système laser
-	Traitement image
Visualisation négatoscope	Visualisation écran (console)
Envoi	Envoi (film, Cdrom, web..) et archivage
Archivage	—

### V. TRAITEMENTS NUMERIQUES D'IMAGES :

Le traitement d'images numériques est l'ensemble des techniques permettant de modifier une image numérique pour **l'améliorer** ou en **extraire des informations**. Pour cela, les fournisseurs développent des **logiciels puissants et spécifiques** (actuellement, les industriels utilisent le langage DICOM<sup>15</sup>). Le but est de faire réaliser par l'ordinateur<sup>16</sup> l'enchaînement des raisonnements logiques de l'opérateur chargé d'interpréter visuellement les images. Il s'agit d'obtenir **rapidement**, des résultats à la fois **plus complets** (aucun détail ne devrait être oublié), **objectifs** et donc **reproductibles, quantifiés**, et donc finalement **moins coûteux**.

### VI. PRINCIPALES ETAPES DE TRAITEMENT DE L'IMAGE :

---

<sup>15</sup> Qui signifie "Digital Imaging and Communication in Medecine", est un standard de communication.

<sup>16</sup> L'informatique baigne notre monde ; tout MIM de SP doit avoir des connaissances de base sur l'informatique.

## Formation et traitement de l'image

---

De manière schématique, toute méthode de traitement d'images comprend 4 étapes majeures : Prétraitement des images, Amélioration des images, Analyse des images et Interprétation des images.

### **a) Prétraitements :**

Ils préparent l'image pour son analyse ultérieure. Il s'agit souvent d'obtenir l'image radiologique que l'on aurait du acquérir en l'absence de toute dégradation.

### **b) Amélioration d'image :**

Elle a pour but d'améliorer la visualisation des images. Pour cela, elle élimine / réduit le bruit de l'image et/ou met en évidence certains éléments (frontières) de l'image. Elle est souvent appliquée sans connaissance à priori des éléments de l'image. Les principales techniques sont :

- l'amélioration de contraste
- le filtrage (lissage, mise en évidence des frontières) pour faire apparaître/disparaître certaines fréquences dans l'image.

### **c) Analyse d'image :**

Le but de l'analyse d'images est d'extraire et de mesurer certaines caractéristiques de l'image traitée en vue de son interprétation. Ces caractéristiques sur des données dérivées (dimensions, ou orientation de la région anatomique étudiée, critères de réussites...).

### **d) Interprétation :**

L'interprétation d'image radiologique est en général la dernière phase qui précède la prise de décision. Elle donne une signification à l'information présente dans l'image. L'interprétation nécessite des connaissances en anatomie radiologique et en sémiologie.

## Formation et traitement de l'image

---

Il est indispensable de distinguer des types divers de traitement ; la classification proposée peut donner lieu à discussion, elle n'est certainement pas complète :

- **Manipulation de l'échelle de gris** à l'affichage<sup>17</sup> ;
- **Restauration d'image** qui intervient de manière objective pour corriger les défauts d'acquisition ou de traitement de l'image ;
- **Filtrage** : modification de l'image selon des critères subjectifs pour obtenir des effets particuliers, par filtre de réduction de bruit (passe-bas) (éliminant les irrégularités de petite taille) ou par filtre de rehaussement de bord (passe haut) qui est un filtre de renforcement de bords ou par filtre de renforcement selon une direction qui renforce les bords verticaux ou obliques.
- **Inversion / Addition / Soustraction de séries d'images** : L'image étant faite de valeurs entre 0 et un maximum 1024 par exemple, l'inversion consiste à remplacer chacune des valeurs par son complément à 1024 ; tous les noirs deviennent blancs et inversement. Addition et soustraction sont le même processus, la soustraction consistant à additionner l'inverse d'une des images.
- **Mesures diverses** (les longueurs, Les contours et les mesures de densité) sur une image ou une série d'images ;
- **Extraction de données** à partir de piles d'images de coupes permettent une étude transversale des données (Évolution dans le temps, la Reconstruction dans une direction différente et Reconstruction 2,5 D<sup>18</sup> ou 3 D).
- **Création d'images tridimensionnelles** à partir de projections multiples : cerveau ou orthopédie et même 4D si l'on ajoute des déformations dans le

---

<sup>17</sup> On ne voit qu'une image analogique sur écran ou sur film.

<sup>18</sup> Une image de volume 3 D, sur un plan 2 D, d'où le nom de 2,5 D

temps. L'utilisation sur écran des données en trois dimensions d'un objet impose quelques règles :

- L'objet reconstruit en trois dimensions ne peut être vu que sur un écran plan (ou une image photographique) donc en deux dimensions ; l'impression de volume est fournie par une rotation de cette image ;
  - L'objet n'étant pas transparent, seules les zones les plus proches du regard doivent être visibles ; donc les zones postérieures doivent être effacées ;
  - Un objet comme l'os ne présente qu'une opacité homogène et donc sa représentation nécessite des systèmes d'ombrage qui recréent un relief.
- **Quantification automatique ou contrôlée** : comme mesure de rétrécissement vasculaire ou fraction d'éjection ;
- **Imagerie de synthèse** : image créée à partir de données artificielles et arbitraires (des données acquises sur le corps de l'homme (angiographie, scanographie, échographie, etc.) et l'imagerie de synthèse des ingénieurs ou artistes. Elle est capable de fabriquer des apparences de corps humains ;
- **Compression de données** : La compression est un processus qui vise à supprimer les informations redondantes ou inutiles ou qui pourraient disparaître sans inconvénient, de manière à réduire le volume des données stockées ou transmises. On sait aujourd'hui réduire le volume informatique des images sans altération visible ;

### VII. LA REPROGRFAPHIE A SEC :

#### **1. Les différentes techniques de la reprographie à sec :**

Deux techniques sont à distinguer :

### A. La reprographie argentique :

Elle reprend le principe de base de la chimie argentique donc s'appuie sur les différents états d'oxydo-réduction de l'argent. L'innovation technologique réside dans la composition de la couche chimique. Pour obtenir les différents niveaux de densité optique, deux moyens vont être employés :

#### a) La thermo-reprographie directe :

L'image est imprimée et révélée par une élévation appropriée de la température au niveau du pixel. Cette élévation est obtenue par un peigne thermique constitué d'un alignement d'éléments chauffants correspondant à une ligne de pixels. Celui-ci est appliqué sur le film avant de le balayer sur toute sa longueur. Toute dégradation du peigne est préjudiciable à la qualité de l'image. Il représente donc une pièce d'usure supplémentaire. De plus, bien que les films ne subissent qu'un seul passage, la vitesse ne s'en trouve pas améliorée.

#### b) La thermo-reprographie indirecte :

L'obtention des images passe par une étape d'exposition du film à un faisceau laser modulé en intensité. Une fois l'image latente créée, celle-ci est développée par une élévation thermique du cliché. Cette technique aboutit à des performances visiblement supérieures, surtout en ce qui concerne la dynamique des gris.

### B. La reprographie non-argentique :

Les deux techniques suivantes ont pour point commun le fait de ne pas utiliser d'argent mais elles sont absolument différentes dans le principe.

#### a) Sublimation thermique :

Cette technique utilise le transfert de l'encre d'un ruban vers le support par sublimation (passage de l'état solide à l'état gazeux). Cette technologie a pour

avantage de proposer des clichés en couleur et sur des supports pas forcément transparents. Par contre, le coût d'un cliché est très élevé.

### b) Technologie à jet d'encre :

Le système Solid Ink Jet (technologie à jet de cire) utilise quatre cartouches d'encre solide (cire) correspondant à quatre nuances de gris différentes. Des gouttelettes de ces encres sont projetées sur le support pour obtenir le niveau de gris souhaité pour chaque pixel. Là aussi, le type de support est laissé au choix de l'utilisateur. La qualité de l'image avec cette technologie est excellente (résolution spatiale et dynamique de gris), mais le problème est sa lenteur.

### 2. Comparaison des différentes techniques de la reprographie à sec :

Technique	vitesse d'impression	qualité d'image	remarque
thermo-reprographie directe	Lente	Faible	usure du peigne thermique (10 000 impressions)
thermo-reprographie indirecte	Rapide	très bonne	
sublimation thermique	Moyenne	Bonne	clichés en couleur mais très chers
technologie à jet d'encre	Faible	Excellente	

Tableau de comparaison des différentes techniques de reprographie à sec

### VIII. CONCLUSION :

Le numérique ouvre de grandes possibilités à l'activité radiologique :

- Création d'images par reconstruction directe (Scanographes ou IRM) ou indirecte (3D ou dynamique).
- Traitement des images : contraste, mesures, etc.
- Archivage d'images numériques directement accessibles.
- Transmission à distance.
- Exploitation de données de masse de manière anonyme.

On considère généralement que cette radiologie numérique se développera pour la radiologie de routine alors qu'elle est encore aujourd'hui cantonnée à des domaines limités (Scanographe, IRM, vasculaire).