

Techniques d'examens radiologiques

Du thorax

Cours magistral

Etudiants en 3ème année de médecine

Module de radiologie

Professeur AREZKI Sid Ali

Maitre de conférences A

Service d'imagerie médicale

CHU Mustapha

Sommaire

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Généralités | 2 |
| 1.1 | Introduction..... | 2 |
| 1.2 | Objectifs..... | 2 |
| 1.3 | Rappel anatomique du thorax..... | 3 |
| 1.4 | Tube à rayons x..... | 4 |
| 2 | Radiographie du thorax..... | 6 |
| 2.1 | Principes de formations de l'image radiographique | 6 |
| 2.2 | Techniques et incidences | 11 |
| 2.2.1 | Face en incidence postero antérieur..... | 11 |
| 2.2.2 | Incidence de profil..... | 12 |
| 2.2.3 | Autres incidences complémentaires | 13 |
| 2.3 | Sémiologie radiographique | 16 |
| 2.3.1 | Critères de réussite..... | 16 |
| 2.3.2 | Sémiologie et radio anatomie radiographique..... | 16 |
| 3 | Imagerie en coupes | 18 |
| 3.1 | Tomodensitométrie (TDM)..... | 18 |
| 3.1.1 | Définition | 18 |
| 3.1.2 | Intérêt de la TDM dans l'étude du thorax | 19 |
| 3.1.3 | Chaine radiologique..... | 19 |
| 3.1.4 | Principes de formation de l'image TDM | 20 |
| 3.1.5 | Principe de lecture et post traitement de l'image obtenu | 23 |
| 3.2 | Autres techniques d'imagerie | 26 |
| 3.2.1 | Imagerie par résonnance magnétique(IRM) : | 26 |
| 3.2.2 | L'échographie trans thoracique | 28 |
| 3.2.3 | Médecine nucléaire | 30 |
| 4 | Risques et précautions | 33 |
| 4.1 | Rayonnement (X) ionisants | 33 |
| 4.2 | Risque liés aux produits de contraste | 33 |
| 4.3 | IRM | 34 |
| 5 | Conclusion | 35 |
| 6 | Bibliographie..... | 36 |

1 Généralités

1.1 Introduction

Le thorax est une partie du corps humain avec un contenant correspondant à la paroi thoracique composé d'os et de muscles et un contenu comportant des organes correspondants essentiellement au cœur et gros vaisseaux ainsi que le poumon et la plèvre.

Cette variabilité de texture de ces structures anatomiques fait que l'exploration thoracique est multimodale.

La radiographie standard est toujours utilisée en pratique courante pour l'exploration thoracique de première intention.

Actuellement, avec l'avènement de l'imagerie en coupes, notamment la TDM thoracique, nous pouvons explorer toutes les structures thoraciques avec plus de précision.

1.2 Objectifs

Connaitre les principes techniques ainsi que les critères de réussite d'une radiographie thoracique.

Savoir faire le bon choix de l'incidence radiographique suivant l'indication.

Connaitre la sémiologie radiographique normale.

Avoir des connaissances générales sur l'imagerie en coupes, notamment la tomodensitométrie.

Connaitre les contre indications, risques et précautions des techniques d'imagerie .

1.3 Rappel anatomique du thorax

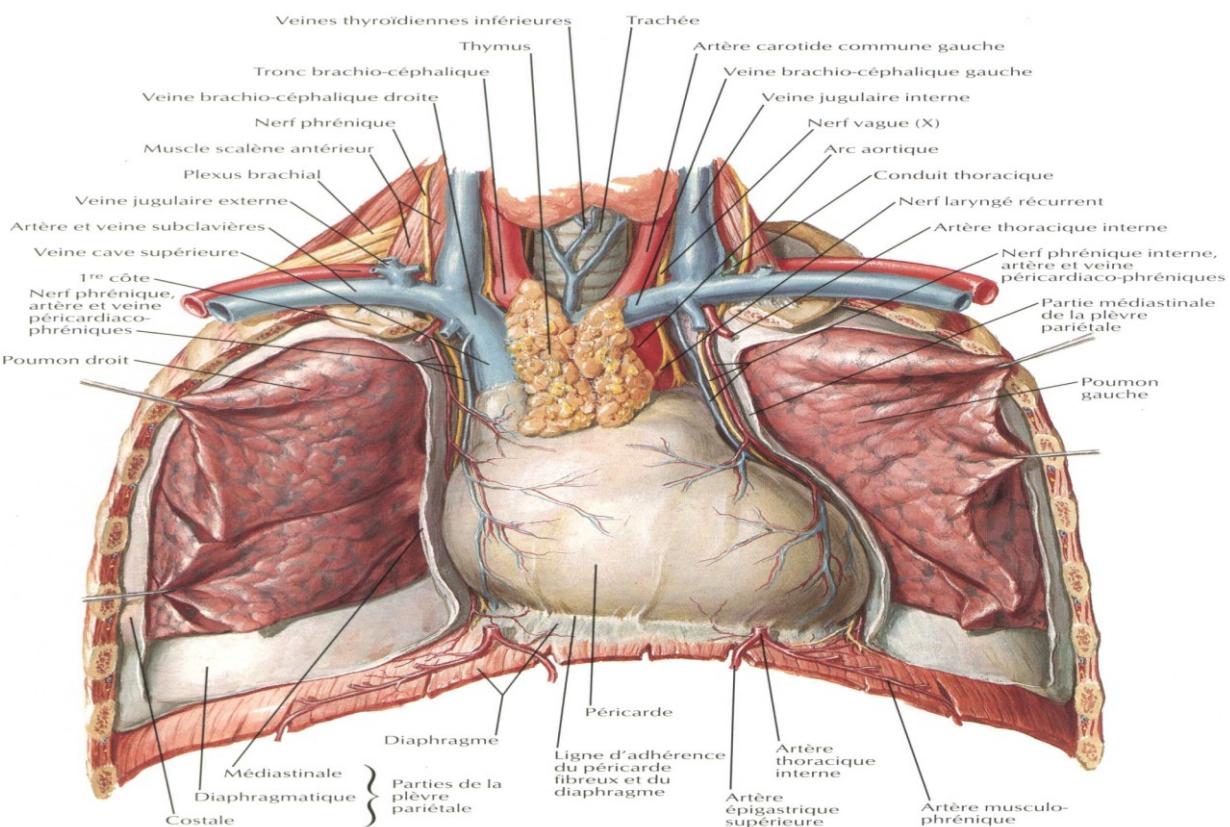


Figure 1 Coupe anatomique frontale du thorax 5Netter)

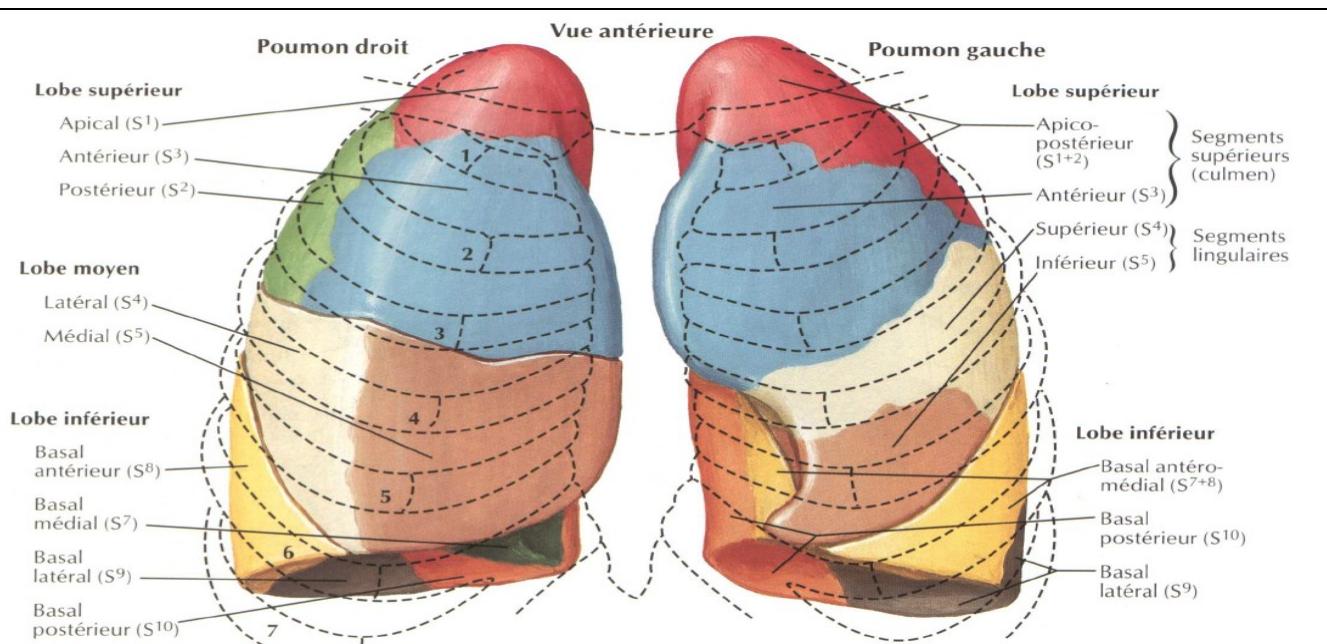


Figure 2 Schématisation de la segmentation pulmonaire (Netter)

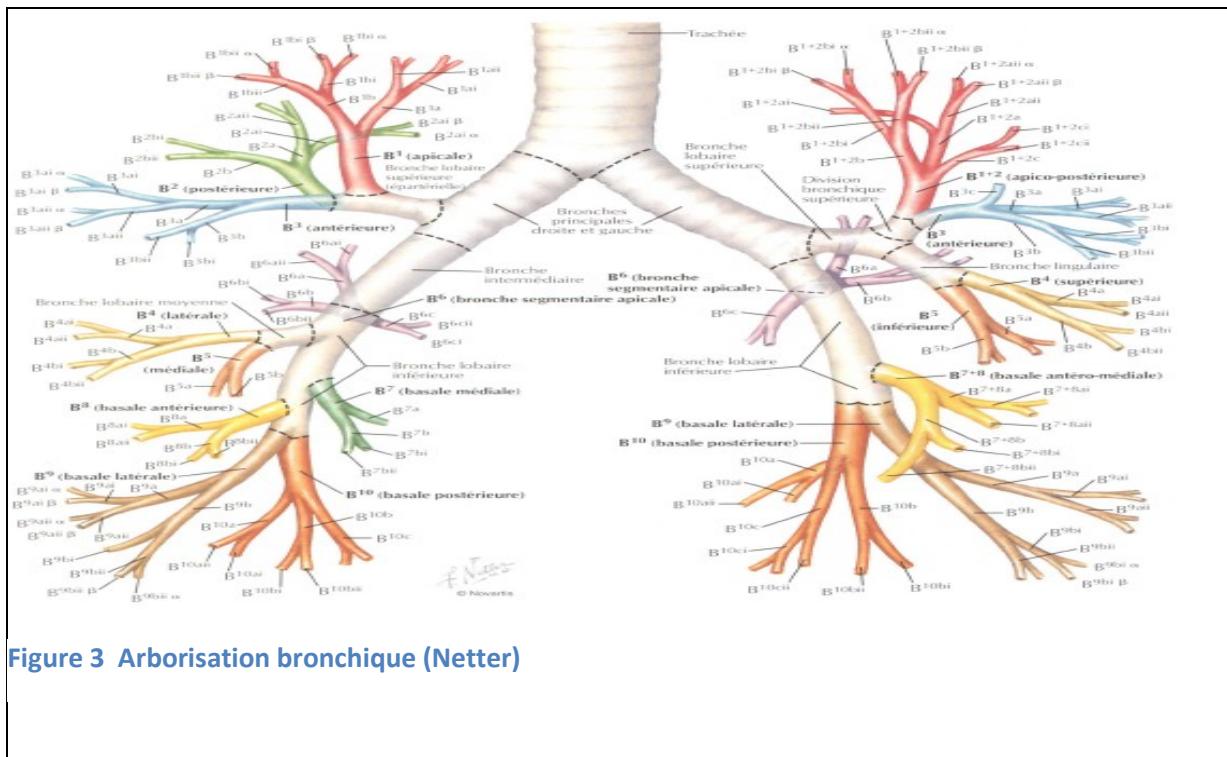


Figure 3 Arborisation bronchique (Netter)

1.4 Tube à rayons X

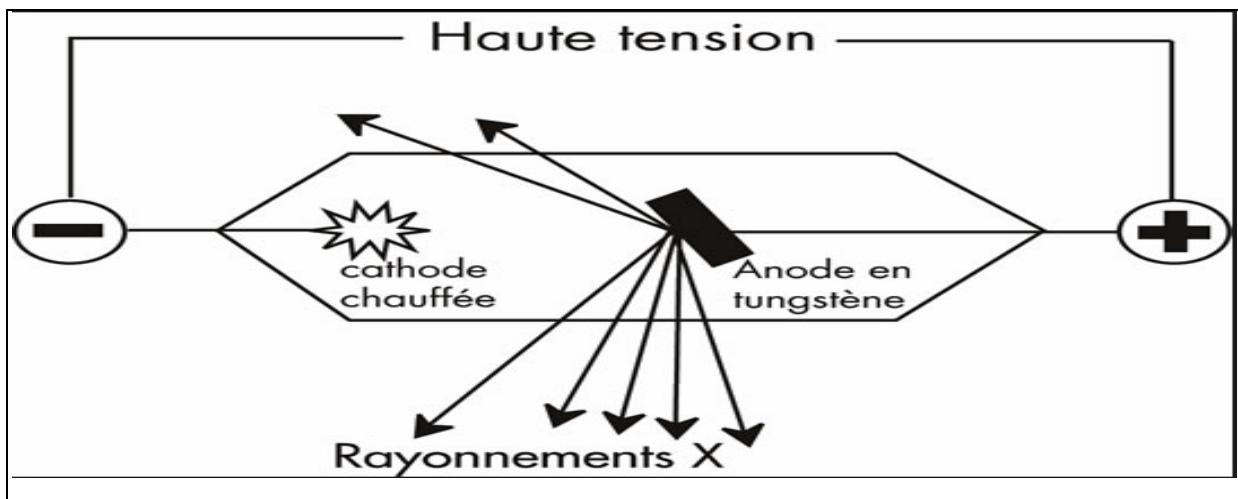


Figure 4 Schématisation du tube à rayons X

Les tubes radiogénés sont des convertisseurs d'énergie, consommant l'énergie électrique et produisant des radiations électromagnétiques dont le plus énergétique est le rayon (X) ne représentant que 1 % de l'énergie électrique consommée (99% sont des rayonnements infrarouges correspondant à de la chaleur).

Le tube à rayon(X) classique est constitué d'une enveloppe de verre à l'intérieur de laquelle est créé un vide le plus complet possible (pour permettre un contrôle de la vitesse et du nombre des électrons accélérés) contenant une diode (cathode et anode).

La différence de potentiel entre cathode (filament) et anode est réglée par le choix du kilovoltage(KV),bien illustré par la formule suivante :

$E=eV$ (E : énergie cinétique de l'électron ; e : charge électrique d'un électron $1,6 \times 10^{-19} C$; V : différence de potentiel anode/cathode).

Le mécanisme principal de formation des rayons X est le freinage (Bremstrahlung) qui correspond aux interactions entre les électrons accélérés (par le champ électrique créé entre le filament et l'anode) et les noyaux d'atomes du métal lourd (tungstène) constituant l'anode.

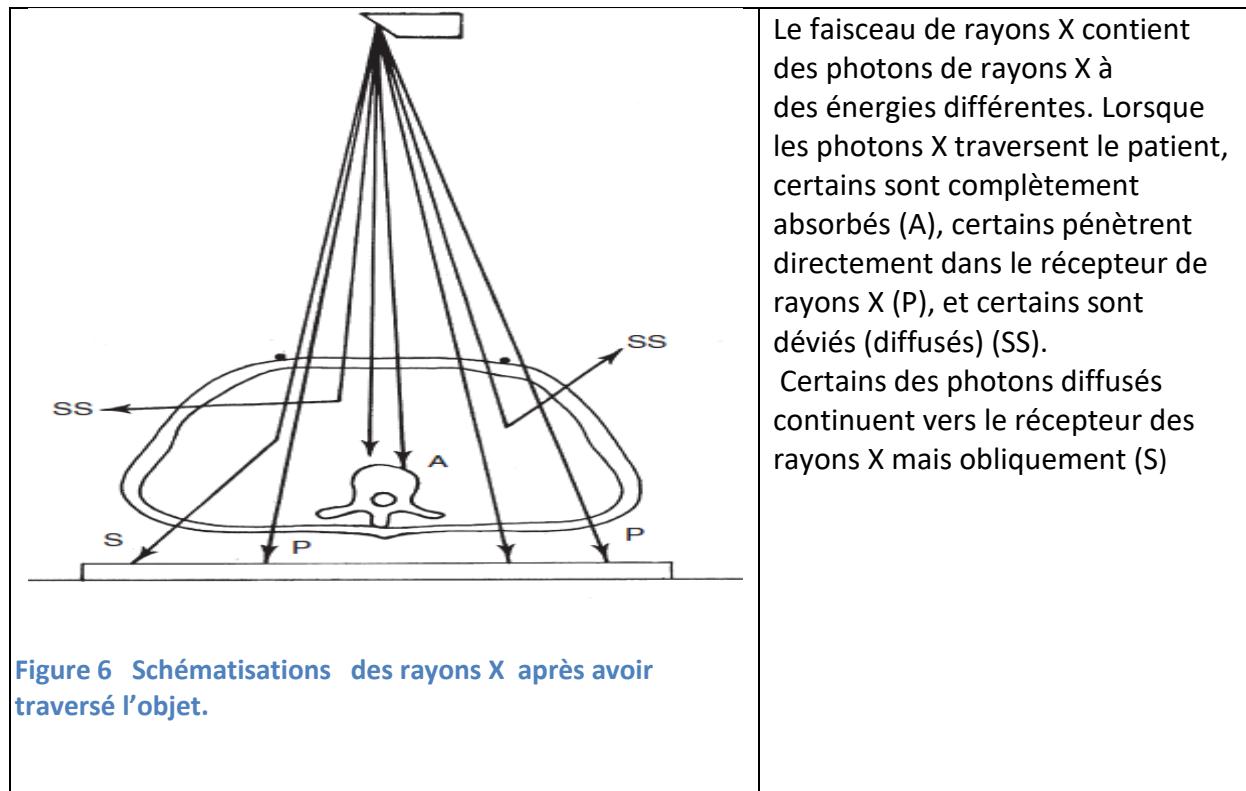


Figure 5 Tube à anode tournante

1 : Soudure verre/métal ; 2 : Cathode ; 3 : Anode tournante

2 Radiographie du thorax

2.1 Principes de formations de l'image radiographique



Le principe de l'examen radiographique thoracique est d'étudier une image radiante c'est-à-dire une image virtuelle secondaire à l'absorption des rayons (X) par un objet.

La vraie image est formée par les rayons pénétrés.

L'image est dégradée par les rayons diffusés qui diminuent aussi le contraste.

La grille anti diffusante (GAD) est une grande plaque mince composée de fines bandes parallèles de métal et de bois. Les bandes de bois permettent à la plupart des rayons X d'atteindre le récepteur directement ; les bandes métalliques absorbent la plupart des photons diffusés permettant d'obtenir une image plus nette, moins bruyante et de meilleur contraste.

La GAD est associée en général à un POTTER qui permet d'avoir des mouvements oscillatoires.

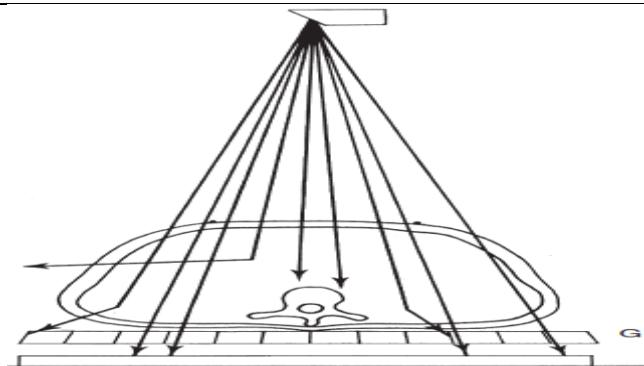


Figure 7 Schématisation de la Grille anti-diffusante(G)

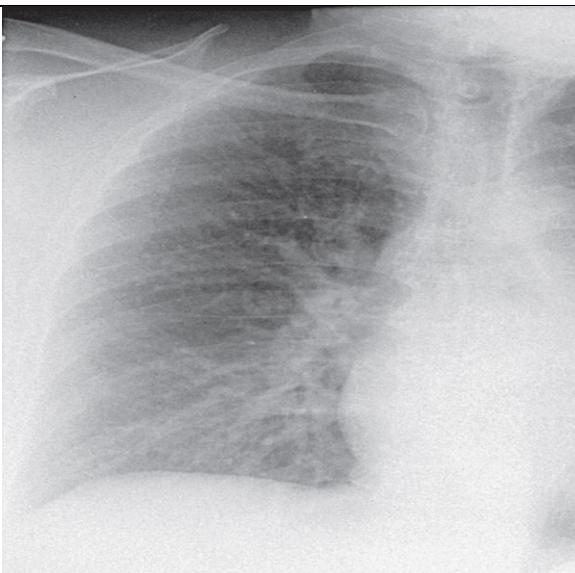


Figure 8 Cliché de face sans GAD

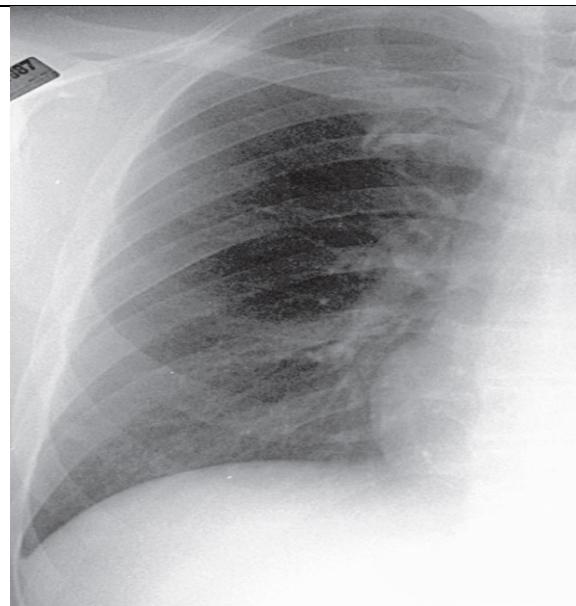


Figure 9 Cliché de face avec GAD

La différence d'absorption des rayons (X) par les différents tissus se traduit à l'image obtenue par des niveaux de gris différents.

L'absorption des rayons (X) est croissante suivant la nature des tissus thoraciques (respectivement : Air, graisse, tissus mou (muscle, fluide), calcifications (os), métal) ainsi que l'épaisseur des tissus.

L'os apparaît radiodense car les rayons (X) le pénètrent difficilement, contrairement à l'air qui apparaît radiotransparent car les rayons X le pénètrent facilement.

L'image radiographique obtenue peut exister sous 2 formats : analogique et numérique(2)

Format analogique :

Les ions de bromure exposés à la lumière libèrent des électrons par effet photoélectrique pour donner un atome de brome; les ions Ag⁺ se combinent avec ces électrons pour donner de l'argent métal. La quantité d'Ag métal formé est proportionnelle à l'intensité du rayonnement capté par l'émulsion: c'est l'image latente, qui ne serait visible qu'après révélation et fixation ; on obtient à la fin un film radiographique avec différents niveaux de gris suivant le degré d'absorption.

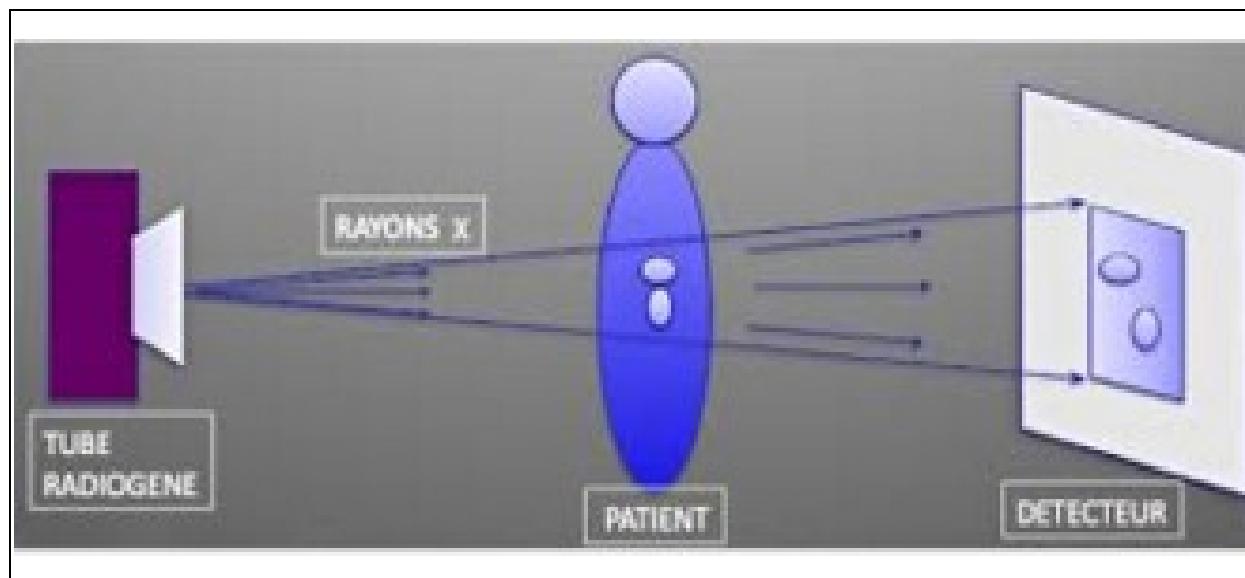


Figure 10 Schéma illustrant la formation de l'image radiographique

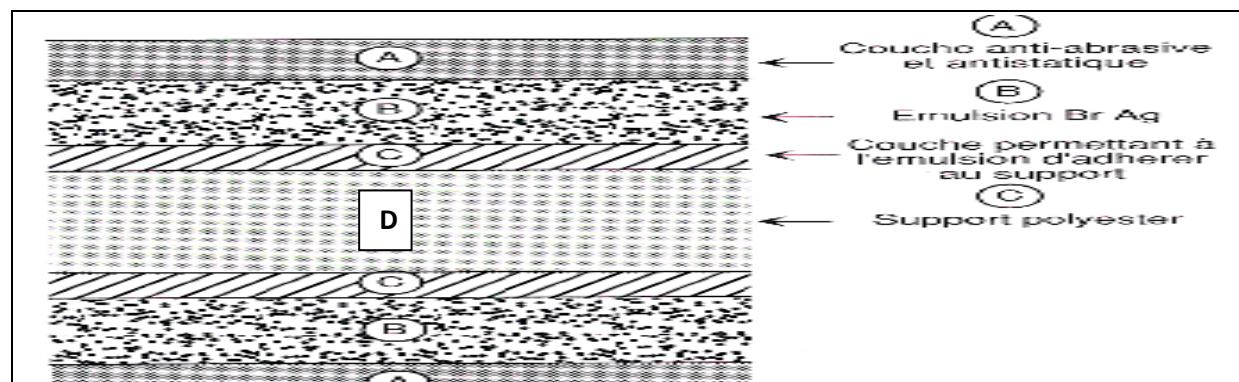


Figure 11 Film radiographique, les différentes couches

(A) : couche anti abrasive,(B) :Emulsion Br Ag,(C) :couche permettant à l'émulsion d'adhérer au support, D :support

Format numérique :

Toute image numérique représente la mesure d'un paramètre dans un élément de volume appelé voxel. Le résultat de cette mesure est numérisé puis représenté par un niveau de gris ou de couleur dans un pixel correspondant.

L'image numérique est représentée sous la forme de matrice en 3 dimensions ; le nombre de lignes et colonnes de cette dernière forment le pixel qui intervient dans la résolution spatiale.

La troisième dimension de la matrice (la profondeur) est exprimée en bits et reflète le nombre de niveaux de gris et détermine la résolution en contraste.

Le fait de pouvoir disposer de l'ensemble des données numériques qui constituent une image ouvre de multiples possibilités dans le but d'améliorer la qualité et par conséquent le rendement diagnostique (post traitement).

Les images peuvent être stockées sous leur forme numérique et être à nouveau visualisées ; peuvent être aussi disponibles dans le cadre d'un réseau informatique.

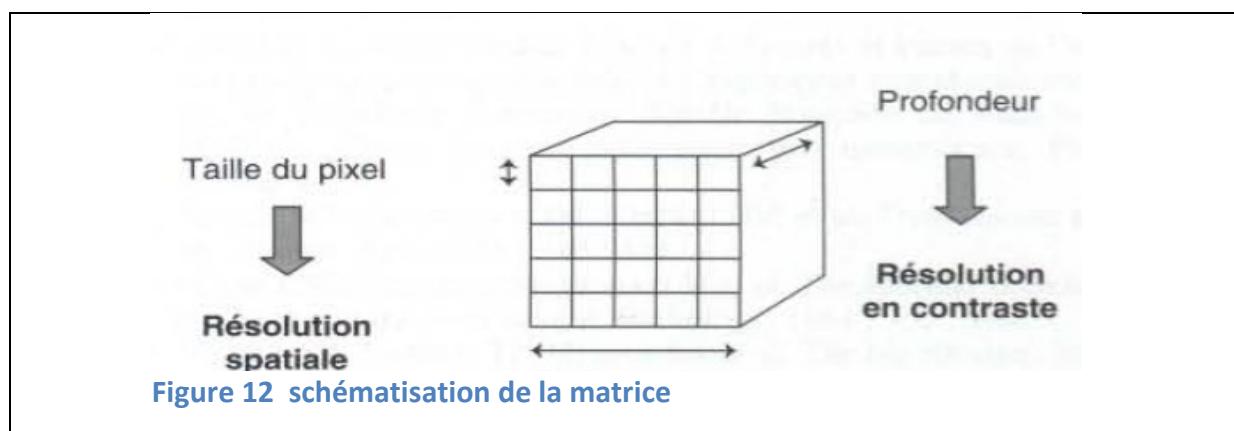
Pour être visualisées, sur films ou sur consoles, les données numériques qui constituent l'image nécessitent une transformation fondée sur un codage en niveaux de gris.

Il y'a deux grands type de numérisation :

La numérisation secondaire où indirecte (systém computed Radiography) constituée d'une surface de détection analogique et l'électronique de lecture séparées.

La numérisation directe (Direct Radiography) : système qui intègre dans une même unité physique une surface pixélisée de détection et l'électronique de lecture ; ces détecteurs permettent une numérisation primaire avec obtention quasi immédiate de l'image.

A noter aussi que les effets du rayonnement diffusés sont minimisés avec les détecteurs numériques.



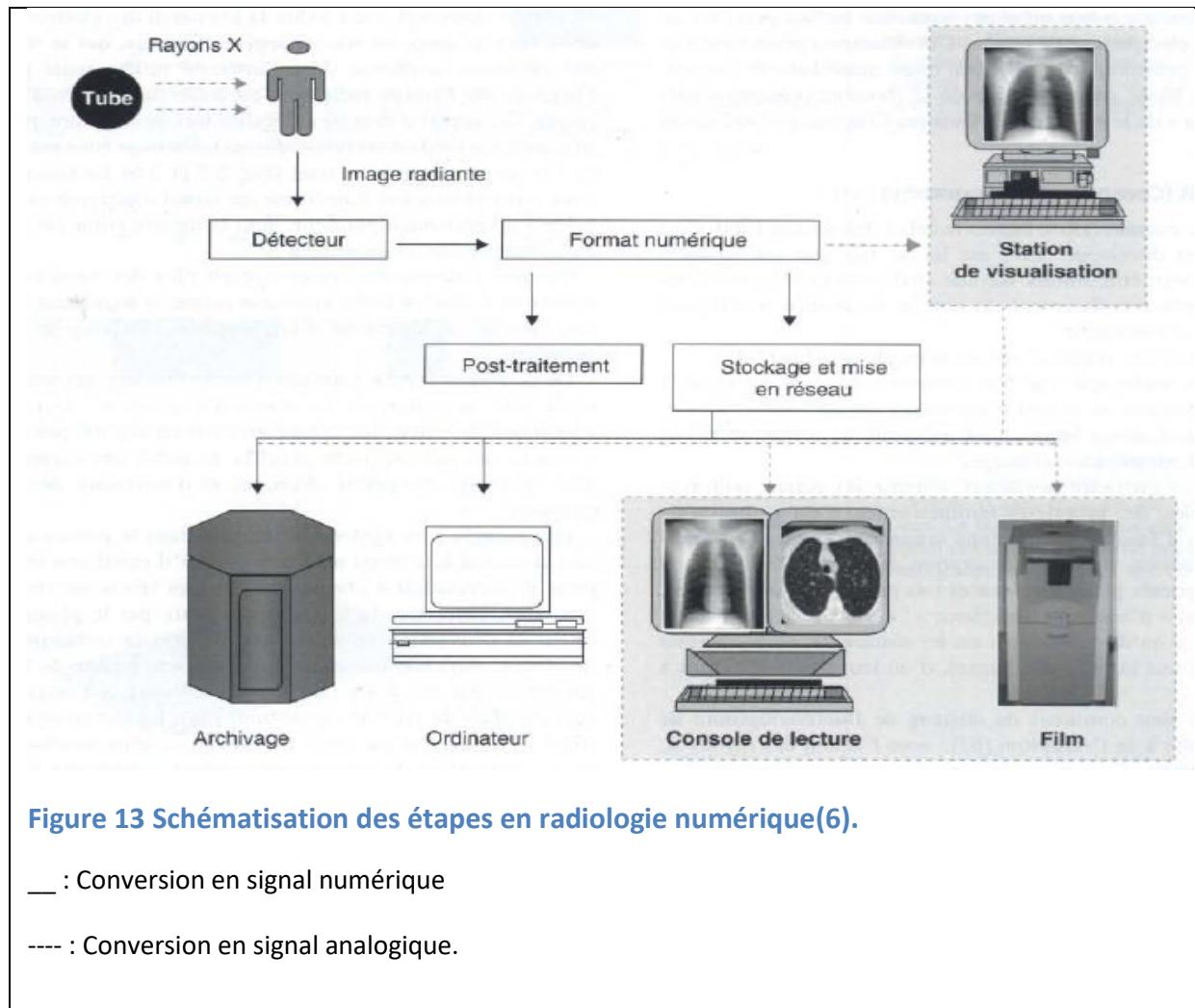


Figure 13 Schématisation des étapes en radiologie numérique(6).

— : Conversion en signal numérique

---- : Conversion en signal analogique.

2.2 Techniques et incidences

2.2.1 Face en incidence postéro antérieur

C'est l'incidence courante en situation debout, la poitrine contre la plaque, le rayonnement incident pénètre le thorax par sa face postérieure.

Position :

Debout, menton relevé, mains sur les hanches, paumes tournées en dehors, épaules projetées en avant.

Rayon directeur(RD) :

Centrer RD sur T7, où 18–20 cm au-dessous de la vertèbre proéminente (vertèbre C7); a peu près au niveau de la pointe de la scapula).

Distance focale :

Entre le foyer anodique et le film ; l'augmentation de cette distance permet de réduire le flou géométrique et l'agrandissement mais la limite est liée à la décroissance d'intensité du faisceau X ; cette distance est habituellement fixée entre 1,8m et 2m.

Collimation :

Bord supérieur de la vertebre proéminente ; latéralement limites de la peau.

Respiration :

Prise du cliché à la fin de la **2e inspiration profonde**

Le contraste radiographique :

Le contraste obtenu dépend largement de l'énergie du faisceau de rayons X, donc de la tension appliquée au générateur ; il doit être adapté pour atténuer au maximum les grandes différences de contraste sans détériorer pour autant la définition de l'image.

La valeur de tension la plus adaptée à la réalisation des clichés thoraciques de routine doit être élevée (haute tension) ; 140KV selon certains auteurs (6).

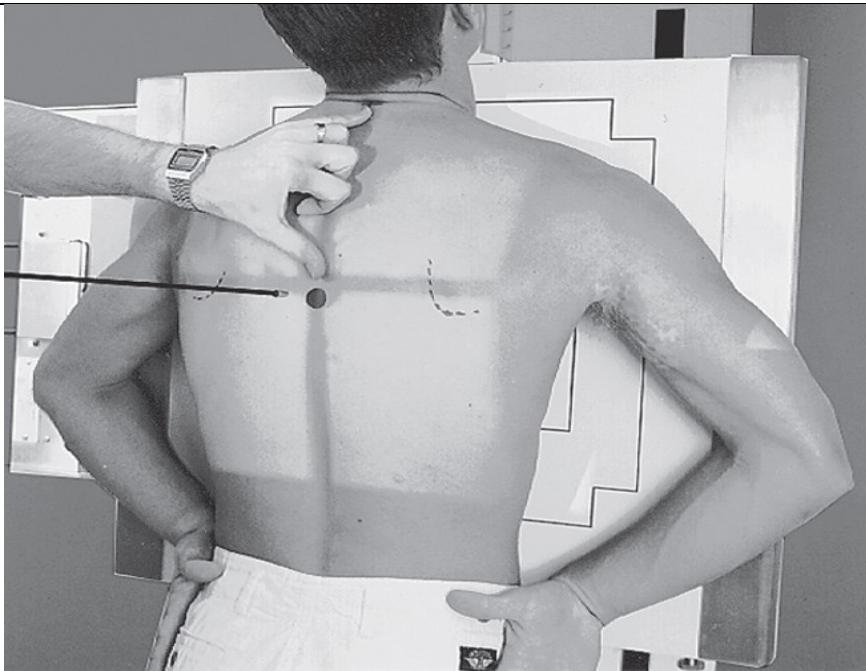


Figure 14 Radiographie du thorax de face, incidence postéro antérieure

2.2.2 Incidence de profil

Intérêt : surtout topographique

Position

Coté gauche contre le récepteur d'image (profil gauche par convention)

Bras relevés au dessus de la tête, menton relevé.

Rayon directeur

Au niveau de la ligne axillaire moyenne à hauteur de T7



Figure 15 Incidence de profil

2.2.3 Autres incidences complémentaires

Face en antéro postérieur

Indiqué quand la position debout est impossible, le dos contre la plaque et le rayonnement aborde le thorax selon une incidence antero postérieur.

Cette incidence entraîne un élargissement de la silhouette cardiaque et du médiastin antérieur.



Figure 16 Incidence de face antero postérieur

Clichés en expiration

Même technique que l'incidence de face postéro antérieure avec cliché pris en expiration.

- Indications :

Evaluer l'importance du piégeage au cours d'affections comme l'emphysème ou l'asthme.

Recherche d'une asymétrie de piégeage ou d'un piégeage unilatéral ou localisé.

La mise en évidence d'un pneumothorax de faible abondance

Clichés en décubitus latéral :

Indication : mobiliser les épanchements pleuraux liquidiens de faible abondance ou les épanchements sous pleuraux.

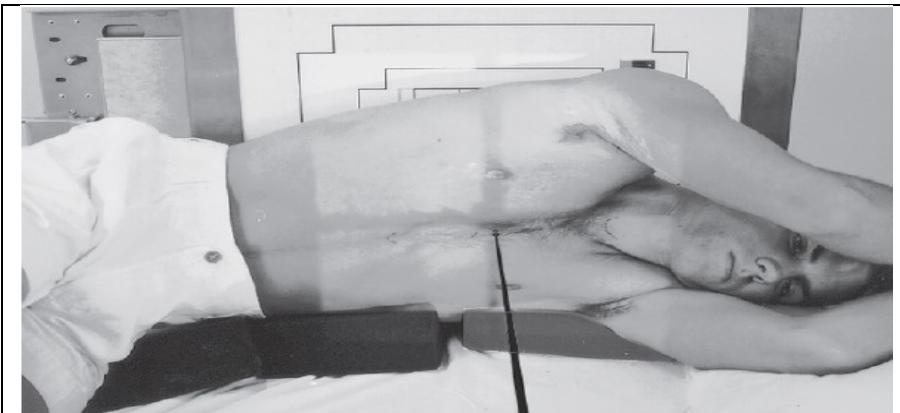


Figure 17 Prise d'un Cliché thoracique en décubitus latéral

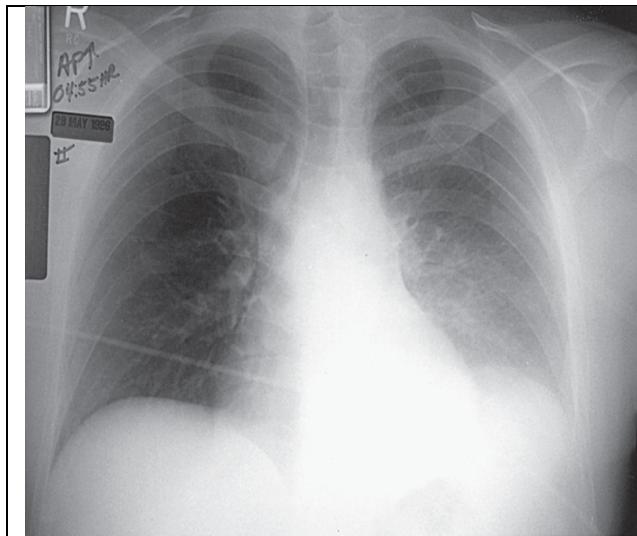


Figure 18 Radiographie thoracique de face, doute sur la présence d'épanchement pleural liquidien gauche

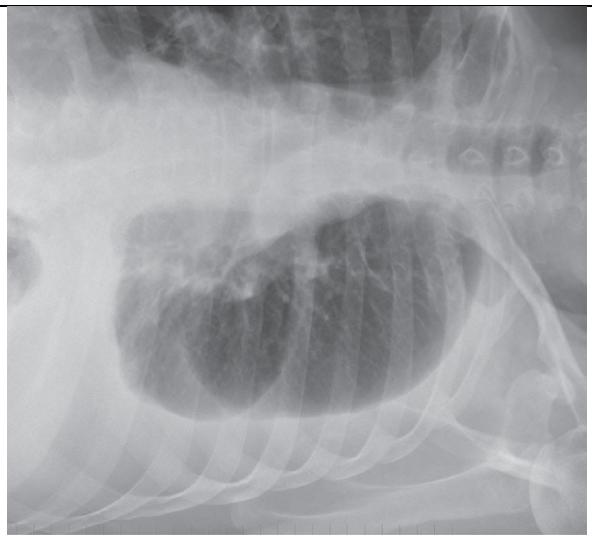


Figure 19 Radiographie du thorax en décubitus lateral, confirmation de l'épanchement

Clichés faits au lit du malade

En décubitus dorsal, le dos contre la plaque, le rayonnement abordant le thorax par sa face antérieure ; la distance focale est entre 1 et 1.2m (moins que celui de l'incidence PA)

Ces unités mobiles sont moins puissantes et les images obtenues des structures anatomiques sont moins nettes par rapport à l'incidence PA, avec augmentation de l'agrandissement du cœur (4).

Incidence oblique

Aide à localiser les lésions et élimine la superposition des structures anatomiques

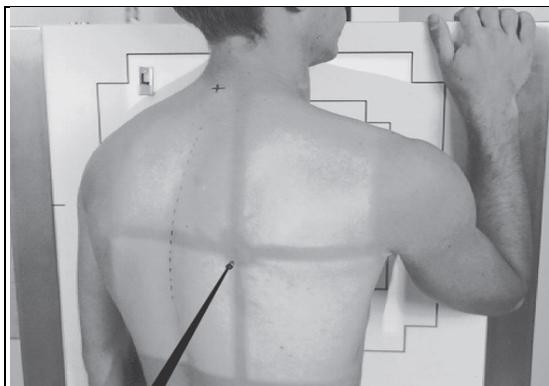


Figure 20 Incidence OAG 45° (oblique antérieure gauche)

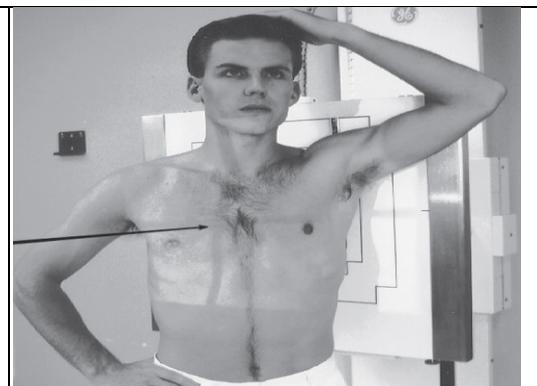


Figure 21 Incidence OPG 45° (oblique postérieure gauche)

2.3 Sémiologie radiographique

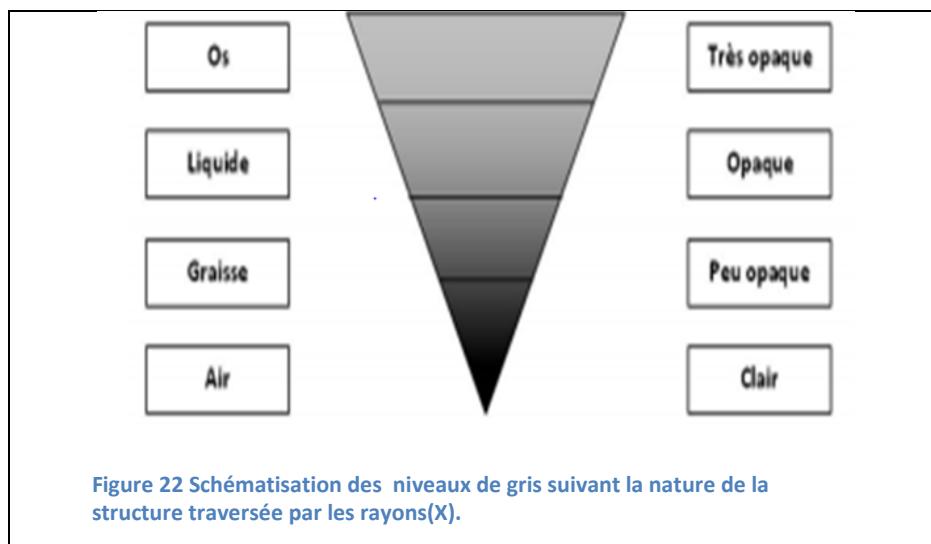
2.3.1 Critères de réussite

Clichés de face: incidence PA (la plus couramment utilisée)

- Il existe un niveau hydro-aérique dans la poche gastrique (ainsi le patient est bien debout).
- La distance séparant le bord interne des clavicules aux épineuses est égale à droite et à gauche et l'épineuse de la 3ème vertèbre thoracique est centrée (ainsi le cliché est bien de face)
- La coupole diaphragmatique droite est au niveau ou sous la partie antérieure du sixième arc costal et les culs de sac costo diaphragmatiques sont bien visibles (ainsi le cliché a été réalisé en inspiration profonde)
- Le rachis et les vaisseaux sont visibles derrière le cœur (ainsi l'exposition est correcte).

2.3.2 Sémiologie et radio anatomie radiographique

La radiographie conventionnelle est capable de distinguer 4 densités basiques classées respectivement du moins dense au plus dense : air, graisse, tissu mou, os.



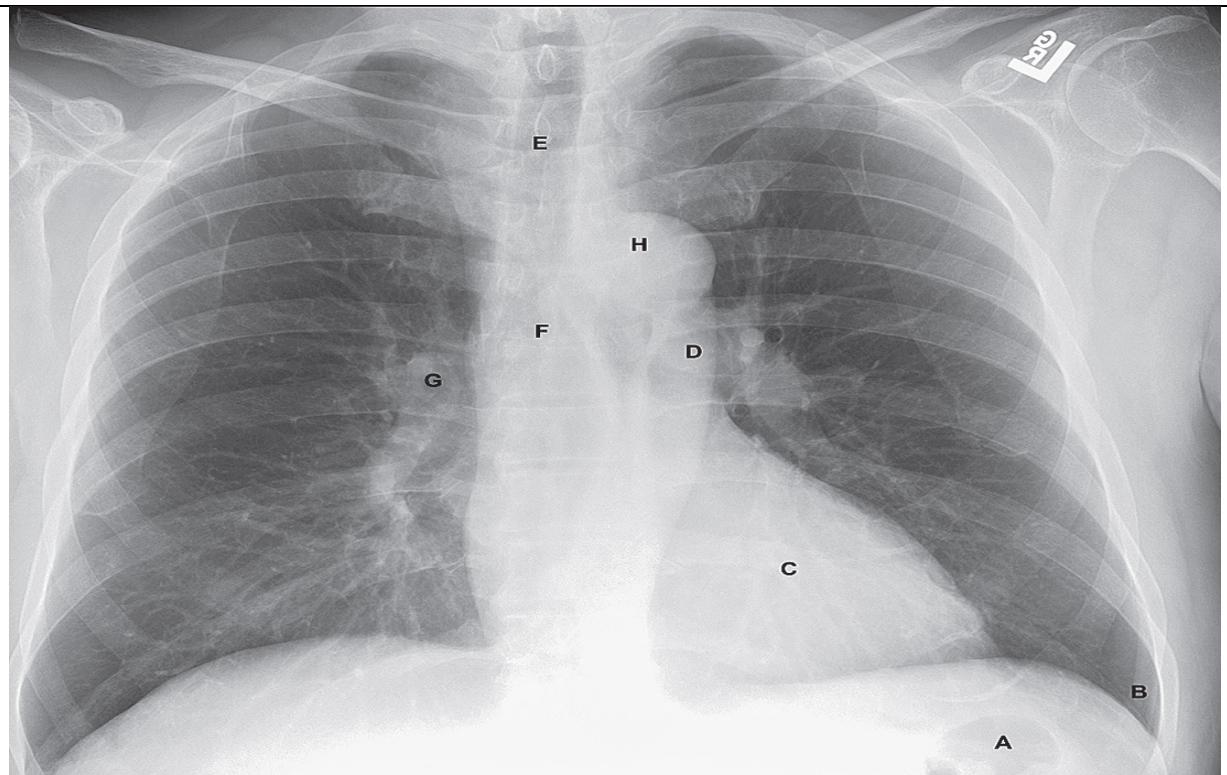
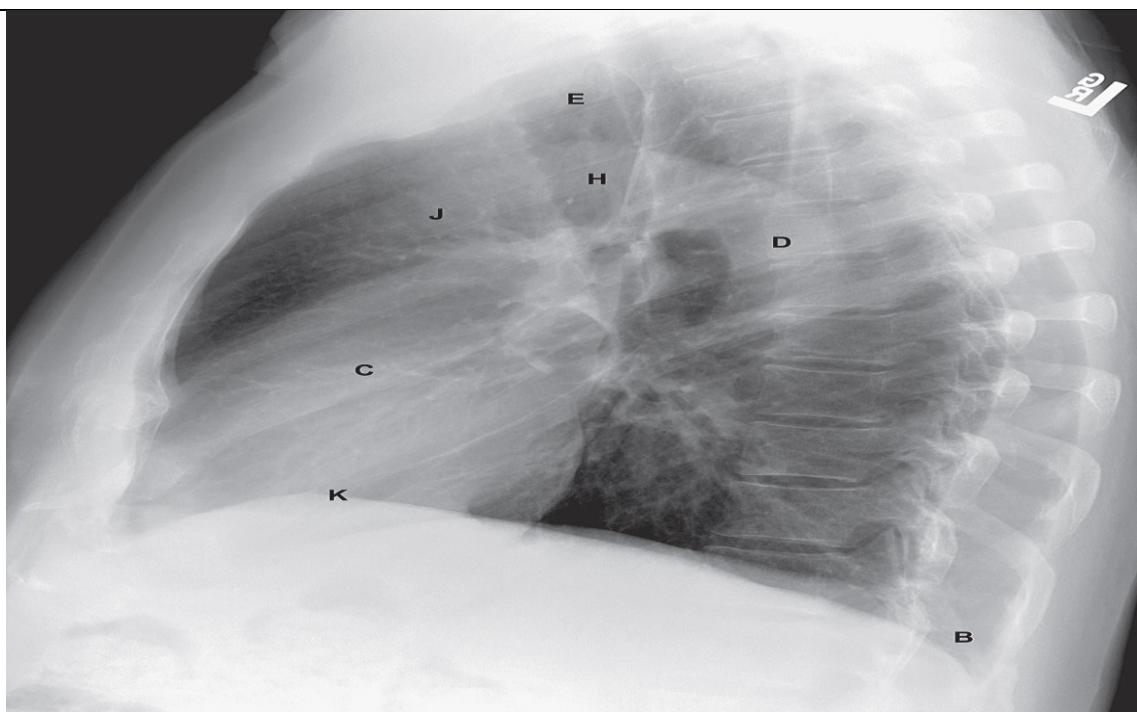


Figure 23 Radiographie thoracique de face, incidence PA



A : Poche à aire gastrique ;B :cul de sac costo diaphragmatique ;C :Cœur ;D :Aorte descendante ;E :Trachée ;F :carène ;G :Hile pulmonaire ;H :Bouton aortique ;J :Aorte ascendante ;K :Diaphragme droit

3 Imagerie en coupes

Les techniques d'imagerie en coupes notamment la tomodensitométrie (TDM) ; l'échographie et l'IRM ont révolutionné l'imagerie, thoracique entre autres.

Ces techniques d'imagerie en coupes tridimensionnelles ont permis de régler le problème de superposition des structures anatomiques qui se posait lors de la radiographie conventionnelle.

Elle a permis d'améliorer la résolution spatiale qui est une mesure de la finesse des détails d'une image pour une dimension donnée (nombre de pixels par unité de longueur).

Elle a permis d'améliorer la résolution en contraste qui est la possibilité de différencier des structures à faibles différences de densité.

Les données numériques peuvent être traitées pour améliorer le contraste des tissus et la luminosité ou pour visualiser l'anatomie dans les différents plans et en trois dimensions ; c'est le post traitement des images.

3.1 Tomodensitométrie (TDM)

3.1.1 Définition

La tomodensitométrie (TDM) appelé aussi scanner où « computed tomography »(CT) se définit comme une chaîne radiologique tomographique effectuant la mesure de l'atténuation d'un faisceau de rayons X à la traversée d'un volume anatomique avec reconstruction matricielle d'une image numérisée.

Depuis sa mise au point en 1971 ; la TDM a connu deux innovations majeurs :

- Le balayage de l'objet par le faisceau de rayons (X) qui est passé du mode séquentiel au mode hélicoïdale (ou spiralé) par le déplacement simultané du lit et du tube.
- Le système de détection qui est passé du mode monocoupe à l'acquisition multicoupe, désignés comme scanner multi barrette où multi détecteurs.

L'inconvénient de cette technique est qu'elle est irradiante cependant le défi des constructeurs est de réduire la dose d'irradiation émise tout en obtenant des images de bonne qualité et cela reste possible grâce aux avancées technologique et des logiciels des scanners de nouvelle génération.



Figure 24 Scanner(TDM)

3.1.2 Intérêt de la TDM dans l'étude du thorax

La TDM tout comme la radiographie est basée sur les rayons (X), cependant la TDM nous permet surtout une meilleure résolution spatiale et aussi une meilleure résolution en contraste.

Le caractère tridimensionnel de la TDM nous permet une meilleure précision topographique que la radiographie.

Le calcul des densités nous permet une meilleur précisons sur la nature des tissus.

La TDM nous permet l'étude vasculaire après injection intra veineuse de produit de contraste iodé.

3.1.3 Chaine radiologique

Générateur de rayons (X) : Le générateur alimente le tube à rayons X. Il délivre une haute tension continue (80 à 140 kV) ainsi qu'un milli-ampérage constant (de 10 à 500 mA).

Tube à rayons(X) à anode tournante, à double foyer.

Filtration et collimation

Le filtre est une lame métallique de faible épaisseur permettant un spectre de rayonnement étroit.

La collimation primaire est située en aval de la filtration, elle calibre le faisceau de rayons X en fonction de l'épaisseur de coupe désirée, elle limite l'irradiation inutile .

La collimation secondaire est placée avant les détecteurs, elle limite les rayons diffusés par le patient et intervient parfois dans l'épaisseur de coupe.

La collimation de champ : limite le faisceau de rayons X au champ choisi.

DéTECTEURS SOLIDES :

Disposés en couronnes, les photons sont absorbés par un scintillateur (céramique) et convertis en photons lumineux, eux même convertis en signal électrique par une photodiode.

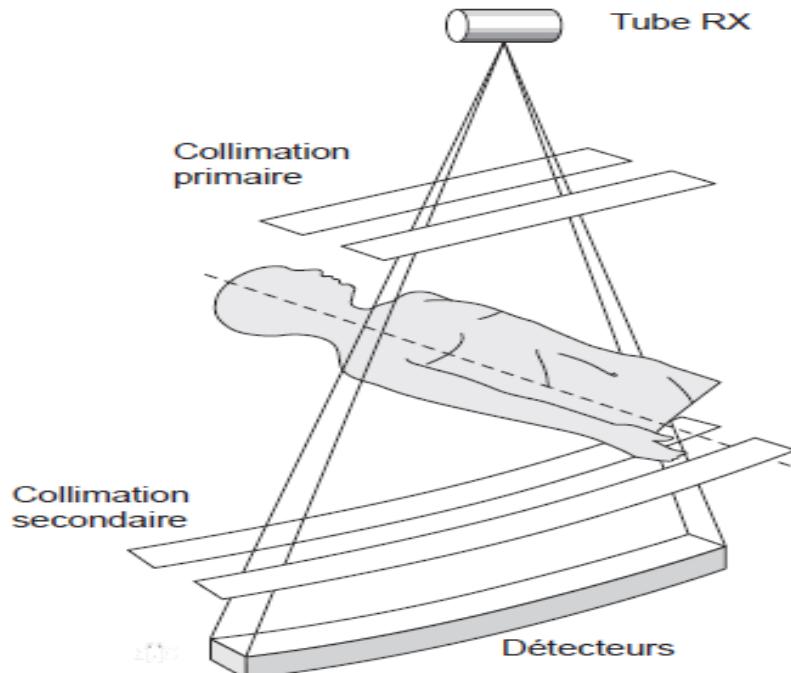


Figure 25 Collimation primaire et secondaire

3.1.4 Principes de formation de l'image TDM

Le patient est couché sur une table mobile qui passe par un tunnel cylindrique ou portique. Dans la paroi du portique, un tube à rayons X (T) tourne autour du patient.

Le faisceau de rayons (X) frappe plusieurs petits détecteurs de rayonnement dans la paroi opposée du portique, le rayonnement détecté est quantifié et synthétisé en une image numérique. Le principe repose sur la mesure de l'atténuation d'un faisceau de rayons X qui traverse un segment du corps. Le tube et les détecteurs tournent autour de l'objet à examiner.

Les détecteurs transforment les photons X en signal électrique.

De multiples profils d'atténuation sont obtenus à des angles de rotation différents. Ils sont échantillonnés et numérisés. Les données sont filtrées et rétroprojetées sur une matrice de reconstruction puis transformées en image analogique.

Le coefficient d'atténuation est exprimé en unité Hounsfield (UH) qui est l'unité de mesure de la densité en TDM, allant de -1000 UH pour l'air à +3095 UH pour les objets les plus denses.

Le scanner est calibré selon certains densités tissulaires tels que : Eau pure (0 UH) ; air pur (-1000UH) ; poumon (-800 UH), Graisse (-120 UH), muscle (+40 UH) ; Os (+350 UH).

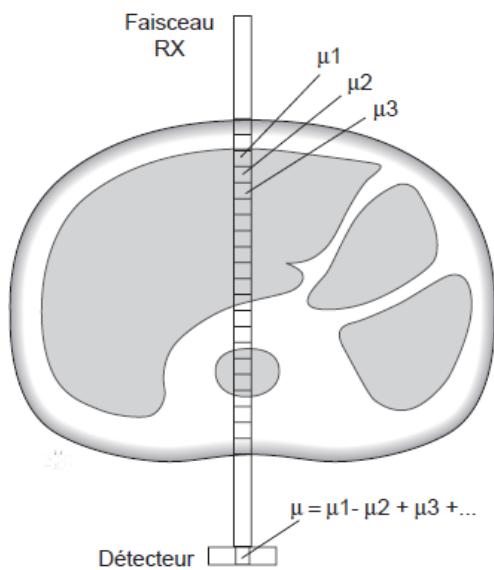


Figure 26 schéma montrant l'atténuation mesurée par un détecteur qui dépend de toutes les structures traversées et la valeur calculée est une moyenne (μ)

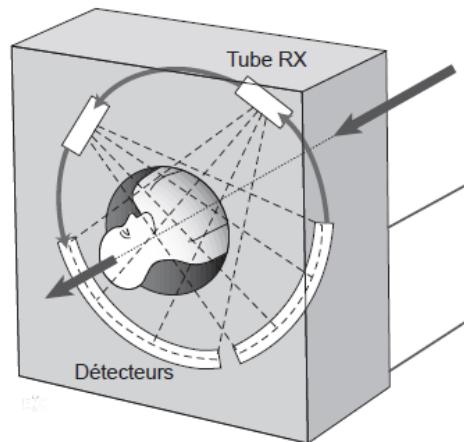
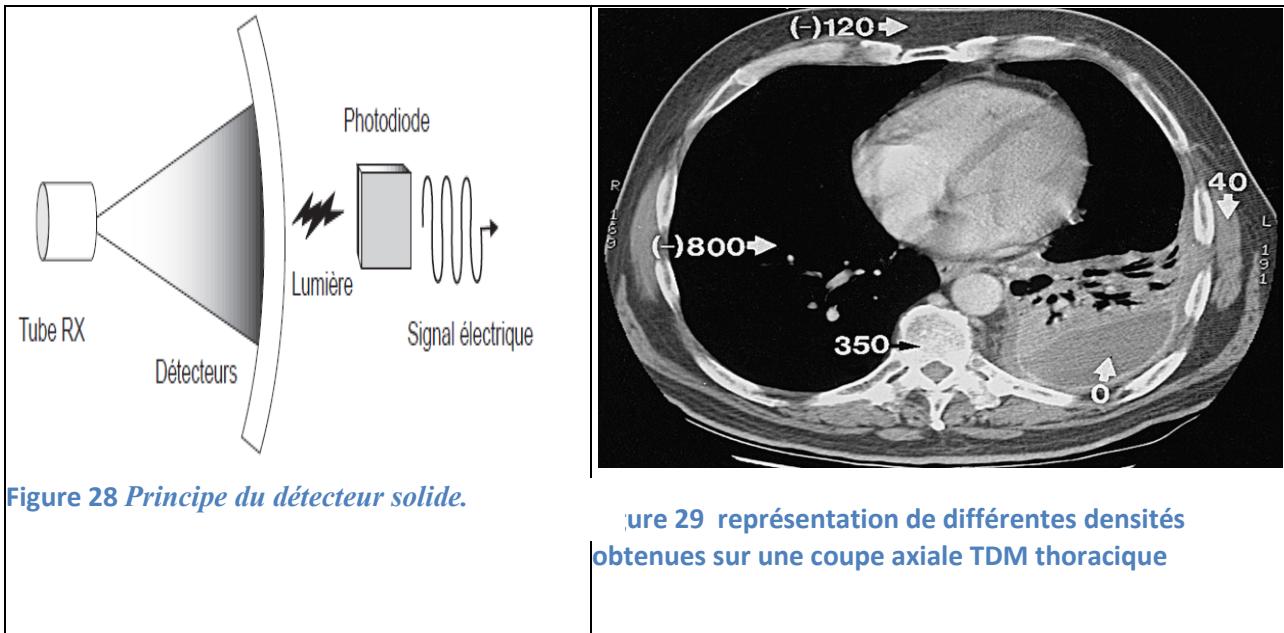
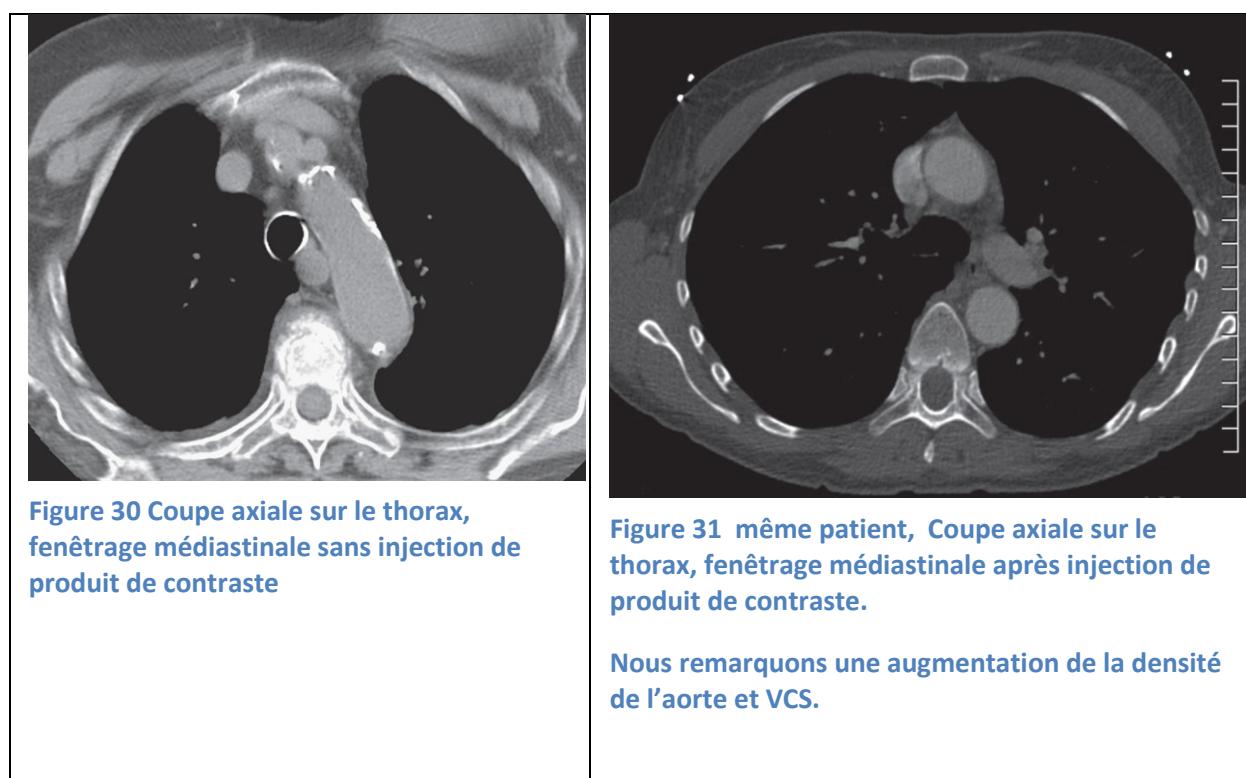


Figure 27 le tube et les détecteurs tournent autour du patient, de multiples mesures d'atténuation sont effectuées selon différents angles de rotation du tube



L'injection intra veineuse de produit de contraste iodé permet d'augmenter la densité du sang (rehaussement) ce qui nous permet l'étude vasculaire.



3.1.5 Principe de lecture et post traitement de l'image obtenu

Une fois les images obtenues, le radiologue peut passer à l'étape de lecture et de post traitement des images.

Choisir le bon fenêtrage de densités suivant la structure qu'on veut étudier .La fenêtre est une gamme de densités qui intervient dans le contraste de l'image, elle est définie par un niveau et une largeur.

Par exemple :

Un niveau de -600 UH et une largeur de 1600 UH permet d'analyser l'air alvéolaire ; on parle de fenêtre parenchymateuse.

Un niveau de +30 à +50 UH et une largeur de 200 à 400 UH permet l'analyse des éléments mediastinaux ; on parle de fenêtre mediastinale(fenêtre tissus mou) .

Un niveau de +200UH avec une largeur de 120UH permet l'étude des éléments osseux, on parle de fenêtre osseuse (Voir la figure 29).

Lorsqu'il s'agit d'images axiales, le principe est comme si on voyait le patient d'en bas donc la droite du patient est sur notre gauche et la gauche du patient est sur notre droite.

Au besoin nous pouvons faire des reconstructions multiplanaires et volumiques.

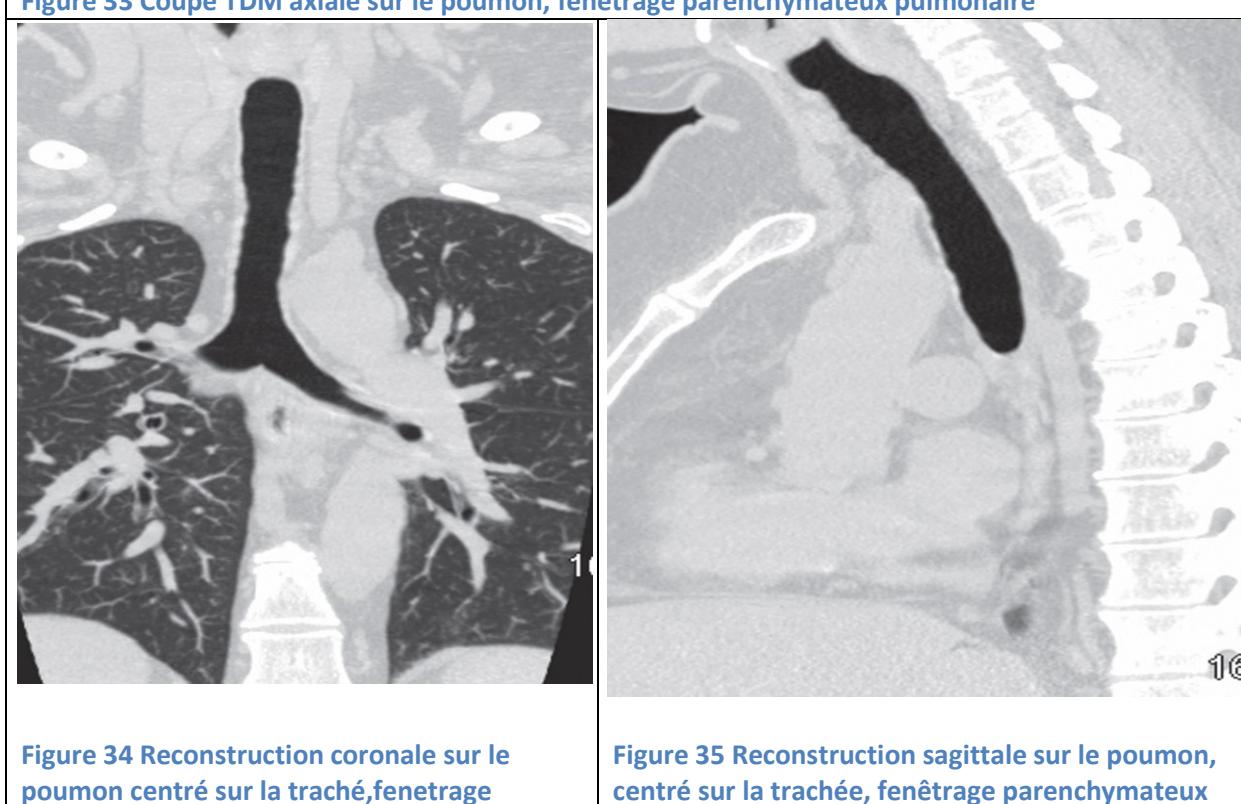
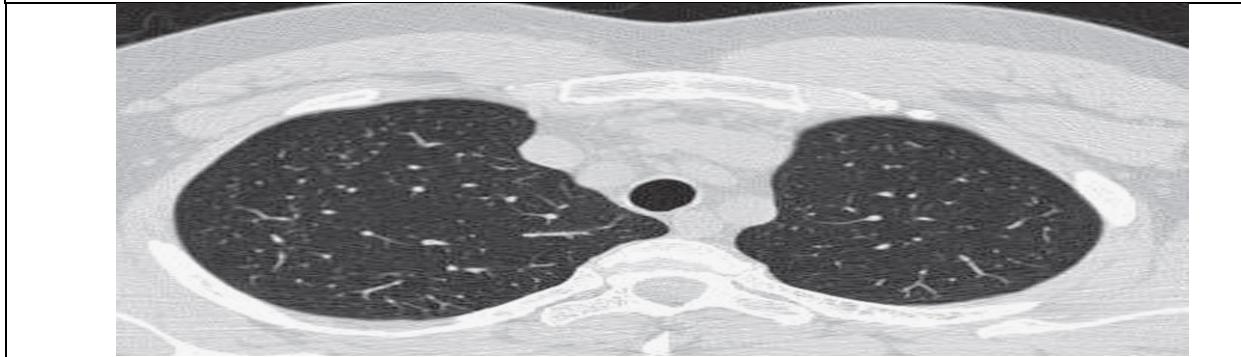
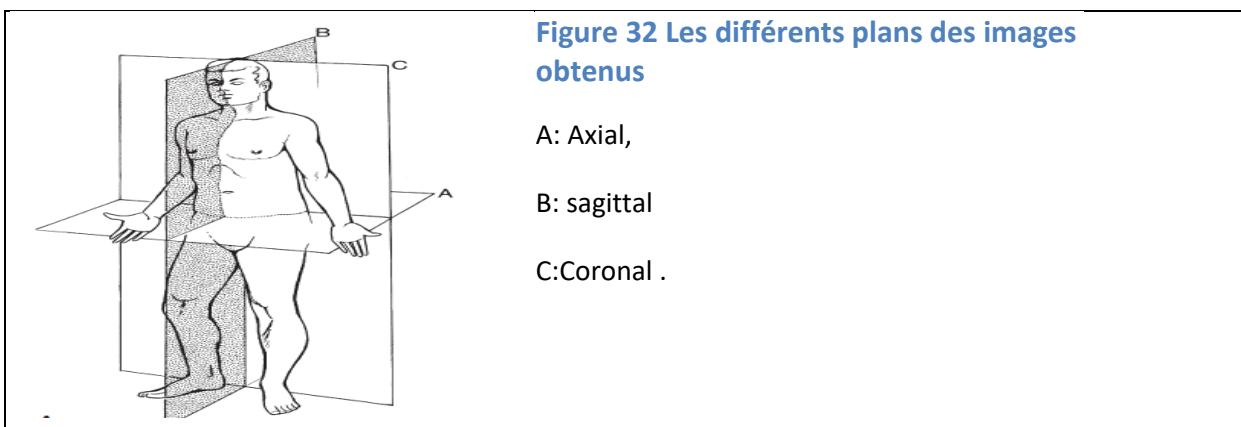
Les images produites par la TDM sont les images axiales en routine (images natives) et à partir de ces derniers, nous pouvons faire des reconstructions multi planaires et volumiques pour obtenir les autres plans.

Dans le plan axial, l'image est perpendiculaire au grand axe du patient.

Dans le plan sagittal, l'image est parallèle au plan latéral du patient.

Dans le plan coronal, l'image est parallèle au plan frontal du patient.

Toutes les autres images sont des images obliques.



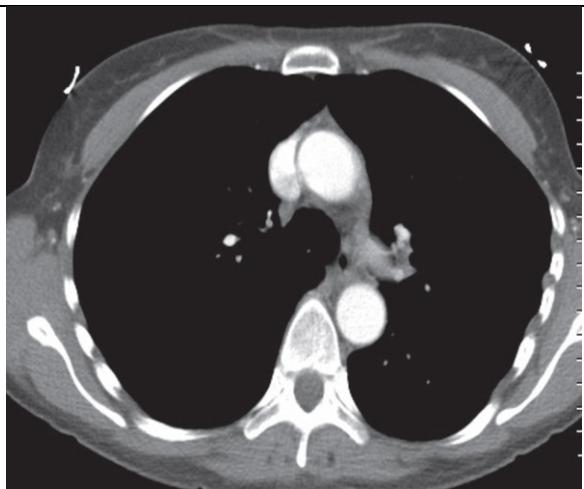


Figure 36 Coupe TDM axiale sur le thorax, en fenêtrage médiastinale



Figure 37 Coups axiale sur le thorax, en fenêtrage osseux.

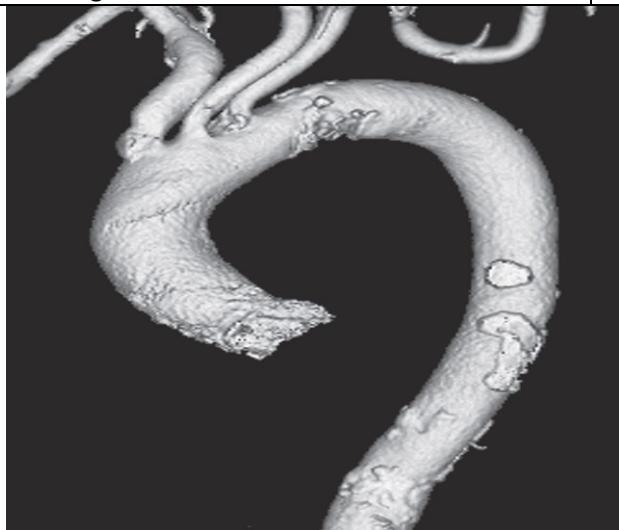


Figure 38 Reconstruction volumique sur l'aorte

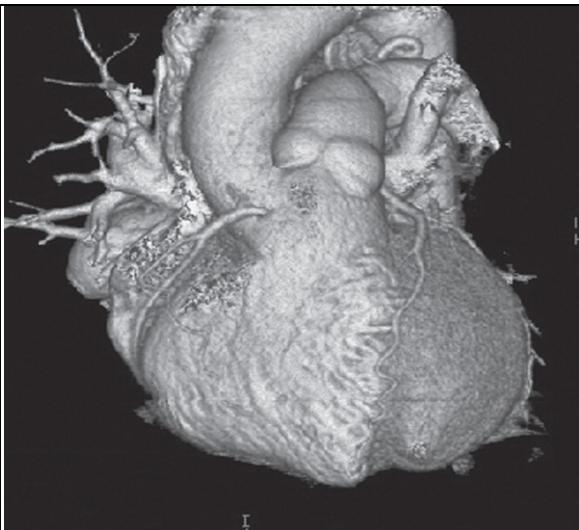


Figure 39 Reconstruction volumique sur le cœur

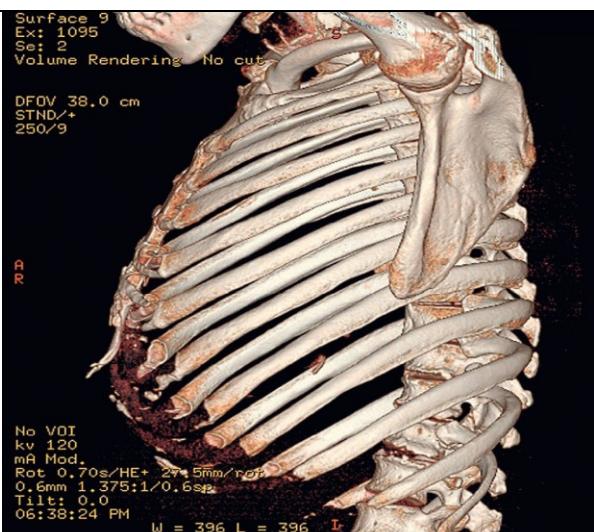


Figure 40 Reconstruction volumique sur la cage thoracique

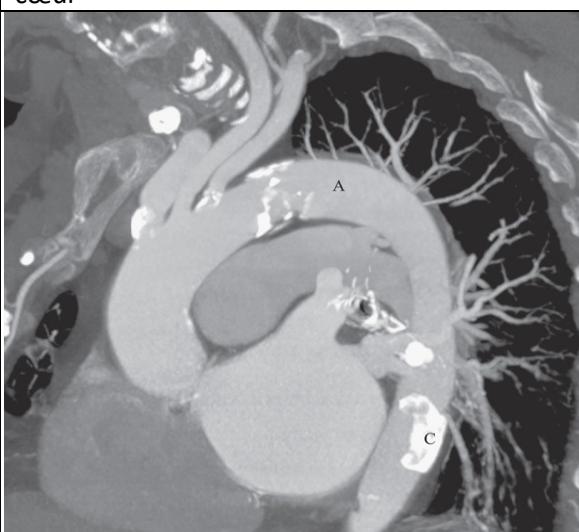


Figure 41 Reconstruction MIP (Maximum Intensity Projection) sur l'aorte thoracique.

3.2 Autres techniques d'imagerie

3.2.1 Imagerie par résonnance magnétique(IRM) :

Le principe physique de l'IRM est totalement différent de celui de la radiographie standard et de la TDM.

L'IRM est une technique non irradiante (pas d'émission de rayonnement ionisant) et nous offre une meilleure résolution en contraste que la TDM, cette dernière étant meilleure dans la résolution spéciale et moins couteuse que l'IRM.

Pour simplifier, son principe consiste à réaliser des images du corps humain grâce aux nombreux atomes d'hydrogène qu'il contient, le patient est exposé dans la ganterie à un champ magnétique de haute intensité et des pulsions de radio fréquence sont appliquées.

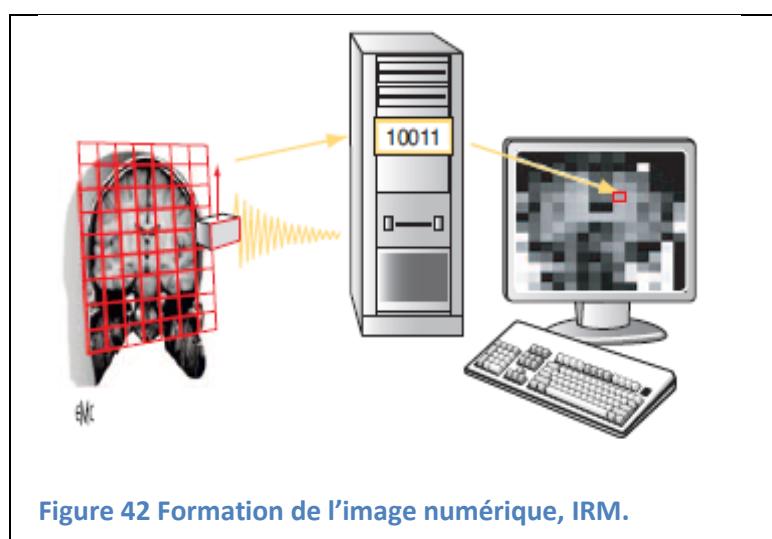
Les images obtenues sont basées sur l'absorption et l'émission d'énergie de radio fréquence.

Les différents types d'impulsions créent différents type d'image de telle sorte qu'une substance apparaissant en blanc dans un groupe d'images peut apparaître en noir dans un autre groupe d'images.

Donc, pour chaque examen plusieurs groupes d'images sont obtenus (séquence d'images) ; la combinaison de l'information obtenue de ces images permet la caractérisation tissulaire.

Ces différentes sortes d'images peuvent être appelées images pondérées et cela dépend des caractéristiques tissulaires mises en évidences par chaque «séquence d'impulsion».

En IRM tout comme en TDM, toute image numérique représente la mesure d'un paramètre dans un élément de volume appelé voxel. Le résultat de cette mesure est numérisé puis représenté par un niveau de gris ou de couleur dans un pixel correspondant. En IRM, la grandeur mesurée est l'intensité de l'aimantation créée au sein des tissus par le champ magnétique principal. Cette aimantation est mesurée par l'intermédiaire d'un signal de résonnance magnétique nucléaire (RMN), d'où les termes d'hypersignal ou d'hyposignal employés pour décrire les images, voir figure ci-dessous :



Les images peuvent être décrites comme relativement pondéré en T1 ou T2. Il n'est pas nécessaire d'apprendre ce que signifient T1 et T2, mais il peut être utile de savoir que le fluide simple a tendance à être clair sur les images pondérées T2, on parle d'hypersignal T2 et sombre sur les images pondérées T1, on parle d'hypo signal T1. A l'inverse, la graisse est en hyper signal T1.

Tous comme la TDM, à l'IRM nous pouvons injecter du produit de contraste appelé Gadolinium pour l'étude vasculaire.

L'intérêt de l'IRM dans le thorax est surtout dans l'exploration morphologique et fonctionnelle du cœur(en complément de l'échocardiographie) ; dans l'exploration du médiastin lorsque la TDM est insuffisante ou contre indiquée ainsi que dans l'exploration des parties molles de la paroi thoracique en complément de l'échographie des parties molles en général.



Figure 43 Statif de l'IRM

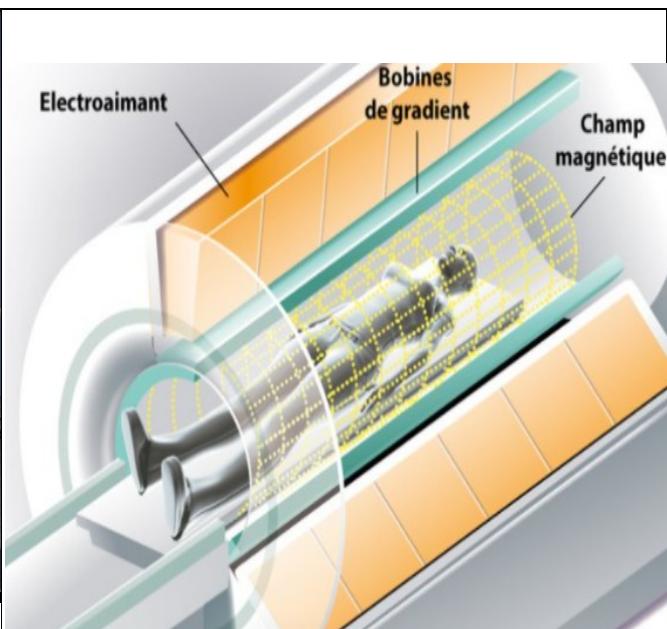


Figure 44 Intérieur de la ganterie

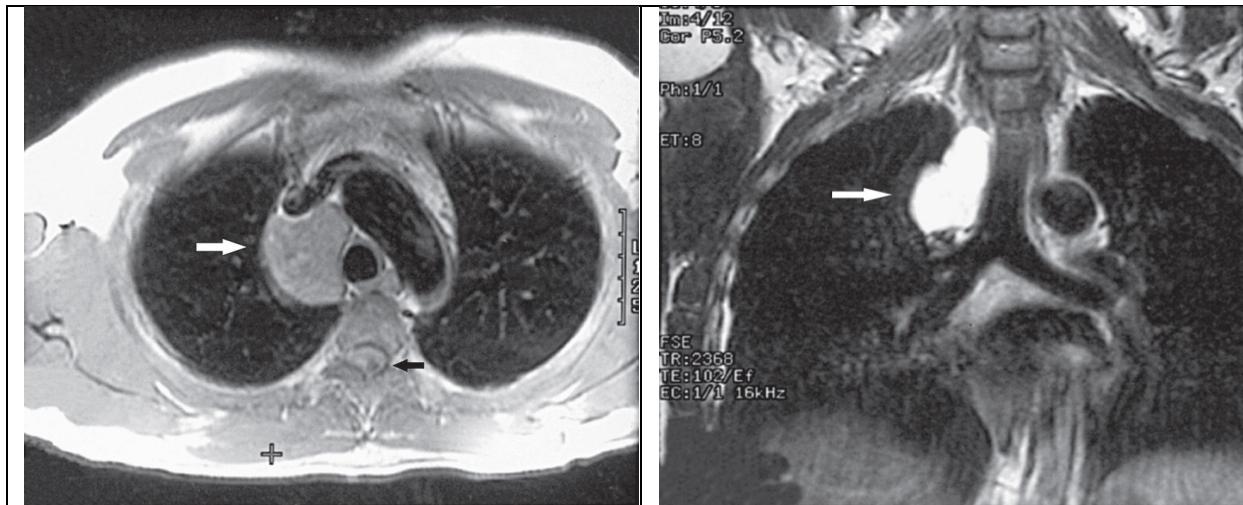


Figure 45 Coupe IRM axiale d'une séquence pondérée en T1 montrant une masse médiastinale para trachéale apparaissant en signal intermédiaire.

Figure 46 Coupe IRM coronale d'une séquence pondérée en T2 montrant la même masse apparaissant en hyper signal.

3.2.2 L'échographie trans thoracique

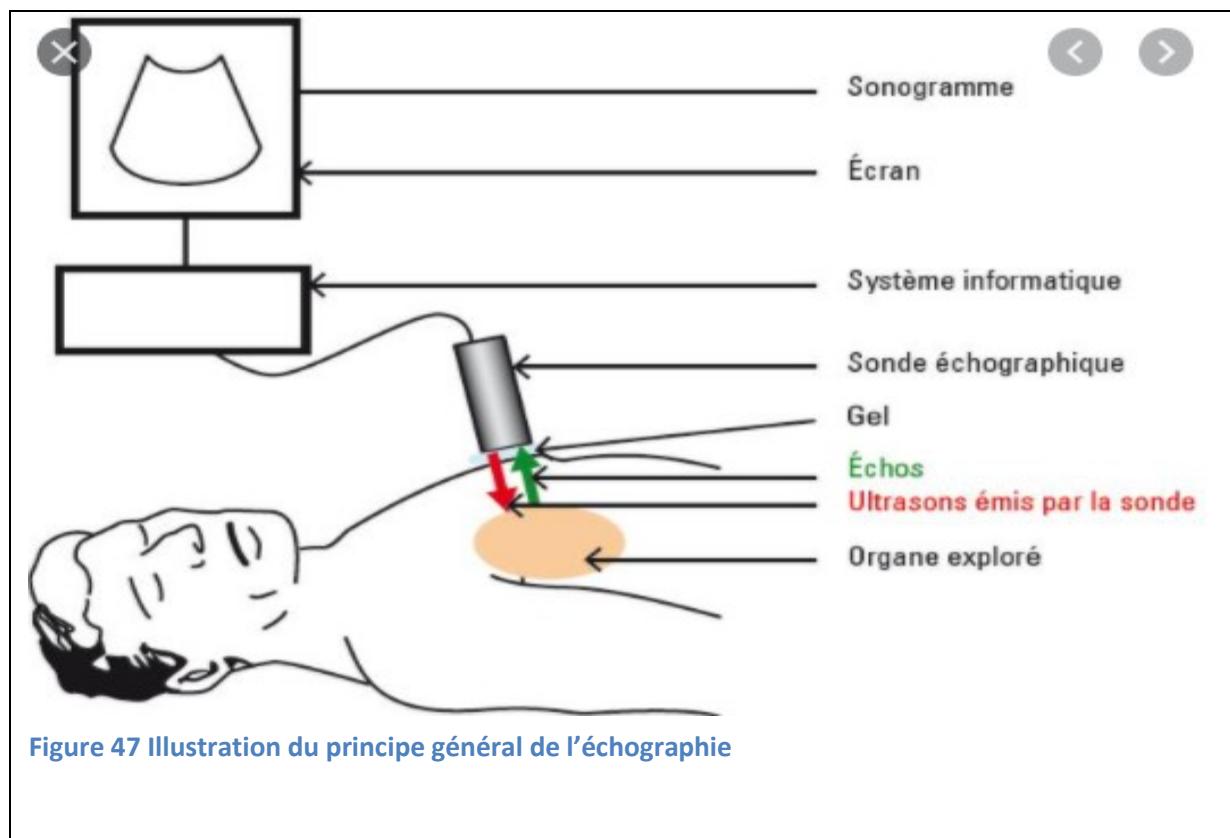
L'échographie est une technique basée sur les ondes ultrasonores qui sont sans effets secondaires contrairement aux rayons(X) qui sont irradiants.

L'inconvénient de cette technique est quelle est opérateur dépendant .

Au niveau du thorax elle est indiquée surtout à la recherche des épanchements liquidiens pleuraux, péricardiques ainsi que dans l'exploration morphologique et fonctionnelle du cœur (échographie cardiaque) ; sans oublier l'étude des parties molles de la paroi thoracique.

Ces ultrasons sont émises par une sonde d'échographie (transducteur) posée sur la région du corps à explorer et dont le type de sonde et la fréquence d'émission de ces ondes sont choisis surtout selon la profondeur des organes explorés (plus il est profond, plus la fréquence doit être basse).

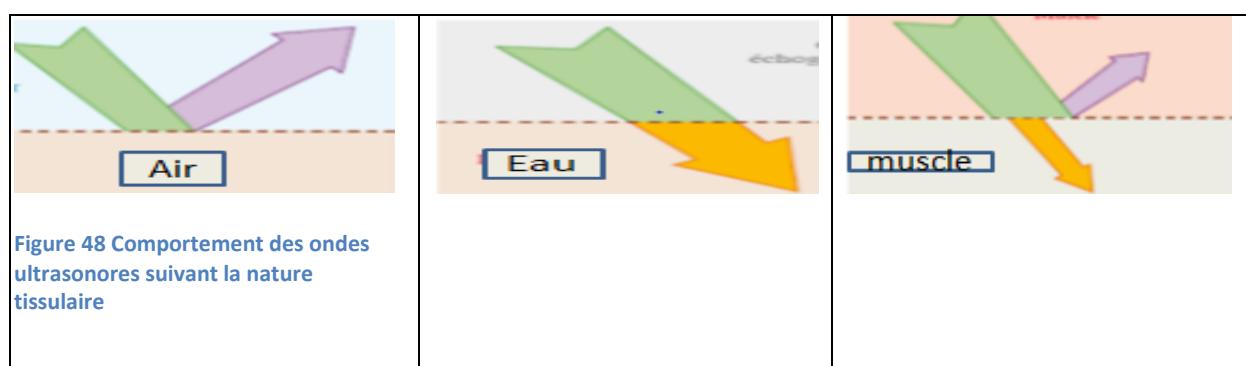
Ces ondes traversent les différents organes explorés et dont une partie est réfléchies et détectée par le transducteur puis transformées en images (niveau de gris).



Les fluides réfléchissent peu et se laissent traversés par les ondes ultrasonores (transsonore) donnant des images très hypo échogènes (anéchogène, tend vers le noir) tel que le contenu vésical, vésiculaire ou alors les épanchements liquidiens dans le thorax.

Les tissus mous : absorbent, réfléchissent et devient les ondes, donnant une échogénicité hétérogène.

L'aire et l'os sont peu traversés par les ondes ultrasonores qui sont hyper réfléchies causant des artefacts, donc difficilement analysables à l'échographie ; la TDM étant l'examen de choix pour ces derniers.



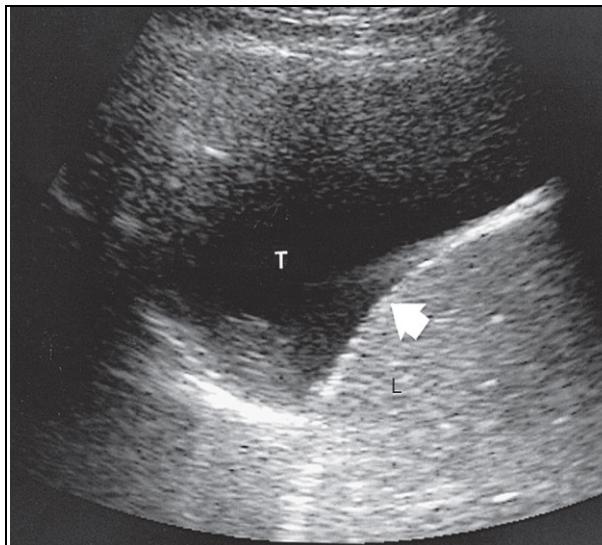


Figure 49 Coupe échographique montrant un épanchement pleural droit liquide (T)

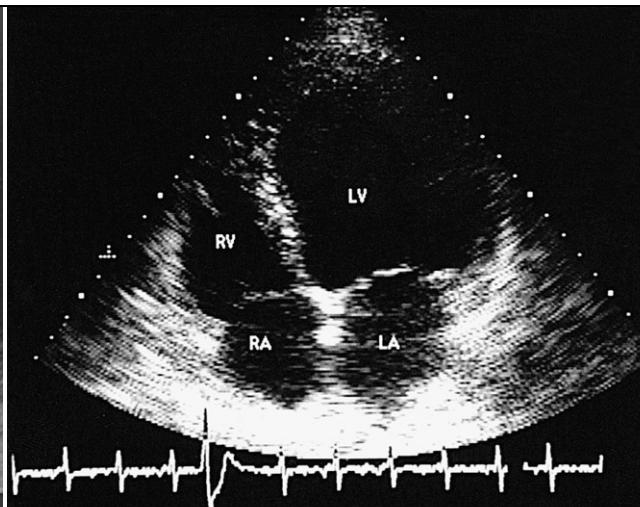


Figure 50 Echocardiographie

3.2.3 Médecine nucléaire

C'est une spécialité médicale qui traite l'ensemble des applications médicales de la radioactivité en médecine, elle trouve son indication dans l'exploration du thorax, les techniques utilisés et les indications sont détaillés ci-dessous :

- La scintigraphie pulmonaire

C'est une méthode d'exploration radio isotopique. Elle consiste à explorer la circulation pulmonaire et la ventilation pulmonaire.

Principe :

L'examen est réalisé à l'aide d'une Gamma caméra couplée à un ordinateur.

La scintigraphie de ventilation consiste à vérifier la circulation aérienne des poumons en respirant un aérosol radioactif.

La scintigraphie de perfusion vérifie la circulation sanguine des poumons en injectant un isotope radioactif dans une veine du bras.

Un rayonnement gamma est émis par l'organe cible, détectés et localisés par la gamma camera ; les images sont obtenus dans les différents incidences.

Le but est d'analyser la distribution de l'élément radioactif au niveau des deux champs pulmonaires.

Indication : Elle est indiquée dans les processus pathologiques qui peuvent amputer les fonctions de ventilation et /ou de perfusion, surtout dans le diagnostic des embolies pulmonaires.

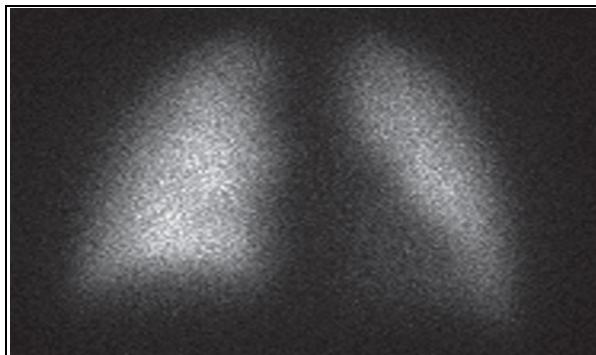


Figure 51 Scintigraphie de perfusion, fixation homogène

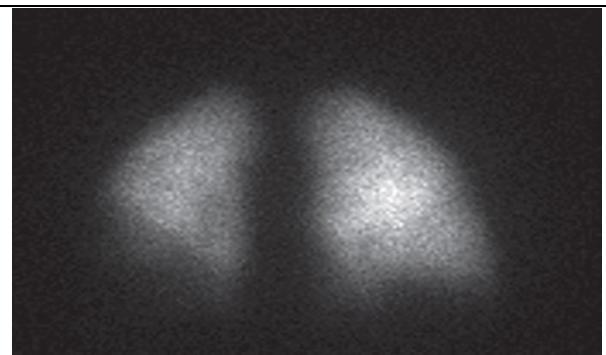


Figure 52 Scintigraphie de perfusion, absence de fixation au lobe inférieur droit : Embolie pulmonaire

- **La scintigraphie cardiaque où myocardique :**

C'est un examen qui permet d'évaluer la perfusion du myocarde, autrement dit la qualité de l'irrigation du muscle cardiaque par les artères coronaires.

Elle nécessite l'injection par voie veineuse d'un produit radioactif (Thallium 201 ou technétium) qui se fixe dans les différentes parties du muscle cardiaque.

Réalisée à l'effort et/ou au repos, la scintigraphie cardiaque permet aussi d'apprécier le fonctionnement du muscle cardiaque, sa capacité à se contracter, grâce au calcul de la fraction d'éjection.

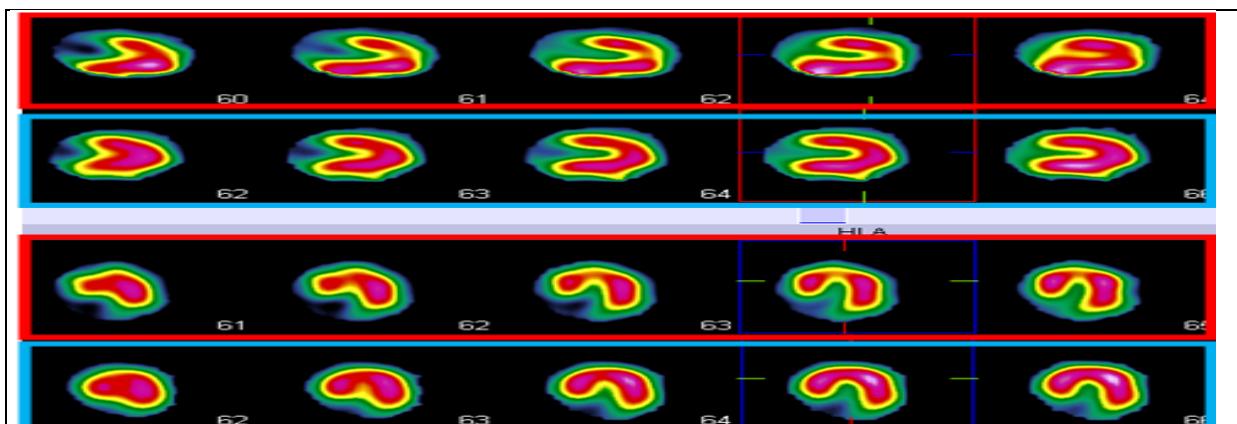


Figure 53 Scintigraphie myocardique, deux incidences différentes

Images encadré en bleu scintigraphie de repos

Images encadré en rouge : scintigraphie d'effort

On remarque un défaut de perfusion à l'effort (en rose orangé) confirmant une ischémie myocardique d'effort (myocarde antéro apical).

- **TEP_scanner (PET_CT):**

La tomographie par émission de positons (TEP) est une technique d'imagerie fonctionnelle de médecine nucléaire ayant fait la preuve de son intérêt clinique principalement en cancérologie.

La TEP fusionnée à la TDM, permet de combiner l'information métabolique (TEP) à l'information morphologique (CT).

Le traceur le plus souvent utilisé, le [18F]-fluorodésoxyglucose (FDG) (Fluorodeoxyglucose marqué au 18F) ; la captation est proportionnelle à l'activité proliférative et au nombre de cellules viables dans une tumeur ; l'isotope concentré est ensuite détecté comme un point lumineux et la fusion avec le scanner(CT) permet de donner les détails anatomique (siège exact de la fixation).

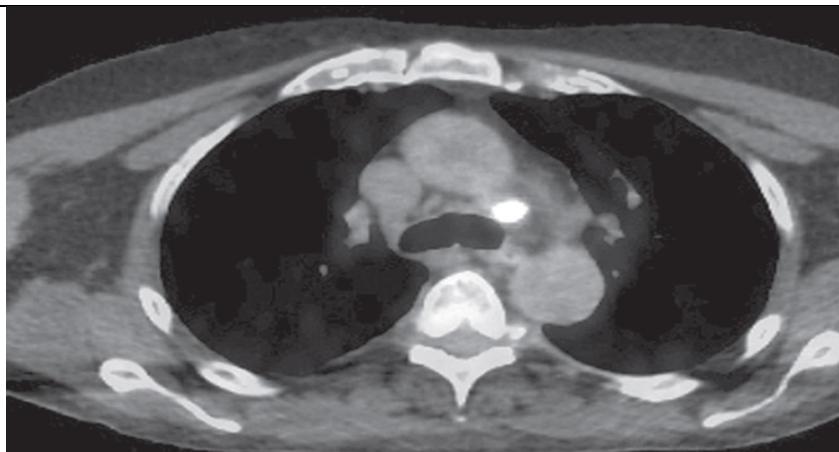


Figure 54 Coupe TEP_SCAN, fixation d'un ganglion mediastinale

4 Risques et précautions

4.1 Rayonnement (X) ionisants

Les techniques d'imagerie qui utilisent les radiations ionisantes (rayons X) sont les radiographies, la tomodensitométrie.

Il est prouvé qu'une exposition forte, prolongée ou répétée aux rayons X peut provoquer l'apparition de mutations génétiques et de cancers. Cependant, dans la pratique médicale courante, les doses utilisées en routine sont généralement très loin des doses seuils à partir desquelles sont constatés des effets graves et immédiats, cependant il ne faut pas oublier le caractère cumulatif des doses d'irradiation auquel nos organes sont exposés.

La quantité de rayons X délivrée dépend de l'examen radiologique utilisé, la TDM étant la plus irradiante.

Les organes n'ont pas tous la même sensibilité au rayonnement ionisant ; la grandeur dosimétrique utilisée est la dose efficace exprimée en millisievert (m SV).

Pour les précautions à prendre ; tout d'abord il faut évaluer le rapport bénéfice/risque de la technique d'imagerie et voir si il y'a possibilité de la remplacer par une autre technique moins irradiante ou non irradiante ; par exemple pour le thorax on ne doit pas recourir à la TDM si les informations obtenus en utilisant une radiographie standard sont suffisantes.

Chez l'enfant, la sensibilité des organes cibles aux radiations ionisantes est supérieure à s'elle de l'adulte, l'espérance de vie de l'enfant étant théoriquement supérieure, le risque de développer un cancer radio-induit est plus élevé

Pour la femme enceinte, il y'a un risque tératogène notamment au premier trimestre, de ce fait il est préférable de décaler l'examen après l'accouchement si possible ou le remplacer par une technique non irradiante, sinon on doit réduire au maximum la dose délivrée en optimisant la technique et réduire l'exposition en utilisant un tablier plombé , cependant en pratique c'est surtout la TDM abdominale et du bassin qui exposent le plus à ce risque.

4.2 Risque liés aux produits de contraste

La réaction la plus grave mais très rare est l'hypersensibilité allergique immédiate (anaphylaxie), imprévisible, nécessitant des mesures de réanimations et dont les facteurs de risques ne sont pas connus mais le seul qui est identifié correspond à un antécédent de réaction allergique immédiate au produit de contraste, justifiant la réalisation d'un bilan allergologique ; la seul prévention étant la non introduction de l'allergène.

Le produit de contraste iodé peut aggraver la symptomatologie d'un asthmatique donc il convient d'équilibrer l'asthme avant toute injection, un avis en pneumologie sera par conséquent requis.

Le terrain atopique peut favoriser une histamino libération non spécifique à l'origine de réactions peu sévère (érythème urticaire localisé) ; peuvent être prévenus par l'administration préalable d'un antihistaminique de type H1 (pré médication) et par le recours à un produit de contraste iodé non ionique.

Les recommandations sus cités concernent surtout le produit de contraste iodé (utilisé dans le scanner) mais peut concerner aussi et de façon exceptionnelle les produits de contrastes gadolinés (utilisés dans l'IRM).

Pour l'insuffisance rénale, le risque est la survenu d'insuffisance rénale aigue (IRA) post contraste , surtout si la clearance à la créatinine est inférieure à 30ml/mn, cependant il n'y a pas de contre indication absolu car c'est en fonction de l'évaluation du rapport bénéfice/risque et du degré de l'urgence.

Si le radiologue et le clinicien sont obligés de réaliser l'examen malgré l'insuffisance rénale, une bonne hydratation du patient est nécessaire.

4.3 IRM

Les contre indications de l'IRM sont en rapport avec le champ électromagnétique dont le patient est exposé durant l'examen avec risque de déplacement (effet projectile) et dysfonctionnement des objets ferromagnétiques :

Les contres indications absolus :

Les stimulateurs cardiaques (Pacemaker).

Défibrillateurs cardiaques implantables.

Certains systèmes d'injection automatisés implantés : pompe à insuline.

Neurostimulateurs

Implants cochléaires.

Clips vasculaires ferromagnétiques intra cérébraux.

Certains systèmes de régulation de température intra vasculaire.

Les corps étrangers métalliques, en particulier intra oculaires ou situés à proximité des zones à risque : système nerveux, système vasculaire.

Les contres indications relatives :

Grossesse (1^{er} trimestre), par mesure de précaution sauf si l'apport diagnostique est évident et l'examen ne peut pas être décalé ni remplacé par une autre technique (non irradiante).

Implants métalliques divers suivant la nature de l'implant (ferromagnétique ou non) et de la zone anatomique d'implantation.

Claustrophobie.

Eclats métalliques avec le risque de déplacement et réchauffement, en fonction de leurs caractères ferromagnétiques et de leur situation anatomique.

Dispositifs trans dermiques (patch contenant feuillet métallique) ; tatouage et piercing avec le risque de brûlure si ils sont situés dans le champ d'exploration.

Implants post opératoires :

Si non ferromagnétiques, l'IRM peut être faite immédiatement.

Si légèrement ferromagnétiques (stents, coils, filtres..), il faut attendre 6 à 8 semaines avant d'effectuer l'IRM.

NB : les valves cardiaques et les anneaux d'annuloplastie ne sont pas contre indiquées (car en général non ferromagnétiques).

Les DIU (dispositifs intra utérins) ne sont pas contre indiquées.

5 Conclusion

Le médecin doit Connaitre et Respecter l'indication de chaque modalité d'imagerie.

Pour l'exploration pulmonaire: la radiographie thoracique reste l'examen de première intention.

Le médecin doit connaitre la technique et les critères de bonne qualité d'une radiographie thoracique.

La TDM est l'examen de choix dans l'exploration de la majorité des pathologies thoraciques mais c'est une technique irradiante.

L'IRM pour le thorax est surtout indiquée dans l'exploration cardiaque.

L'échographie est indiquée surtout pour l'exploration cardiaque et épanchements pleuraux.

La médecine nucléaire permet une approche fonctionnelle dans l'analyse de certaines pathologies cardio pulmonaires et dans le bilan carcinologique.

Le médecin doit connaitre et prendre en considération les risques, contre indications et les précautions à prendre avant la réalisation de l'examen radiologique.

6 Bibliographie

- 1) D.Régent,D.Mandry,V.Croise –Laurent,A.Olivier,F.Jausset,V.Lombard Production des rayons (X) par scannographie *Encyclopédie Médico-Chirurgicale 35-050-A-10 ELESEVIER MASSON 2013*
- 2)LAWRENCE R.GOODMAN Felson's Principles of chest roentgenology A programmed text,Fourth etidtion ;ELESEVIER Saunders,copyright 2015.
- 3) *Kenneth L Bontager,John P.Lampignano Positions et incidences en radiologie conventionnelle Guide pratique ELSEVIER MASSON Copyright © 2010*
- 4) B Boyer,E Le Marec,A Ait-Ameur,L Hauret,AM Dion,C Aterii-Tehau ; Tomodensitométrie :principes, formation de l'image ; *Encyclopédie Médico-Chirurgicale 35-170-A-10, 2003 Elsevier*
- 5) M.Boynard Bases physiques et technologiques de l'échographie ultrasonore *Encyclopédie Médico-Chirurgicale 35-000-C-10 © 2006 Elsevier Masson*
- 6) *Philippe Grenier Livre Imagerie thoracique de l'adulte 3ème edition 2006 ELESEVIER MASSON.*
- 7) *J.Bittoun Formation de l'image en Imagerie par résonnance Encyclopédie Médico-Chirurgicale 35-206-A-10, 2003 Elsevier Masson 2008.*
- 8) *Société française de radiologie ,Rayons X et protection 2011*
- 9) <http://agmed.sante.gouv.fr/> (afssaps : agence française de sécurité sanitaire des produits de santé).
- 10) Fred A. Mettler, Jr., MD, MPH Milton J. Guiberteau, MD, FACR, FACNM Essentials of Nuclear Medicine and Molecular Imaging 7th Edition
- 11) Recommandations du CIRTACI : Fiche allergie et Fiche rein