

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEURS ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

RÉPUBLIQUE DU MALI

Peuple -Un But -Une Foi



FACULTÉ DE MÉDECINE DE PHARMACIE
ET D'ODONTO-STOMATOLOGIE

Année universitaire 2009-2011

Thèse N° / /

TITRE

**ANALYSE DU REJET DES FILMS RADIOLOGIQUES
DANS LE CENTRE MÉDICAL CELY DE BAMAKO
AVANT LA MISE EN ŒUVRE DE LA NUMÉRISATION
DE LA RADIOLOGIE CONVENTIONNELLE.**

THESE

Présentée et soutenue publiquement le / /2011

Devant la faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie.

Par **Mr DIALLO Ladj**

Pour obtenir le Grade de Docteur en Médecine (Diplôme d'État)

JURY

Président : Pr agrégé DEMBÉLÉ Mamadou

Membre : Pr DIALLO Mahamadou

Membre : Dr COULIBALY Salia

Co-directeur de thèse : Dr TOURÉ Mahamadou

Directeur de thèse : Pr Titulaire TRAORÉ Issa

DÉDICACES

Je dédie ce travail à :

☞ Allah ! Point de divinité à part Lui, le Vivant, celui qui subsiste par lui-même. Ni somnolence ni sommeil ne Le saisissent. A lui appartient tout ce qui est dans les cieux et sur la terre. Qui peut intercéder auprès de Lui sans sa permission ? Il connaît leur passé et leur futur. Et, de sa science, Il n’embrasse que ce qu’Il veut. Son Trône déborde les cieux et la terre, dont la garde ne Lui coûte aucune peine. Et Il est le très Haut, le très Grand.

Au nom d’Allah, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux. Louange à Allah, Seigneur de l’univers. Le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux. Maître du jour de la rétribution, c’est Toi seul que nous adorons, et c’est Toi seul dont nous implorons le secours. Guide-nous dans le droit chemin, le chemin de ceux que Tu as comblé de faveurs, non pas de ceux qui ont encouru Ta colère, ni des égarés.

Seigneur ! Accorde nous belle part ici-bas, et belle part aussi dans l’au-delà ; et protège-nous du châtement du Feu !

Seigneur ! Ne nous châtie pas s’il nous arrive d’oublier ou de commettre une erreur. Seigneur ! Ne nous charge pas d’un fardeau lourd comme Tu as chargé ceux qui vécutent avant nous. Seigneur ! Ne nous impose pas ce que nous ne pouvons supporter, efface nos fautes, pardonne-nous et fais nous miséricorde. Seigneur, donne-nous, en nos épouses et nos descendants, la joie des yeux, et fais de nous un guide pour les pieux.

Gloire à ton Seigneur, le Seigneur de la puissance. Il est au-dessus de ce qu’ils décrivent ! Et paix sur les Messagers, et louange à Allah, Seigneur de l’univers !

☞ **Mon beau pays le Mali,**

Terre d’hospitalité, ensemble unis dans la foi nous ferons de toi une Afrique :
« la plus belle, la plus enviée, une terre d’accueil, une terre de rencontre, une

terre de fraternité... », Merci pour tout ce que tu nous as donné. Que ce modeste travail soit une pierre que t'apporte un de tes fils pour l'avancement de la politique sanitaire dans le cadre d'imagerie médicale.

☞ **Mes parents :**

C'est avec les yeux débordant de larmes, d'amour et de reconnaissance que je rédige ces mots. Je voudrais vous signifier toute ma gratitude, mais je suis embarrassé, ne voyant pas comment l'exprimer avec exactitude...

☞ **Ma mère : Fanta DIAKITÉ :** Tu es une véritable mère !

Je dirais, tu es incontournable. Tendresse, affection, compagne de tous les jours, aussi bien, dans la souffrance que dans le bonheur, voici ce que tu as été toujours pour moi. Ce travail est le fruit de tes angoisses et des efforts que tu as consentis tout au long de ma formation. Reçois donc ce travail en guise de reconnaissance et d'amour que te témoigne ton fils qui t'aime tant. Qu'ALLAH le tout puissant te garde encore plus longtemps que possible auprès de nous, tout en accordant bonne santé et longue vie. Amen !

Tant qu'Il me gardera en vie, et en bonne santé, je t'accorderai autant d'amour et de considération que tu mérites. Je t'aime maman....

Mon père : Feu Oumar DIALLO :

Paix à ton âme !

que la terre te soit légère ! Tu as su créer en nous l'amour du travail bien fait. Ta présence à chaque étape de notre vie, ta ferme volonté de nous voir réussir et ton grand soutien tant matériel que morale, font de toi un digne père et sans pareil. Mon souhait le plus ardent était de te voir parmi nous aujourd'hui, tout en partageant la joie ensemble, mais seul ALLAH sait ce qu'il fait. Qu'ALLAH t'accepte parmi ses élus du paradis tout en t'accordant le «FIRDAOUS» du paradis .Amen !

A mes mamans :

Feue Hadja kanigbè d'Abengourou, feue Hadja kansa de Bouake, etc....

C'est une grâce pour moi d'être vôtre fils. Combien vous m'aviez admiré ? Je voudrais vous dire également, combien je vous aime autant. Ce travail est une concrétisation de votre souhait ardent de me voir réussir. Mon souhait était de partager ce jour tant attendu avec vous, mais ALLAH seul décide ce qu'il veut. Que la terre vous soit légère, que votre âme repose en paix, et que le paradis soit votre demeure éternelle. Amen !

A mon épouse Adiaratou DIALLO :

Toi qui as accepté de suivre le chemin difficile avec moi. Que notre vie de couple soit pleine de succès, de respect mutuel et surtout d'amour réciproque. Tu n'as ménagé aucun effort pour que ce jour tant attendu arrive. Trouves ici tout mon amour, mon affection inébranlable et mes sincères remerciements pour tout ce que tu as fait et que tu continues toujours à faire pour moi et pour l'entretien de ma mère. Qu'Allah nous laisse unis à jamais. Amen !

Mes tantes et oncles : La vraie richesse d'une famille,

c'est son amour fraternel et réciproque. Recevez ce travail comme un outil de mon attachement à cet idéal.

Mes frères et sœurs, cousins et cousines : de Côte D'Ivoire (Bouake et Abidjan), de Wassulu (Yanfolila, Yorobougoula, Guélékétiguila, Brélé) et des différents quartiers de Bamako (Magnambougou, Bolibana, Sabalibougou, Bankoni, Taliko, Niamakoro, Yirimadio, etc....) Ce travail est aussi le vôtre. Merci pour votre soutien sans faille.

REMERCIEMENTS

Mes sincères remerciements à :

L’Afrique toute entière : Que la recherche de la paix et du développement scientifique et technologique soit la priorité de tes fils. Que ce modeste travail contribue à l’amélioration des pratiques de manipulations radiologiques tant au centre médical CELY, qu’aux différents services de radiologie, qu’ils soient privés ou publiques au Mali et en Afrique.

La Faculté de Médecine de Pharmacie et d’Odontostomatologie

(F.M.P.O.S.) : Plus qu’une faculté d’études médicales, tu as été pour nous une école de formation pour la vie. Nous ferons partout ta fierté. Tous nos souhaits de prospérité et de référence internationale. Amen.

Notre cher maître Professeur Issa TRAORÉ et famille : Merci pour votre soutien morale et matériel durant tout le long de ce travail. Qu’Allah renforce notre lien de connaissance et qu’Il nous laisse unis à jamais. Amen !

Je salue particulièrement notre mère Maïmouna qui fut maintenant « Hadja ».

Qu’Allah accepte son pèlerinage et que les invocations prononcées soient toutes acceptées.

Qu’Allah accorde la paix et le bonheur dans la famille, tout en accordant santé et longévité à notre cher père et maître professeur titulaire de radiologie de renommée international.

Je suis particulièrement très fier d’être parmi vos élèves encadré.

Tout le corps professoral de la F.M.P.O.S. :

Merci Pour l'enseignement de qualité et l'initiation professionnelle que vous nous avez donnés. Trouvez ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Aux ainés Médecins :

Dr Coulibaly Mamadou, Dr Coulibaly Mohamed, du service de gynéco-obstétrique du CHU de point « G » Dr SANGARE Barry CES de Médecine Interne, merci à tous, pour votre disponibilité sans faille dans l'élaboration de ce travail.

Votre rigueur et votre souci du travail bien fait m'ont permis d'apprendre et de progresser dans la réalisation de ce travail. Merci encore pour tout. Qu'Allah vous accorde un bon emploi, et qu'Il vous accompagne dans l'exercice de la profession Médicale. Amen !

Mon ami et frère Ibrahim TRAORÉ dit « BÉBÉ » : Trouvez ici cher ami, l'expression de ma profonde considération. Qu'Allah vous accorde bonne issue dans vos entreprises.

Tout le personnel médical de CELY 1 et CELY 2 : mes salutations vont à l'endroit de tout le personnel du centre médical CELY, au docteur Habib DIALLO promoteur de la clinique CELY, résident en France. A mon chef et encadreur le Professeur Issa TRAORE pour tous les efforts de sacrifices que vous avez consenti en mon égard. Merci une fois de plus pour votre bonne foi à l'égard des autres.

Au Dr Mahamadou TOURE pour votre disponibilité et votre rigueur pour le travail bien fait.

Mes remerciements également à l'endroit du Dr DIARRA, Dr OUATTARA, Dr GUINDO, Dr DIALLO et Dr COULIBALY sans oublier le technicien Moussa TRAORE, Vincent et Djiby de CELLY II, GUINDO Allaye de CELY I et les autres personnels manipulateurs, les secrétaires, les techniciens biomédicaux, des manœuvres et les gardiens. Je vous dis à tous merci pour votre courtoisie, et votre franche collaboration dans l'accomplissement de ce travail.

Le personnel du C.H.U. de KATI en général, et en particulier au service de radiologie.

C'est l'occasion pour moi de vous adresser toutes mes reconnaissances et ma profonde gratitude en ce qui concerne l'accueil et la bonne collaboration qui a régné entre nous.

Je salue particulièrement Dr Salia COULIBALY chef de service, pour l'encadrement et le suivi qu'il nous a fait bénéficier dans le cadre de notre formation. Qu'ALLAH nous laisse unis à jamais.

Tous mes amis et collègues internes de KATI, trouvez ici l'expression de ma profonde gratitude, bon vent et bonne chance pour les nouveaux impétrants Dr kassim KONE, Dr Sidiki KONATE, Dr Modibo DIAKITE, Dr Issouf COULIBALY, Dr Abdoul Karim KONE....

Tous mes maîtres et encadreurs de médecine interne :

Le professeur Hamar TRAORE, professeur Mamadou DEMBÉLÉ, professeur Assa SIDIBÉ, Dr KAYA, tous les C.E.S et personnels infirmiers. Trouvez ici, mes salutations et mes reconnaissances les plus sincères.

Mes aînés et à tous les D.E.S du service de Médecine interne, de gynéco-obstétrique, du C.H.U. Point "G" et de GABRIEL TOURÉ : Merci pour tout ce que j'ai appris auprès de vous pendant tout mon stage de rotation.

Major, Sages Femmes, Infirmier(e)s, Aides soignant(e)s et Garçons de salle du service de Gynéco-Obstétrique du CHU point « G » et de GABRIEL TOURÉ, Merci pour les bons moments passés ensemble.

Personnels du Bloc opératoire des urgences de gynéco Obstétrique du point « G » et de GABRIEL TOURE, sans oublier Diènfa pour tes conseils et tes motivations à mon endroit.

Tous mes camarades et cadets de l'internat : Je vous dis tout simplement courage et bonne chance. Qu'ALLAH facilite le reste du parcours universitaire. Amen.

A tous ceux qui me connaissent, qui me sont chers et qui n'ont pas pu être nommés ici, merci pour votre franche collaboration !

**A NOTRE MAÎTRE ET PRÉSIDENT DU JURY,
PROFESSEUR Mamadou DEMBÉLÉ**

- **Professeur Agrégé en médecine interne,**
- **Maître de conférences.**

Cher maître, vous nous faites un immense honneur en acceptant de présider ce jury. Nous avons tiré un grand profil de votre enseignement clair et didactique et un encadrement de rigueur pendant notre stage de médecine interne.

Nous avons été séduits par la qualité de votre savoir scientifique et votre ouverture envers les étudiants.

Nous gardons particulièrement de vous, l'image d'un maître de rigueur, perfectionniste qui a su lier avec bonheur, rigueur et respect de l'homme dans l'exercice de la médecine. Honorable maître, nous espérons avoir été à la hauteur de votre attente dans la réalisation de ce travail.

Trouvez ici cher maître toute notre admiration et notre profonde gratitude.

**A NOTRE MAÎTRE ET MEMBRE DU JURY,
DOCTEUR Mahamadou DIALLO.**

- **Radiologue à l'hôpital Gabriel TOURE.**
- **Attesté en Radioprotection et Sûreté des Sources de Rayonnements.**
- **Attesté en Radiodiagnostic et d'Imagerie Médicale Spécialisée et Approfondie.**
- **Membre de la Société Malienne d'Imagerie Médicale (S.O.M.I.M.).**

- **Membre de la Société de Radiologie d’Afrique Noire Francophone (S.R.A.N.F.) et de la Société Française de Radiologie (SFR).**
- **Maître Assistant Radiologue à la FMPOS.**
- **Chef de Service de Radiologie et de Mammographie du CHU GABRIEL TOURE.**

Vous nous faites honneur en acceptant de nous encadrer et de siéger dans ce jury.

Nous avons admiré vos qualités hautement scientifiques et pédagogiques tout au long de ce travail.

L’intérêt que vous accordez à la recherche scientifique et votre disponibilité nous ont beaucoup marqué pendant tout long de ce travail.

Veillez recevoir en ce travail cher maître, le fruit de vos efforts si louables.

A NOTRE MAÎTRE ET MEMBRE DU JURY

DOCTEUR Salia COULIBALY,

- **Médecin Radiologue, chef de Service de Radiologie du CHU de KATI.**
- **Maître assistant en Radiologie à la Faculté de Médecine de Pharmacie et d’Odontostomatologie de Bamako.**
- **Spécialiste en Biologie et Médecine du Sport de l’Université de Cocody (Abidjan).**
- **Titulaire du Diplôme d’Université (DU) en Santé Publique mention « Santé et Développement » de l’Ecole de Santé Publique de l’Université HENRI POINCARE de Nancy1 (France).**
- **Membre actif de l’Association Malienne de Médecine du Sport (AMMS).**
- **Membre de l’Union Africaine de Médecine du Sport (UAMS).**
- **Membre de la Société Malienne d’Imagerie Médicale (S.O.M.I.M).**

Cher maître, votre encadrement précieux a contribué à l’élaboration de ce document qui d’ailleurs est le vôtre.

Votre courage et votre amour pour le travail bien fait, fait de vous un maître exemplaire.

Veillez accepter cher maître, l'expression de notre admiration et soyez assuré de notre profonde gratitude.

**A NOTRE MAÎTRE ET CO-DIRECTEUR DE THÈSE,
Professeur Mahamadou TOURE**

- **Médecin Colonel, Spécialiste en Radiologie**
- **Maître de conférence à la F.M.P.O.S.**
- **Coordinateur du projet de téléradiologie IKON.**

Nous sommes très honorés de la confiance que vous nous avez accordée pour mener à bien ce travail.

Nous avons été séduits et touchés par vos qualités tant humaines, professionnelles que pédagogiques.

En plus de votre rigueur scientifique nous avons été marqués par votre disponibilité et votre simplicité pour les étudiants que nous sommes, ce qui fait de vous un maître exemplaire.

Recevez ici cher maître, notre reconnaissance et notre profond respect.

**A NOTRE MAÎTRE ET DIRECTEUR DE THÈSE,
PROFESSEUR Issa TRAORE.**

- **Professeur Honoraire de Radiologie à la FMPOS.**
- **Ancien Doyen de la Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontostomatologie (FMPOS).**
- **Ancien Directeur de l'Hôpital National du « point G ».**
- **Ancien Président de la Société Malienne d'Imagerie Médicale (S.O.M.I.M.).**
- **Ancien chef de Service de Radiologie et de la Médecine Nucléaire de l'Hôpital du Point.**
- **Officier de l'Ordre des Palmes Académiques de la République Française.**
- **Chevalier de l'Ordre National du Mali.**
- **Chevalier de l'Ordre National du Sénégal.**
- **Président d'honneur de la société de Radiologie d'Afrique Noire Francophone. (S.R.A.N.F).**
- **Vice-président d'honneur du groupe des Radiologistes Enseignants d'Expression Française(G.R.E.F).**

Cher maître, vous nous avez accueilli à bras ouverts, confié ce travail, accepter sa direction et nous faire bénéficier de votre grande compétence en matière de recherche scientifique, ceci est un grand honneur pour nous.

Nous avons apprécié votre rigueur et votre dévouement dans le travail bien fait. Vos qualités exceptionnelles de formateur et l'étendu de vos connaissances, jointes à votre générosité et votre modestie font de vous une référence.

Cher maître, si ce travail est une réussite il doit à votre compétence et à votre savoir faire.

Trouver dans ce travail, cher maître, le très humble témoignage et de notre profonde gratitude et sincère reconnaissance pour l'encadrement agréable et remarquable dont nous avons bénéficié.

Merci pour tout, qu'Allah préserve votre santé et vous garde encore plus longtemps que possible auprès de nous. (Amen) !

LISTE DES ABREVIATIONS :

F.M.P.O.S. : Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odontostomatologie.

S.O.M.I.M: Société Malienne d'Imagerie Médicale.

C.H.U. : Centre Hospitalier Universitaire.

S.R.A.N.F : Société de Radiologie d'Afrique Noire Francophone.

I.R.M. : Imagerie par Résonance Magnétique.

T.D.M. : Tomodensitométrie.

Dev.film : Développement du film.

RX : radiographie.

Les erreurs de constantes* radiologiques donnaient un film nul, trop blanc ou trop noir.

Autres **: les films voilés.

Autres***=films de mammographie et de panoramique dentaire.

Autres types d'examen** : les films de mammographie, panoramique dentaire.

SOMMAIRE

INTRODUCTION ET OBJECTIFS.....	1-2
I.GÉNÉRALITÉS.....	3-34
A. Nature des Rayonnements X.....	3
B. Chaîne Radiologique.....	3
C.L'étude des Cliches Radiographiques.....	26
D. Les Moyens Techniques.....	29
E. Le rôle des techniciens.....	32
II. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	35-39
A. Type et période d'étude.....	35
B. Cadre et lieu d'étude	35
C. Matériel	37
D. Méthode	39
E. Critères d'inclusion et de non inclusion.....	39
F. Traitement des données.....	39
III. RÉSULTATS.....	40-49
IV. COMMENTAIRES ET DISCUSSION.....	50-53
V. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	54-56

VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....57-59

VII. ANNEXES

INTRODUCTION :

La radiologie conventionnelle est concurrencée depuis des années par les techniques de numérisation. La radiologie numérique, a trouvé ses premières applications dans les années mille neuf cent soixante dix en artériographie puis en radiologie dentaire et a vu ses indications s'élargir à l'ensemble de la radiologie conventionnelle.

De nos jours il existe des systèmes de numérisations primaires ou secondaires constatés partout dans le monde.

Deux raisons principales justifient cette évolution technologique de la radiologie vers la numérisation :

.Les limites du film analogique :

Le film analogique est handicapé par sa faible dynamique liée à la réponse du film à l'exposition.

.Le progrès de l'informatique :

.Si l'informatique pouvait initialement constituer un frein à la numérisation de l'image radiologique du fait de sa capacité d'échantillonnage et de stockage des données insuffisantes il n'en est plus de même. [5][14].

De plus, depuis longtemps, la numérisation des techniques d'imagerie en coupes : échographie, tomodensitométrie (T.D.M), imagerie par résonance magnétique (IRM) et de l'angiographie a montré tous les bénéfices que l'on pouvait tirer d'une imagerie numérique en termes de traitement, de stockage et de transmission de l'information.

La radiologie conventionnelle ne pouvait rester à l'écart de cette évolution, ne serait-ce que pour homogénéiser les plateaux d'imagerie et de permettre le développement du réseau d'images.

Au centre médical CELY de BAMAKO, on a donc compris la nécessité d'appliquer cette nouvelle technologie à la radiologie conventionnelle.

Avant de prendre cette décision il nous est apparu nécessaire d'analyser les causes du rejet des films radiologiques sur les deux sites que comporte le centre.

Les informations ainsi obtenues constitueront les données de base pour contrôler l'effet de l'introduction de la numérisation dans notre pratique radiologique. Cette étude nous permettra non seulement d'évaluer le taux de rebut de la radiologie conventionnelle en une période donnée et en même temps servir de piste de comparaison entre le taux de rebut de radiologie conventionnelle et de celui de la radiologie numérique. Ce qui sera l'objet d'une nouvelle thèse dans l'avenir.

Pour mener à bien ce travail, nous nous sommes fixés les objectifs suivants :

OBJECTIFS :

OBJECTIF GENERAL :

Évaluer le taux de la mise au rebut des films radiologiques entre Septembre 2008 et Mars 2009 au centre médical CELY I et CELY II de BAMAKO.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES :

- Déterminer les principales causes du rejet des films radiologiques.
- Calculer le taux de rejet total de films radiologiques.
- Évaluer le coût des films rejetés.

I. GÉNÉRALITÉS

L'objectif de tout système radiographique est l'obtention d'une image de la meilleure qualité possible, afin de poser un diagnostic radiologique le plus précis possible. Cela ne peut se réaliser sans la connaissance des concepts généraux d'assurance de la qualité et de contrôle de la qualité.

Le rebut de films se définit comme étant des clichés rejetés quel qu'en soit la raison [12].

Les causes de ces rejets sont multiples, mais les plus fréquentes sont :

- Les causes liées à la technique de réalisation (patient, technicien de radiologie) ;

- Les causes matérielles (cassette, écran, film, machine à développer, produit chimique de développement, source et générateur d'électricité).

A. NATURE DES RAYONNEMENTS X.

Les rayonnements X sont des radiations électromagnétiques, caractérisées par leur longueur d'onde λ qui s'étend de 200 à 0,01 angströms. On les classe généralement en :

- rayons X mous : longueur d'onde comprise entre 10 et 200 angströms

- rayons X durs : longueur d'onde comprise entre 0,01 et 0,1 angströms.

B. LA CHAÎNE RADIOLOGIQUE:

1. Appareillage

1.1. Générateur de rayons X : Le générateur est constitué d'une part du tube radiogène, et d'autre part de l'alimentation électrique de celui-ci.

Le générateur adapte le courant électrique aux besoins du tube radiogène.

1.2. Tube à rayons X

Il s'agit d'une diode qui libère des rayons X. Les 2 électrodes sont contenues dans un tube en verre dur, vide d'air insensible aux variations de température.

Tous les tubes de RX sont basés sur un principe simple : un faisceau d'électrons d'intensité i (mA) émis par un filament chauffé (cathode) est accéléré par une différence de potentiel V élevée établie aux bornes du tube (KV).

Le faisceau est projeté sur une plaque métallique (anode ou anticathode) de numéro atomique (Z) élevé qui va le freiner.

L'énergie perdue par les électrons au moment de ce freinage est convertie en rayons X (RX de freinage ou Bremstrahlung).

Il existe dans le faisceau de RX quelques photons dus, non pas au freinage, mais aux remaniements électroniques qui se produisent au sein de la plaque par suite des collisions entre électrons accélérés et électrons de l'anode.

La quantité de RX produite dépend du chauffage du filament. La quantité des photons X dépend de la tension appliquée au tube.

La quantité globale d'énergie transportée par le faisceau de RX pendant une seconde par exemple ou intensité I se déduit de la relation suivant :

$$I = K.i.Z.V^n$$

I = intensité du courant électrique qui traverse le tube (mA) ;

Z = numéro atomique de l'anode ;

V = tension appliquée au tube (KV) ;

K = constante ;

n = exposant variable voisin de 2.

L'importance de cette notion d'intensité est moins grande en radiodiagnostic mais elle permet de dégager les principaux facteurs qui vont influencer le débit du tube de RX.

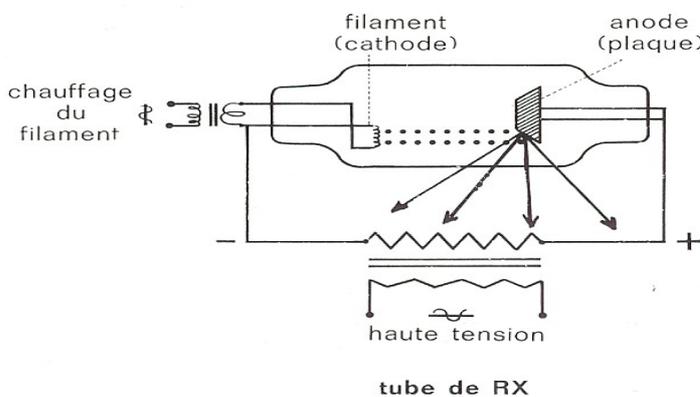


Figure 1 : Schéma du principe d'un tube à rayons X.

1.3. Description et fonctionnement du tube [12].

Les tubes à rayons X modernes sont des tubes de type Coolidge auxquels quelques améliorations techniques ont été apportées. Il existe des tubes à anode fixe et des tubes à anode tournante.

- La cathode

Elle constitue l'élément émettant les électrons par effet thermoélectrique.

Description :

Le plus souvent c'est un filament de tungstène chauffé à haute température par un courant de basse tension mais de haute intensité. Ce courant est stabilisé pour éviter les variations d'émission d'électrons. Le tungstène a été choisi pour confectionner le filament car il supporte de très hautes températures

(Température de fusion $3\ 400^{\circ}\text{C}$). L'émission d'électrons est proportionnelle à la surface du filament, à la température, elle-même proportionnelle au carré de l'intensité. Le nombre d'électrons émis atteint un maximum ou émission totale, à une température donnée : on parle alors de saturation.

La cathode détermine la formation d'un foyer plus ou moins gros sur l'anode en fonction de la taille du filament de tungstène. Le filament est enchâssé dans une électrode de focalisation hémicylindrique, qui est au même potentiel que le filament et qui a pour but : de pousser les électrons émis ; de concentrer ces électrons projetés sur l'anode et d'empêcher les déformations du filament dues aux charges positives du tube.

- L'anode et l'anticathode : c'est l'électrode positive du tube.

L'anode est caractérisée par une surface plane, unie et dure, d'un métal lourd de Z élevé dont le pouvoir réfractaire lui permet de supporter des températures élevées.

Le tungstène est l'élément de base choisi en raison de son abondance dans la nature. En plus le tungstène est un bon conducteur de chaleur, sa température de fusion est élevée et son numéro atomique Z élevé qui assure un bon rendement d'émission. La zone d'impact des électrons sur le tungstène de l'anode, correspondant à peu près à la projection de la surface apparente du filament, représente l'origine des rayons X et constitue le foyer réel du tube ou foyer thermique. Puisque la plus grande partie de l'énergie est transformée en chaleur,

il va falloir dissiper cette chaleur pour éviter l'usure prématurée de cette électrode.

Les dispositifs de lutte contre l'échauffement de l'anode, sont divers :

Inclinaison de l'anode : le faisceau d'électron faisant un angle aigu avec la surface émettrice (foyer linéaire de GOETZE). La surface apparente du foyer est habituellement carrée alors que la surface réelle est plus grande, répartissant ainsi au mieux l'énergie du faisceau d'électrons incidents. Plus l'angle de pente de l'anode est important plus la dissipation de chaleur se fait sur une grande surface. Il existe des tubes à deux foyers grâce à l'utilisation d'anode à deux pentes : grande pente pour le gros foyer, petite pente pour le foyer fin.

Il y a refroidissement de la piste pendant que l'anode tourne. La vitesse de rotation des anodes est de 3 000 à 11 000 tours/mn.

Pour accélérer le refroidissement de l'anode, une fine couche de Rhénium est déposée par électrolyse sur toute la surface du disque de tungstène.

Le coefficient de dissipation du rhénium étant le double de celui du tungstène, l'anode refroidira deux fois plus vite.

- La gaine

L'anode et la cathode sont enfermées dans un tube en verre, ou en céramique, dans lequel il existe un vide très poussé (10 millibars). Le support du tube est rempli d'huile ce qui permet l'isolement thermique et électrique. Il existe parfois une chambre d'expansion reliée à un interrupteur qui permet, si la chaleur augmente trop, d'arrêter l'alimentation du tube : il s'agit d'une véritable sécurité thermique du tube.

- Les précautions d'emploi des tubes à rayons X

Certaines précautions peuvent permettre d'éviter une usure prématurée du tube à rayons X. Ces précautions sont du domaine du bon sens et elles sont habituellement bien connues des utilisateurs. Cependant, tout fonctionnement prolongé risque d'entraîner une élévation progressive de la température de l'anode et de faire fonctionner le tube aux limites de ses possibilités. Un

échelonnement des poses successives est donc souhaitable. La prise de clichés en « rafale » sur une anode surchauffée par une scopie prolongée (examen de digestif ou de vasculaire) va raccourcir la durée de vie du tube. Dans certains générateurs, il est prévu un dispositif réduisant à 70 ou 80 % les charges et la puissance autorisée par l'abaque de sécurité prévu par le constructeur. Cependant, même dans des conditions d'utilisation identique, il est impossible de prévoir la durée de vie d'un tube. Ce phénomène est connu des constructeurs et habituellement le tube est payé en fractions mensuelles.

- Les problèmes de chaleur dans le tube à rayons X

Le tube à rayons X est l'élément fragile de l'installation radiologique. Très coûteux, il s'use et, surtout des maladresses de manipulation, que l'on peut rencontrer dans des situations très banales (radiologie digestive) peuvent le détruire.

La connaissance de ces problèmes techniques est donc une nécessité.

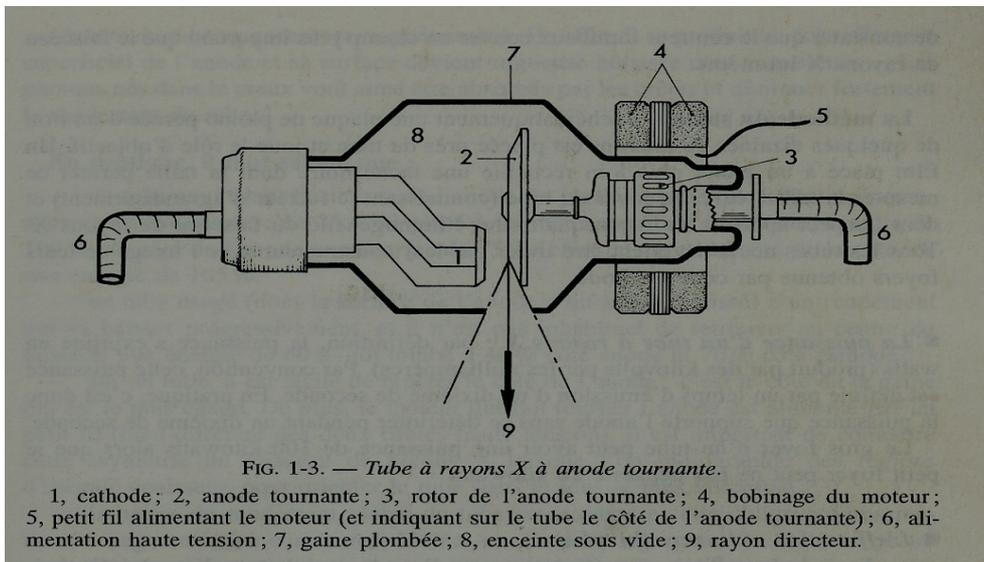


Figure 2 : Tube à rayons X à anode tournante [2]

1. cathode
2. anode tournante
3. rotor de l'anode tournante
4. bobinage du moteur

5. petit fil alimentant le moteur (et indiquant sur le tube le côté de l'anode tournante)
6. alimentation haute tension
7. gaine plombée
8. enceinte sous vide
9. rayon directeur

1.4. Propriétés des Rayons X [12] :

Parmi les propriétés des rayons X, certaines doivent être connues car elles ont des implications directes dans la technique radiologique courante.

- Les rayons X traversent le corps humain, ceci d'autant plus facilement qu'ils sont plus pénétrants, c'est-à-dire que le kilo voltage utilisé est plus élevé. Au cours de cette traversée, le faisceau subit une atténuation d'autant plus importante que l'épaisseur traversée est plus grande et que la densité du corps considéré est plus élevée (les atomes lourds, le calcium, le baryum et l'iode arrêtent les rayons X).
- Dans les corps traversés, les rayons X produisent un rayonnement diffusé qui est d'autant plus important que le volume traversé est plus grand, que le numéro atomique est faible et que le kilo voltage utilisé est plus grand. Ce rayonnement diffusé se fait dans toutes les directions.
- Certains dispositifs permettent de réduire le rayon diffusé : la compression pour diminuer l'épaisseur, la réduction de la taille du faisceau (diaphragme et cônes localisateurs) enfin, la grille anti-diffusante.
- Les rayons X provoquent l'illumination par fluorescence de certains sels minéraux : cette propriété est utilisée pour réaliser les écrans de radioscopie conventionnelle, les écrans des tubes d'amplificateur de luminance et enfin des écrans renforçateurs placés dans les cassettes.
- Les rayons X provoquent un noircissement des films radiographiques.

- Ils entraînent une ionisation des gaz qu'ils traversent. Cette propriété est utilisée pour mesurer les rayonnements X à l'aide de chambres d'ionisation.
- La propagation des rayons X se fait en ligne droite et la formation de l'image radiologique fait appel à des notions simples de géométrie (projection, agrandissement, flou géométrique), compte tenu de la taille du foyer, de la distance foyer-film et de la distance objet-film.
- L'atténuation spontanée d'un faisceau de rayons X se fait selon l'inverse du carré des distances.
- Enfin, les rayons X ont des effets biologiques qui sont utilisés en radiothérapie. Lors de leur utilisation en radiodiagnostic, il faudra apprendre à les utiliser à bon escient.

1.5. Les Grilles anti-diffusantes [12] :

Lorsque le faisceau de rayons primaires traverse une épaisseur importante de tissus mous (comme le corps humain), il naît un rayonnement secondaire ou rayonnement diffusé émis dans toutes les directions de l'espace, contrairement au rayonnement primaire qui proviennent exclusivement du tube. La fraction du rayonnement diffusé qui parvient au film augmente le voile de base, réduisant le contraste et la quantité d'informations contenues dans le film.

Une grille anti-diffusante est composée de fines lamelles de plomb parallèles ou convergentes (disposées à la façon d'un store vénitien) et espacées les unes des autres par une épaisseur du papier ou d'aluminium. Les lamelles plombées sont deux à trois fois plus fines que les intervalles qui les séparent. Lorsque la grille est animée d'un mouvement oscillant ces lignes s'effacent.

La grille ne laisse ainsi parvenir au film que les rayons X ayant la même direction que le rayonnement primaire.

1.6. Amélioration de la qualité des radiographies :

En supposant un développement correct, les causes influant sur la qualité des radiographies sont les suivantes :

- Filtrations additionnelles entre l'objet et le film : Ces filtres sont :

le Plateau de la table (les plateaux de table en plastique stratifiés d'épaisseur 6 à 10 mm ont une filtration beaucoup trop grande) ; le localisateur compresseur ; la grille ; la chambre d'ionisation ; la cassette ; écran renforçateur antérieur.

La filtration propre de chacun de ces éléments doit être étudiée et réduite au minimum. Ces filtrations parasites entraînent une augmentation des temps de pose. Tout se passe comme si l'épaisseur de l'objet était augmentée : le rapport épaisseur de l'objet sur dimension du détail, augmente, d'où diminution de la définition.

- Mauvais choix de la tension d'accélération :

On doit utiliser de préférence les basses tensions pour les objets homogènes, et d'épaisseur uniforme. La haute tension doit être réservée aux objets présentant de grandes différences d'épaisseur ou d'homogénéité.

- Rayonnement diffusé : Le voile produit par le rayonnement diffusé diminue la latitude d'exposition. On limitera l'émission de rayonnement diffusé en réduisant au minimum le champ irradié, et si possible l'épaisseur de l'objet quand la compression est possible.

- Les écrans renforçateurs :

Sont une des causes principales de mauvaise définition. Chaque fois que le flou cinétique n'est pas à craindre, on utilisera des écrans à faible diffusion. Les écrans standards étant réservés aux régions très épaisses, les écrans rapides ne sont à utiliser que lorsque la réduction de la dose d'exposition est nécessaire.

1.7. Principaux types de statifs [12,7]

♥ Le matériel simple [12] :

- Table horizontale : La plus rudimentaire est une table fixe comportant un Potter incorporé en son milieu. Le patient, couché sur une alèse, doit être déplacé pour mettre à l'aplomb du Potter la zone à radiographier. Le tube à rayon X est solidaire d'une colonne plancher-plafond permettant des translations longitudinales et latérales. Certains clichés peuvent être faits en direct sans utiliser le Potter.

- Table à plateau flottant : Permet un déplacement horizontal dans une ou deux directions et le Potter est mobile. Le tube peut être fixé à une suspension plafonnière télescopique ce qui rend l'accès de la table plus facile. Certaines de ces tables sont basculantes et permettent des clichés en position verticale.

- Les statifs verticaux : Le portique est le statif vertical le plus simple. Il permet de maintenir verticalement une cassette à la hauteur désirée (l'adjonction d'une grille est possible). Le tube à rayons X est fixé soit sur une colonne plancher-plafond, soit sur une suspension plafonnière. Dans les deux cas, des repères (au sol ou au plafond) permettront de matérialiser la distance foyer film. Les portiques sont principalement utilisés pour réaliser les clichés pulmonaires. Les Potters verticaux sont incorporés dans un plateau vertical fixe et peuvent coulisser verticalement pour s'adapter aux différents examens. Le tube à rayons X sera disposé comme ci-dessus.

♥ Tables télécommandées :

- La télécommande : Permet essentiellement de déplacer le plateau de la table, de basculer celle-ci, d'incliner le rayon, de prendre des clichés. Le radiologiste étant à quelque distance de la table à l'abri d'une protection plombée. Ces tables permettent en particulier de réaliser des examens de radiologie digestive grâce à l'amplificateur de brillance et la scopie télévisée.

- L'amplificateur de brillance ou de luminance : C'est un tube électronique en verre dans lequel on a fait le vide. La radioscopie télévisée permet une étude cinétique, mais ne laisse aucun document sauf l'enregistrement au magnétoscope. L'amplificateur de brillance consiste à photographier

directement l'écran secondaire. Ce qui permet d'obtenir un cliché de petit format (10x10 cm) habituellement avec une dose de rayons X inférieure et une définition voisine de celle des clichés radiologiques habituels. Le principe de la radiographie est totalement différent, il s'agit de la photographie sur un petit format (7 x 7 ou 10 x 10 de l'écran de scopie conventionnelle. Cette technique n'est utilisée qu'en radiologie pulmonaire.

La numérisation de l'image télévisée est une technique récente :

L'image de l'écran secondaire de l'amplificateur de brillance est reprise par un convertisseur qui va numériser (ou digitaliser) cette image. C'est à dire à chaque point de l'image sera affecté un chiffre. Cette image numérisée est stockée dans une mémoire magnétique.

2. La cassette, le film et les écrans [12] :

2.1. La cassette : est une enceinte close destinée à mettre le film à l'abri de la lumière du jour. Elle est en plastique ou en aluminium et « transparente » aux rayons. Elle s'ouvre comme un livre et contient un écran sur chaque face. Dans un angle ou le long d'un bord de la cassette existe une zone protégée des rayons X par une lamelle de plomb. Cette zone est destinée à l'identification du film à l'aide d'un dispositif lumineux en chambre noire. Les cassettes modernes comportent souvent une « fenêtre » permettant l'identification du film à l'aide d'une caméra placée dans la salle d'examen. Lors de la fermeture de la cassette, le film doit être parfaitement au contact des deux écrans, de toutes leurs surfaces. Le dos de la cassette est habituellement plombé afin de supprimer le rayonnement rétro-diffusé au sein du statif.

Les types de cassettes sont : les cassettes à écran en tungstate de calcium (CaWo), les cassettes à écran en "terre rare".

2.2. Le couple écran-film [13, 9, 2] :

► Le film radiologique est constitué d'un support en polyester transparent, comportant sur chacune de ses faces une mince couche de gélatine contenant de minuscules cristaux de bromure d'argent (ces « grains » ont une taille de l'ordre de 1/10 microns). Cette émulsion est comparable à celle des films photographiques habituels. Elle est plus sensible aux photons lumineux (nés des écrans renforçateurs) qu'aux rayons X eux mêmes.

► Les écrans renforçateurs sous l'action des photons X dans l'émulsion photographique interviennent pour environ 10 % du noircissement. Les écrans sont responsables d'environ 90 % du noircissement du film. L'écran renforçateur est composé d'une substance qui, sous l'effet des photons X émet un rayonnement lumineux qui va directement impressionner le film.

En pratique le radiologiste a le choix entre plusieurs grands groupes d'écran : l'écran fin, utilisés en particulier au niveau des extrémités en radiologie osseuse pour la finesse des images. Ils nécessitent une grande quantité de rayons X d'où un temps de pose plus long ; les écrans en « terres rares » qui ont une efficacité nettement supérieure permettant de diminuer les doses de rayons X, d'où l'irradiation moindre du patient et diminution de l'usure du tube. Ce type d'écran a tendance à remplacer peu à peu les écrans habituels. L'idéal serait de pouvoir adapter les caractéristiques du couple-écran film à l'examen réalisé.

Les cassettes, les films et les écrans doivent être entretenus :

- Les cassettes doivent être manipulées avec précaution. Il est fondamental qu'il existe une coaptation parfaite entre les deux faces de la cassette et le film. Tout choc sur la cassette, toute charnière ou verrou détérioré risque d'entraîner un défaut de coaptation.

L'entretien des écrans : un écran normal à un aspect brillant. En effet il existe un vernis protecteur. Tous les produits abrasifs, rayant ce vernis assure la détérioration de l'écran.

- Manipulation des films : Toute contrainte mécanique (pliure, pression, frottement, froissement) risque d'inscrire une trace sur l'image développée.

Les clichés doivent être saisis d'une main entre le pouce et l'index (avec des doigts propres dépourvus de toute trace d'eau, de révélateur, de fixateur...).

- Le stockage des films radiographiques : Ils doivent être conservés dans un local à distance de toute source de rayonnement X (tube radioactif). Par ailleurs ce local doit être sec et frais (20° au maximum) et ne contenir aucun autre produit chimique volatile.

Enfin, les boîtes seront stockées verticalement et non à plat, et il faudra savoir respecter le délai de péremption qui figure sur ces boîtes.

3. Traitement du film radiologique [7] :

L'image latente dans l'émulsion doit subir un traitement pour donner une image visible et stable : c'est le but du traitement.

3.1 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).

Les réactions chimiques de révélation diminuent la concentration du révélateur en produits actifs. Le révélateur s'use à l'usage et doit donc être régénéré, soit en fonction du délai depuis la préparation, soit de la surface traitée.

L'oxygène de l'air agit aussi sur un révélateur en l'oxydant ; un révélateur qui n'est pas suffisamment utilisé (débit insuffisant d'une machine) perd une partie de ses qualités et les films seront ensuite sous-développés.

3.2. Fixage de l'image

Après la révélation l'émulsion contient, des grains de Bromure d'Argent (Br Ag) intacts car non exposés, des atomes de Bromure d'Argent (Br Ag) restent sensibles à la lumière.

Le film révélé non fixé ne peut être exposé à la lumière sans que les grains restants soient à leur tour exposés donc noircis.

3.3. Lavage

La gélatine contient encore après fixage des molécules de fixateur, de bromures qui sont éliminées par un lavage prolongé final. Seul l'argent noirci non soluble persiste dans la gélatine.

Le traitement manuel des films photographiques ou radiographiques 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.

3.4. 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.

3.5. Rappel sur le développement manuel [12, 7] :

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. Les accessoires essentiels sont un bain thermostatique, maintenant la température des bains (20° avec 1 à 2 degrés de latitude au maximum) et la pendule guidant le temps de traitement.

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.

3.6. Le développement automatique du film [7] :

Toutes les développeuses automatiques utilisent la même méthode. Le film, sorti de la cassette dans le noir relatif (lumière inactinique) placé 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 dure 90 ou 120 secondes à une température voisine de 35°. 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 quelque soit la dimension, soit selon la surface traitée).

La thermostation est équilibrée entre une circulation dans un serpentin de refroidissement par eau froide et par action d'une résistance, toutes deux guidées par un thermostat.

- Le sous-développement : Il est lié à une quantité 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 thermostation incorrecte).

- Le sur développement : Il est dû le plus souvent à un dérèglement du système de refroidissement des bains.

- L'insuffisance de fixage : 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

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

- Contrôle de la machine : 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.

- Une machine doit être entretenue avec soin : Certains rouleaux facilement accessibles par le dessus de la machine, doivent être rincés et brossés tous les jours. Certains éléments seront nettoyés toutes les semaines. Enfin, il est souhaitable une fois par trimestre (du moins pour les machines à gros débit) qu'un technicien vienne faire une révision plus complète.

L'existence de rouleaux détériorés fait apparaître les marbrures irrégulières sur les films [12].

- 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 ne pas être adaptée pour les films mono-couches, 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 (assurance de qualité) [12].

- Facteur de qualité d'une machine à développer :

La rapidité du traitement d'une machine à développer ne doit pas être un facteur déterminant. En effet, si un temps de développement court (90 secondes chronomètre en main) est intéressant pour un cliché unique, ce qui compte pour une machine qui est alimentée par plusieurs postes de radiologie, c'est la vitesse

d'introduction du film dans la machine et le temps d'attente entre chaque film qui conditionne la quantité de film que peut diriger la machine par unité de temps.

Une machine de moyenne capacité de temps est suffisante pour absorber des clichés de deux postes actifs. Une vitesse supérieure peut être souhaitable si 3, voire 4 postes alimentent une même machine [12].

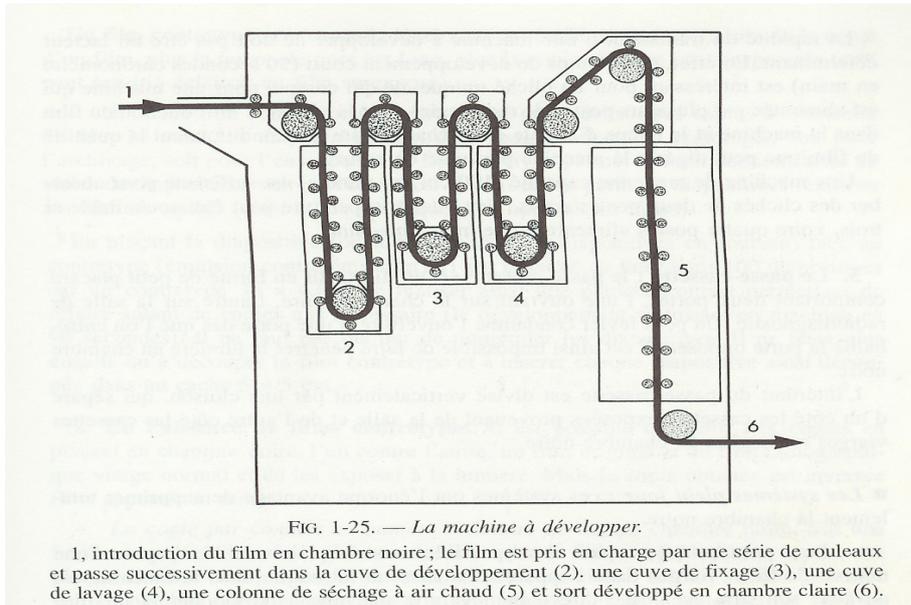


Figure 3 : La machine à développer [12].

- 1- introduction du film en chambre noire
- 2- le film est pris en charge par une série de rouleaux et passe successivement dans la cuve de développement
- 3- une cuve de fixage
- 4- une cuve de lavage
- 5- une colonne de séchage à air chaud
- 6- sort développé en chambre claire

3.7. Développement « sans chimie »

En 1995, la société 3M a présenté un système DRYVIEW 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.

4. Chambre noire [12]

Il s'agit plus précisément d'une pièce obscure, c'est-à-dire de couleur claire mais sans apport lumineux extérieur.

4.1. Contrôle de la lumière

Aucune lumière extérieure même minime ne doit pénétrer (sans fermer la porte d'entrée ou porte étanche fermant à clé). Un éclairage inactinique est utilisé. Pour le confort de personnel passant la journée dans ces pièces, la peinture des murs est généralement très claire.

4.2. La lumière inactinique

Elle ne devrait pas agir sur le film ; elle dépend du type de ce dernier, elle est de couleur jaune le plus souvent, rouge avec certains films orthochromatiques. Les films sont donc censés être 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). 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. On le laisse ainsi 1 minute dans le noir absolu de la pièce 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 de la chambre noire.

5 .En conclusion : 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 radiologie.

6. Schématisation d'un examen [12]

6.1. Déroulement d'un examen :

- Lors de la prise du rendez-vous le technicien de radiologie doit s'informer des éventuels examens radiologiques antérieurs et demander au patient d'apporter ses anciens clichés (et se méfier de la possibilité de résidus barytés).
- En fixant la date du rendez-vous, il doit préciser le jour de la semaine, la date et l'heure, il doit informer le patient sur la préparation, la durée de l'examen, son coût et sur les possibilités de prise en charge.
- Choisir l'incidence en fonction de la demande, des renseignements cliniques, de l'état du patient et de l'avis du radiologiste.
- Préparer le petit matériel (localisateur, sangle de contention, coussin, cache plombé, lettres plombées, aiguilles, seringues, garrot...) ; produit de contraste éventuellement (dans ce cas s'assurer de la présence du matériel de réanimation) ; choisir la cassette (format, écrans) ; choisir le foyer et régler les constantes (ou seuls les kilovolts si exposeur automatique) ; vérifier la fiche d'identification du patient pour marquer les clichés.
- Installer le patient (déshabillé en fonction de l'examen) dans la position la plus confortable possible pour l'incidence choisie. Mettre en place les moyens de contention. Repérer le point de centrage du rayon directeur.
- Mettre en place la cassette et placer le POTTER en bonne position (le décaler si rayon incliné).
- Placer le localisateur (régler éventuellement le diaphragme), les caches plombés et ne pas oublier la lettre.

- Prendre le cliché sans perdre le temps
- Contrôler le cliché : vérifier l'identification, le marquage et le côté ; apprécier la qualité photographique du cliché ; juger les critères de réussite propre à l'incidence réalisée ; envisager avec le radiologiste la nécessité d'éventuels clichés complémentaires ; aider le patient à se rhabiller, le rassurer avant son départ et lui préciser quand et où il pourra venir chercher ses clichés et le compte rendu radiologique.
- Tout remettre en ordre : ranger le matériel, nettoyer la table pour être prête à répartir à la case de départ.

6.2. Paramètres techniques [12] :

Le cliché peut être réalisé : en direct, avec une grille fixe ou un POTTER.

Le statif peut être horizontal ou vertical.

Le foyer utilisé : Le foyer fin (FF) ($0,1\text{mm}^2$) à usage exceptionnel. Le petit foyer (PF) ($0,6$ à 1mm^2) et le gros foyer (GF) (1 à 2mm^2) sont à usage courant. La distance foyer-film (DFF) sera toujours supposée égale à 110cm , elle ne sera mentionnée que si elle est différente.

L'orientation du rayon directeur sera toujours décrite en claire, elle dépend de la position du sujet.

Les cassettes sont désignées par leurs dimensions en cm.

Les écrans standards sont couramment utilisés.

Le petit matériel spécifique à chaque examen sera brièvement rappelé (cône localisateur, sangle de contention, produit de contraste...).

Les constantes : seul un ordre de grandeur des kilovolts est mentionné ; en effet, les mAs dépendent de la sensibilité du récepteur (couple écran-film).

6.3. Position du patient [12] : Le patient lui même peut être debout , assis ou couché, de face, de profil ou en oblique ; sa position est toujours définie par rapport au statif (ou au film); debout en « ventre-plaque » il est en postéro-antérieur (PA) et inversement en « dos-plaque » il est en antéro-postérieur (AP) ; couché en décubitus dorsal il est en (AP) et inversement en pro-cubitus il est en

(PA) ; l'obliquité du patient se définit par rapport au statif, elle peut être chiffrée en degrés de rotation.

7. Automatisation de la radiographie [1] :

Il est bien connu qu'au moment de faire une radiographie, l'opérateur est dans la nécessité de procéder à 3 réglages sur le pupitre du générateur qui alimente le tube à rayons X : la pénétration (kV) qui détermine la qualité du rayonnement émis ; l'intensité (mA) qui fixe la quantité de rayons par unité de temps ; le temps (S) limite la durée de l'émission des rayons.

Après le développement du film, celui-ci présente un noircissement moyen que nous désignerons par D (initiale de la densité = noircissement).

Mais le noircissement atteint n'est pas toujours le noircissement désiré, ni le meilleur. Il faut pour être à peu près sûr du résultat avoir fait de nombreuses expériences antérieures sur le même appareillage et sur des malades divers.

Les trois facteurs ci-dessus ont des fonctions précises : la tension (kV) définit la pénétration et la contraste et permet de faire varier le temps dans de très larges limites ; le temps (S) doit en règle générale être choisi aussi court que possible. L'intensité réglée en dernier, doit être telle que le produit mA x s soit suffisant pour obtenir, compte tenu de tous les autres facteurs, le noircissement voulu.

8. Système thoravision [15]

Le système thoravision permet de réaliser des radiographies thoraciques numérisées, avec un haut débit et de façon automatique, sans manipulation de cassette. Il n'est utilisable que pour les patients valides, ce qui exclut notamment les radiographies au lit dans les unités de réanimation. Contrairement aux systèmes conventionnels qui ne fournissent que le cliché sur film, la thoravision recueille les données numériques de l'image thoracique. Celles-ci peuvent être utilisées de plusieurs manières et ouvre en théorie de nombreuses possibilités (traitement informatique de l'image, transmission d'image à distance par l'intermédiaire d'un réseau, possibilités d'archivage, de stockage et de gestion

informatique des données, interprétation sur console avec dans l'avenir possibilité d'aide au diagnostic).

Aspects Médicaux : Bien que la résolution spatiale des radiographies numériques soit plus faible que celle des radiographies conventionnelles (de 5 à 10 pl/mm), la thoravision permet en théorie une résolution au moins équivalente, avec des doses d'irradiation annoncées moindres.

C. L'ÉTUDE DU CLICHE RADIOGRAPHIQUE

- Vérification de l'identité et des critères de qualité du cliché.
- L'analyse du cliché consiste en une étude systématique sans à priori et selon un plan précis de l'ensemble du cliché ; cette analyse repose sur les notions de formation de l'image radiologique et de radio-anatomie compte tenu de l'incidence.

1. L'interprétation découle de cette analyse et tient compte du contexte clinique et des examens complémentaires éventuels permettant ainsi de « choisir » les hypothèses diagnostiques les plus vraisemblables. L'interprétation est bien évidemment le temps le plus difficile.

2. Vocabulaire : Certains termes sont fréquemment utilisés dans les comptes rendus radiologiques, ils ont tous une signification précise :

- L'incidence définit la position respective du tube à rayons X, du patient et de la cassette ;
- le rayon directeur est une ligne imaginaire passant par le centre du faisceau de rayons X qui doit atteindre le centre du film (il est habituellement matérialisé par un fin faisceau lumineux qui permet le centrage) ;
- les artéfacts sont des modifications présentes qui n'ont pas de base anatomique sur la région radiographiée et qui sont introduits par une faute technique (tache de produit de contraste sur la table, détérioration localisée des écrans ou du film)

présence de boutons ou de plis sur les vêtements ; visibilité des systèmes de contention etc.

- augmentation de densité ou opacité traduit une zone anormale blanche sur le cliché exemple l'os (ces zones apparaîtraient en noir sur un écran de radioscopie conventionnelle) ;
- une hyper-clarté est une zone de moindre densité correspondant à une plage sombre sur le cliché radiographique exemple : l'air ;
- une image lacunaire peut se rencontrer dans un organe creux, la lacune obstrue en partie cette cavité, empêchant, à ce niveau, le remplissage complet de la cavité par le produit de contraste opaque. Dans l'os une lacune traduit une zone plus transparente car contient moins de calcium ;
- une image d'addition correspond à une image en saillie en dehors du contour normal d'un organe. Au niveau d'un organe creux, si elle est vue de profil au cours d'une opacification barytée par exemple, elle dessine une niche ;
- une image hydro-aérique comporte un niveau opaque horizontal surmonté par une clarté aérique. Une telle image de niveau n'est visible que si le rayon directeur est horizontal, ceci quelle que soit la position du patient.

D. LES MOYENS TECHNIQUES

1. Mammographie [10, 2] :

L'évolution des techniques de mammographie a permis un dépistage de masse, aujourd'hui pratiqué avec une remarquable efficacité dans un nombre croissant de pays. Et la mammographie numérisée ouvre désormais la voie à de nouveaux progrès. Il semblerait que la première radiographie du sein ait été réalisée en avril 1896, à Boston, par WILLIAMS F.H. En fait, ce n'est véritablement que dix-huit ans après la découverte des rayons X que furent réalisées les premières radiographies du sein ; encore s'agissait-il uniquement de clichés de pièces opératoires. SALOMON à BERLIN en 1913 est, en effet, le premier à publié une étude comparative des images radiologiques et anatomiques.

En 1927, Klein Schmidt, fait mention, dans une publication, de radiographie mammaire. Par ailleurs, en 1929, CUTLER avait commencé à utiliser la transillumination dans l'espoir de faire la distinction entre kyste, hématome et tumeur solide.

Le premier radiologiste à produire un article sur l'étude radiologique du sein est Warren, du Rochester Memorial Hôpital, dans l'État de NEW YORK en 1930. Warren avait réalisé ses clichés avec des films KODAK à grains fins, un écran intensificateur et une grille mobile. Au cours de la même année, Ries réussissait à mettre en évidence une tumeur d'un canal galactophore en injectant du lipiodol. En 1933, BARALDI, en Argentine, tentait d'obtenir une meilleure image du sein en introduisant de l'air dans l'espace rétro mammaire. Le premier appareil spécifique réalisé pour l'étude du sein a été conçu en 1965 par C M GROS utilisant une anode tournante en molybdène, un statif vertical et un bras porte-tube mobile permettant de réaliser toutes les incidences.

2. scanner [9, 2, 11]

L'essor de l'imagerie moderne bénéficiant d'une évolution fulgurante, le scanner a conquis l'univers médical.

L'introduction du scanner à rayon X en clinique humaine est due, pour une large part, à Godfrey HOUNSFIELD, qui a permis de faire les premières images cliniques chez l'homme en Octobre 1971. Il obtient en 1979 le prix Nobel de médecine et physiologie.

Le scanner à rotation continue fut présenté en 1987 par Siemens (Somatom plus) et Toshiba [2].

Le terme scanner est celui le plus souvent utilisé. Il existe de nombreux synonymes : tomодensitométrie (TDM), tomographie axiale transverse avec ordinateur, scanner à rayons X, ou enfin scanographie, terme recommandé par l'académie. En radiographie conventionnelle, le faisceau de rayons x qui a traversé le sujet est reçu sur un film radiographique. Ce film et l'œil humain qui va l'analyser sont tous deux de mauvais détecteurs de différences de densité.

Ainsi, toutes les structures de densité hydrique se confondent en une image grise, l'air est noir, l'os est blanc.

Une tomographie conventionnelle permet d'éviter les superpositions gênantes et de ne radiographier qu'une « tranche » de la région à examiner, avec cependant les mêmes réserves en ce qui concerne les différences de densités. Le scanner utilise toujours les rayons X, mais remplace le film photographique par un détecteur électronique (cristaux d'iodure de sodium ou chambre à xénon) qui transforme les rayons X qu'il reçoit en signal électrique. Ces détecteurs sont cent fois plus sensibles que le film radiographique et permettent de déceler les différences minimales d'absorption. Ainsi, pour prendre un exemple au niveau du crâne, l'encéphale, le LCR, un hématome auront une absorption différente et pourront être repérés chacun sur l'image, et ceci sans avoir à utiliser un produit de contraste. Le scanner utilise un faisceau de rayons X qui tourne autour du sujet à examiner ; l'image obtenue est une coupe passant sur le plan de balayage du faisceau. Il s'agit d'une tomographie axiale, c'est-à-dire explorant le sujet en coupe perpendiculaire au grand axe du corps humain.

E. LE RÔLE DES TECHNICIENS : [2, 3]

L'essor des techniques d'imagerie diagnostique exige une qualification de plus en plus grande de ceux qui sont chargés de les utiliser.

Schématiquement, le technicien a plusieurs rôles à jouer : l'accueil du patient joue un rôle essentiel quelquefois malheureusement négligé dans l'anonymat des grands services hospitaliers. La réalisation technique de l'examen pour laquelle une certaine spécialisation est nécessaire. Enfin, il doit être en mesure de suivre l'évolution des techniques. Tout patient qui se présente pour un examen, peut légitimement être inquiet. En effet, il est possible que cet examen découvre « quelque chose d'anormal ».

Même en dehors d'un climat d'urgence mouvementé, certains examens d'apparence banale peuvent être à l'origine d'une angoisse du patient. Quelle que soit la situation, le technicien doit être rassurant :

- S'assurer de l'identité du patient, puis de prendre connaissance de l'examen prescrit. Installer confortablement le patient en salle d'attente en lui précisant d'emblée si une attente est prévisible.

Un patient prévenu d'une légère attente ne sera pas inquiet et n'aura pas le sentiment d'être « abandonné ».

- Ce problème d'attente se pose surtout dans les milieux hospitaliers, par des examens longs chez les patients alités, et enfin, d'examens urgents non programmés.

- A toutes ces causes s'ajoute une certaine dépersonnalisation avec dilution des responsabilités. C'est pourtant dans les circonstances de travail plus difficiles du milieu hospitalier qu'il faudra savoir insister sur les qualités de l'accueil.

La réalisation technique de l'examen : avant tout informer le patient sur le déroulement de l'examen. Quelle que soit la technique d'imagerie utilisée, la réalisation de l'examen se fera selon un protocole voisin de celui décrit pour la radiologie conventionnelle. Le principe essentiel étant toujours de préparer le matériel en premier, de placer le patient au dernier moment, dans la position la plus confortable possible et de faire l'examen dans les délais les plus brefs. Lorsqu'un complément d'examen est nécessaire, toujours penser à rassurer le patient qui va s'imaginer «s'ils font un examen de plus, c'est qu'ils ont dû trouver quelque chose ». Certains examens nécessitent obligatoirement une spécialisation des techniciens qui aideront le radiologiste avec le maximum d'efficacité. Dans tous les cas, le radiologiste et le technicien doivent s'aider mutuellement pour que, en fonction de l'état clinique du patient, l'examen réalisé soit celui qui permette de résoudre le maximum de problème en faisant courir le moins de risques et au moindre coût.

Chaque examen comporte ses risques propres inhérents à sa technique, ces risques sont rappelés au cours des chapitres. Cependant, l'accident le plus fréquent, de toutes les explorations confondues, est la chute de la table d'examen (en particulier chez le sujet âgé). Il importera donc aux techniciens d'avoir toujours cette notion en mémoire et de ne pas laisser certains patients sans surveillance. Le rôle du technicien ne doit pas se limiter à la réalisation stricte de l'examen. Il doit lui-même veiller à l'entretien de son poste. S'assurer de l'existence du petit matériel annexe nécessaire. Signaler la moindre anomalie ou défaillance de fonctionnement (la découverte d'une panne mineure et sa réparation, peuvent éviter une panne majeure ultérieure).

Un examen est fait pour répondre à une question spécifique : il faut lui répondre par l'examen le plus adapté (qui n'est pas forcément celui suggéré par le médecin demandeur) [12].

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

A. Type et période d'étude :

Il s'agissait d'une étude rétrospective qui a concerné des films mis au rebut pendant une période de six mois allant de septembre 2008 à Mars 2009.

B. Cadre et lieu d'étude :

Notre étude s'est déroulée dans les centres médicaux CELY I et CELY II de BAMAKO qui sont deux centres privés dont le promoteur est le Docteur HABIB DIALLO, médecin radiologue résident en France.

.CELY I est situé dans la commune III de Bamako, au quartier du fleuve, ancienne place de la SOMATRA de DIBIDA.

Créé en février 1995 dans le but de contribuer à l'amélioration de la prise en charge des malades en matière de diagnostic et de traitement.

.CELY II a été créé neuf ans après la création de CELY I, il est situé sur la rue CHARLES MÉRIEUX à l'ex-base aérienne, contiguë au laboratoire CHARLES MÉRIEUX.

1. Organisation de CELY I : Le centre médical CELY I est formé

d'un grand bâtiment composé d'une salle de radiographie conventionnelle os poumons, une salle télécommandée, une salle de mammographie, une salle d'échographie, une salle de développement automatique contenant le spot de lumière inactinique, une salle d'interprétation, une salle d'attente, une salle de secrétariat, trois toilettes dont une pour le personnel, un déshabilleur et deux magasins.

Le personnel se compose comme suit : un médecin de radiologue à temps plein, un médecin faisant fonction d'échographiste à temps plein, trois techniciens manipulateurs de radiologie à temps pleins, une caissière, deux secrétaires et deux manœuvres.

2. Organisation de CELY II : Le centre médical CELY II est le siège de la direction administrative et des examens les plus spécialisés.

CELY II est subdivisé en plusieurs salles et des bureaux.

Il existe deux salles de scanner différentes séparées de leur salle de commande par un mur de vitre plombé, deux salles de radiographie standard dont une télécommandée et une salle os poumons dans laquelle existe également le panoramique dentaire.

En plus, il y avait deux salles pour la mammographie, deux salles d'échographie dans l'une desquelles contient un appareil d'ECG ; une salle à développer automatique muni d'un spot de lumière inactinique ; ensuite une salle d'interprétation ou de lecture ; enfin quatre toilettes pour les malades et des déshabilleurs pour chaque salle d'examen.

Au niveau de la direction, il y avait plusieurs bureaux repartis comme suit :

Un bureau pour les comptables, un bureau pour le directeur, un bureau pour les médecins, un bureau pour le secrétaire, un bureau pour la caisse et l'accueil, deux toilettes pour le personnel et enfin une salle d'attente pour les patients et accompagnants.

Par ailleurs, nous avons des annexes avec des magasins, le logement du gardien et des toilettes externes.

Le personnel se compose comme suit : un professeur en radiologie à temps plein, quatre médecins radiologues à temps partiel, un médecin faisant fonction d'échographiste à temps plein, de quatre techniciens manipulateurs de radiologie à temps pleins, deux secrétaires dont une à la caisse et à l'accueil, deux comptables, un électricien, un gardien et deux manœuvres.

C .Matériel :

1. Le centre Médical CELY I est constitué :

-De deux appareils de radiographie conventionnelle, dont une dans la salle télécommandée de marque GENERAL ELECTRIC CGR Espana SA muni

d'une table mobile télécommandée et un autre appareil dans la salle os poumons muni d'une table simple non télécommandée de marque GENERAL ELECTRIC Médical Systems (GE. Médical system), aussi appelé Silhouette HF, muni d'un Potter mural et d'un Potter incorporé à la table.

-D'un mammographe de marque general electric senograhe 500t.

-D'un échographe de marque LOGIQ 400(muni de trois sondes : Une sonde endo-cavitaire E 721(9MGH), une sonde superficielle LA39 (7,5MGH), et une sonde profonde LC358 (3,5MGH).

Doté d'une imprimante de marque SONY et accompagné d'un ordinateur pentium 4 de marque DELL pour la saisie des comptes rendus.

-D'une machine à développer automatique de marque 3M.

Le centre utilise couramment les films Kodak et Agfa avec les produits chimiques correspondants (révélateur et fixateur). Les films ne sont sortis de leur pochette d'origine que pour être mis dans une cassette.

Le traitement des films est réalisé à l'aide d'une machine à Développer automatique.

Le fixateur et le révélateur étaient renouvelés toutes les semaines et à cette occasion les machines à développer sont nettoyées.

2. Le centre Médical CELY II est constitué de :

-Deux scanner l'un de marque GENERAL ELECTRIC de série Pro Speed SX Power (en panne) et l'autre scanner de marque GENERAL ELECTRIC de série HISPEED (fonctionnel).

Chaque appareil est séparé de sa table de commande par un mur de vitre plombé.

-De deux appareils de radiographie conventionnelle, une dans la salle télécommandée de marque TELEVIX 1600 Ω muni d'une table mobile qui est aussi en panne et l'autre appareil dans la salle os poumons muni d'une table simple non télécommandée de marque GENERAL ELECTRIC encore appeler silhouette HF, muni d'un Potter mural et d'un Potter incorporé à la table.

- Deux mammographes de marque GENERAL ELECTRIC série Scénographe 600t(en panne).
- Un appareil de panoramique dentaire de marque panelipse aussi en panne.
- Un appareil à développer automatique de marque AGFA CLASSIC E.O.S doté d'un spot de lumière inactinique qui tend à être abandonné des manipulateurs par la routine.
- Deux échographes dont l'un de marque LOGIQ 500 pro-série muni de trois sondes. Une sonde endo-cavitaire 9MGH, une sonde superficielle 7,5 MGH, une sonde profonde 3,5 MGH et l'autre échographe de marque LOGIQ 400 pro-série muni également de trois sondes. Une sonde endo-vaginale de 9MGH, une sonde superficielle 7,5 MGH, une sonde profonde 3,5 MGH.

D. Méthode :

Nous avons collecté tous les films radiologiques rejetés tous formats confondus, dans les centres médicaux privés CELY I et CELY II de Bamako, pendant une période de six mois .Ensuite nous avons compté le nombre total de films rejetés, analysé les causes du rejet et évalué le coût total des films rejetés.

E. CRITÈRES D'INCLUSION ET DE NON INCLUSION

1. Critères d'inclusion :

Les critères de mise au rebut des films sont des critères techniques. Ont donc été inclus dans notre étude, tous les clichés qui ont perdu leur caractère diagnostique.

2. Critère de non inclusion :

Nous n'avons pas retenu les films qui ont servi de test après un dépannage.

F. TRAITEMENT DES DONNÉES :

Le traitement de texte a été réalisé sur Microsoft Windows^R XP.

Le masque de saisie et la saisie des données ont été réalisés sur le logiciel SPSS 12.0 ainsi que le traitement et l'analyse des données.

Les tableaux sont réalisés sur EXCEL.

III. **RÉSULTATS :**

Tableau I : Répartition globale concernant l'ensemble des films rejetés.

Nombre de films utilisés		Nombre de Clichés réussis		Nombre de boîtes				Rebut	
n	%	n	%	utilisées		rejetés		n	%
11700	100	11054	94,47	117	100	6,5	5,56	646	5,52

Durant notre étude, le taux de rebut est estimé à 5,52%.

Cause du rejet	Erreur de constantes*	Position patient	Centrage	Dev .film	Mvt patient	Autres**	Total
Nombre de cas	28	5	19	5	0	4	61
pourcentage (%)	45,90	8,20	31,15	8,20	0	6,56	100

Tableau II : Répartition des films rejetés en **radiographie du Crâne** en fonction de la cause du rejet.

Les erreurs de constante ont représenté 45,90%.

Cause du rejet	Erreur de constantes	Position patient	Centrage	Dev .film	Mvt patient	Autres	Total
Nombre de cas	100	7	30	5	0	8	150
pourcentage (%)	66,67	4,67	20	3,33	0	5,33	100

Tableau III : Répartition des films rejetés dans la **radiographie du thorax** en fonction de la cause du rejet.

Les erreurs de constante ont représenté 66,67 %.

Cause du rejet	Erreur de constantes	Position patient	Centrage	Dev .film	Mvt patient	Autres	Total
Nombre de cas	9	0	13	3	0	1	26
pourcentage (%)	34,62	0	50	11,54	0	3,85	100

Tableau IV : Répartition des films rejetés en radiographie de l'abdomen sans préparation en fonction de la cause du rejet.

Les erreurs de centrage ont représenté 50%.

Tableau V : Répartition des films rejetés en radiographie du rachis en fonction de la cause du rejet.

Cause du rejet	Erreur de constantes	Erreur de position patient	Position patient	Centrage	Dev. film	Dev. film	Mvt patient	Mvt patient	Autres	Autres	Total	Total		
Nombre de cas	100	114	3	6	21	36	3	66	0	0	6	8	133	230
pourcentage (%)	75,18	49,56	2,26	2,61	15,79	15,65	2,26	28,70	0	0	4,51	3,47	100	100

Les erreurs de constante ont représenté 49,56%.

Tableau VI : Répartition des films rejetés dans la radiographie des membres en fonction de la cause du rejet.

Les erreurs de constante ont représenté 75,18%.

Cause du rejet	Erreur de constantes	Position patient	Centrage	Dev .film	Mvt patient	Autres	Total
Nombre de cas	1	0	10	0	0	1	12
pourcentage (%)	8,33	0	83,33	0	0	8,33	100

Tableau VII : Répartition des films rejetés dans les examens avec contraste en fonction de la cause du rejet.

Les erreurs de centrage ont représenté 83,33%.

Cause du rejet	Erreur de constantes	Position patient	Centrage	Dev .film	Mvt patient	Autres**	Total
Nombre	28	1	3	0	1	1	34
pourcentage (%)	82,35	2,94	8,82	0	2,94	2,94	100

Tableau VIII : Répartition des films rejetés dans les **autres types d'examens** en fonction de la cause du rejet.

Les erreurs de constante ont représenté 82,35%.

Tableau IX : Récapitulatif des causes de rejet en fonction des différents types d'examen.

Cause du Rejet Type d'examen	Erreur de constantes	Position patiente	Centrage	Dev. film	Mvt patient	Autres**	Total	%
Crâne	28	5	19	5	0	4	61	9,44
Thorax	100	7	30	5	0	8	150	23,22
Abdomen	9	0	13	3	0	1	26	4,02
Rachis	114	6	36	66	0	8	230	35,60
Membres	100	3	21	3	0	6	133	20,59
Examen avec contraste	1	0	10	0	0	1	12	1,86
Autres***	28	1	3	0	1	1	34	5,26
Total	380	22	132	82	1	29	646	100
Pourcentage (%)	58,82	3,41	20,43	12,69	0,15	4,49	100	100

Les principales causes de rebuts se situaient au niveau de la triade : les **erreurs de constantes** avec 58,82%, le **centrage** avec 20,43%, et le **développement du film** avec 12,69%.

Les types d'examens les plus couramment rencontrés étaient successivement : le **rachis** avec 35,60%, le **thorax** avec 23,22 % et les **membres** avec 20,59%.

Tableau X : Répartition des coûts et du taux des rebuts de films en fonction de leur nombre et de leur format.

Format des films	Prix unitaire p. u	Nombre de films utilisés	Nombre de boîtes utilisés	Nombre de films rejetés	Nombre de boîtes rejetés	Coût total de films rejetés en FCFA	Taux de perte de films en %
18x24	300	900	9	95	1	28500	14,71
24x30	450	2700	27	178	1,8	80100	27,55
30x40	700	900	9	37	0,4	25900	5,73
35x35	450	3600	36	110	1	49500	17,03
35x43	850	3600	36	226	2,3	192100	34,98
TOTAL	2750	11700	117	646	6,5	376100	100

Les formats **35x43** étaient les plus utilisés avec **34,98 %**, avec un coût de rejet estimé à **192 100F.CFA**.

IV. COMMENTAIRES ET DISCUSSION :

1. Méthodologie :

Nous avons compté 646 films rejetés tous les formats confondus des différents types d'examens pendant une période d'étude de 06 mois (de septembre 2008 à mars 2009) dans les centres médicaux privés CELY I et CELY II de BAMAKO. IL s'agissait d'une étude rétrospective, analytique et descriptive ayant pour but de déterminer le niveau de perte des films et ces répercussions économiques.

Nous n'avons pas rencontré de difficultés dans la collecte des films. Les films rejetés étaient tous rassemblés au niveau de CELY II dans deux cartons différents, l'un pour CELY I et l'autre pour CELY II.

2. Matériels utilisés :

Les appareils existants dans le service étaient de bonnes qualités (les tables de radiographie conventionnelle, le mammographe, le panoramique dentaire) ; mais étaient souvent en panne par une insuffisance d'entretien. En cas de panne technique, la maintenance n'était pas assurée immédiatement faute de technicien biomédical qualifié sur place.

Les cassettes étaient de bonne qualité mais certaines avaient des fermetures non étanches responsables de voile partielle de films. Les écrans renforçateurs étaient souvent mal entretenus.

Les examens étaient réalisés par trois techniciens de radiologie au CELY I et quatre au CELY II qui évoluaient sur les différents postes de radiologie, et chaque technicien procédait lui même au developpement du film qu'il vient d'exposer.

Les intrants utilisés : Les films étaient très souvent de bonne qualité mais nous avons constaté dans notre série des lots défectueux. Les marques utilisées étaient en général KODAK et AGFA. Ils étaient conservés à une température de 18° Celsius, stockés en position verticale ; la durée de stockage moyenne était de 90 jours dans l'armoire.

La chambre noire avait une bonne étanchéité à la lumière, on notait la présence de spot lumineux inactinique qui rendait facile la manipulation des films et des cassettes ainsi que le développement.

Les développeuses étaient nettoyées selon une fréquence hebdomadaire au cours du renouvellement de bain ou en cas de détérioration du bain.

Les produits chimiques (fixateur, révélateur) étaient de très bonnes qualités.

3. Caractéristiques des clichés mis au rebut :

Dans notre étude nous avons compté 646 films de rebut tous formats confondus représentant 5,52 % des rebuts de films utilisés au niveau des Centres médicaux privés CELY I et CELY II de Bamako durant une période d'étude de 6 mois.

RENE KEITA [8] avait retrouvé 7,2 % de rebut pendant une période d'étude de 24 mois dans le service de radiologie du CHU de POINT « G » et ZHAO BING GHAO [16] avait retrouvé à l'hôpital de KATI un résultat identique à celui de RENE KEITA de point G.

L'ensemble des rejets de films correspondaient à environ 6,5 boîtes sur 117 boîtes utilisées tous formats confondus pendant notre période d'étude soit 5,56 % de boîtes mises au rebut.

Les formats 35x43, 24x30 et 35x35 représentaient respectivement 34,98 %, 27,55 %, et 17,03 % du taux de perte des films utilisés.

La manipulation pour la réalisation d'une radiographie qui utilise le format 35x43 était la plus facile et la plus pratique à utiliser au service pour les incidences les plus couramment réalisées ; soit 35,60 % pour le rachis, 23,22% pour le thorax et 20,59 % pour les membres.

L'incidence qui nécessitait le format 24x30 était destiné aux radiographies des extrémités soit 27,55%.

Concernant la nature des examens, le pourcentage de mise au rebut de la radiographie du rachis était la plus réalisée avec 35,60 %.

Sur 646 films mis au rebut, 230 cas étaient amputés aux radiographie du rachis soit 35,60%. Ce taux élevé de perte pourrait s'expliquer par le fait que le thorax était fréquemment la radiographie difficile à réalisée du fait de son épaisseur et de sa technique de réalisation. Cette perte considérable de films était causée particulièrement par les erreurs de constantes avec 58,82 %, de centrage avec 20,43 % dues aux techniciens manipulateurs et enfin du développement des films avec 12,69 % de l'ensemble des rebuts dus à la machine à développer (soit par péremption du bain, ou par coupure d'électricité au cours du développement).

Durant notre étude, nous avons utilisé 11700 films tous formats confondus correspondant à 117 boîtes utilisées tous formats confondus, contre 6,5 boites rejetées soit 5,56 % de films rejetés, avec 11054 clichés réussis soit 94,47% et 646 films rejetés soit 5,52 %.

La perte financière était estimée à 376.100 f CFA pendant cette période d'étude de 6 mois.

Alors que cette perte était de 3.158.500 FCFA dans l'étude de RENÉ KEITA en 2006 au CHU de Point « G » pendant une étude prospective de 24 mois avec un taux de perte de 7,2 %.

De même le taux ZHAO BING GHAO et Dr A. SOUMARE de KATI en 1997 était également de 7,2 % pendant une étude prospective de 12mois.

Nous n'avons pas retenu les films qui ont servi de test après un dépannage.

V. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

1. CONCLUSION :

En analysant le rejet de film, il est possible d'identifier les causes et de proposer des mesures correctives.

La solution préconisée est l'installation du système de numérisation du développement des films en radiologie conventionnelle. Ces appareils sont déjà installés sur chacun des deux sites CELY I et CELY II depuis trois mois. Le type de numérisation adoptée est la numérisation à la plaque de phosphore.

Une évaluation au bout d'un certain temps permettra de montrer l'impact de la numérisation sur le rejet de film.

Ce travail pourrait faire l'objet d'une autre étude.

2. RECOMMANDATIONS :

Au terme de notre étude nous formulons les recommandations suivantes :

Aux manipulateurs :

- une bonne application des techniques de radiographie pour la réussite du programme assurance qualité des clichés (incidence, constantes, centrage, contraste, netteté...);
- respecter les critères de qualité d'un examen radiologique tels l'identification : «écrire sur le film (le nom prénom, âge du patient, date de l'examen, nom de l'établissement) en règle photographié ; radiographié ou dactylographié ; l'orientation du cliché: le côté doit être repéré de manière non ambiguë par les lettres D (droit) ou G (gauche) ;
- veiller de la propriété des écrans des cassettes, de la machine à développer.
- assurer le renouvellement périodique du bain (révélateur et le fixateur) de la développeuse à temps.

Aux promoteurs de CELY :

- la solution préconisée est l'installation du système de numérisation de développement des films pour permettre non seulement la réduction des pertes économiques en films et en bain (révélateur et fixateur) estimés à un coût très élevé plus de 5,52 % du montant total des films achetés et en même temps permettre le traitement, la visualisation, l'archivage et le transfert à distance des images numérisées.
- assurer la maintenance régulière des appareils radiologiques par des techniciens biomédicaux qualifiés sur place ;
- le contrôle de qualité devrait être organisé et légalisé par le biais du ministère de la santé, il y va de la crédibilité de nos structures sanitaires, aussi bien dans le privé que dans le public.
- assurer la formation continue, appropriée des manipulateurs radiologues impliqués dans la réussite de l'examen radiologique par des séminaires, des staffs et des congrès de formation.

VI. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. ANDRIEU de LEVIS, BOURGUET.P, CAILLE.J.M, COUSSEMENT.A, GRENIER, LE BAS. F et AL : Matériel d'imagerie utilisant les rayons x : Technologie en Radiologie et Imagerie Médicale. EdiCerf 1995 ; 34-163p.

2. BAERT.A.L, PALLARDY.G, COULOMB.M, DIETEMANN.J.-L, MOREAU.J.F, AMIEL.M, DUCASSOU, RÉMY, GRENIER.P, GRUMBACH.Y, HEBERT.G, PUGIN.J.-M, DUBOURG.Y, FAURE.F et Al : Les rayons X et les films ; le scanner ; imagerie radiologique ; histoire de la mammographie ; profession manipulateur. Cent Ans d'Imagerie Médical, histoire et perspectives d'avenir : octobre 1995.EdiCerf 1995 ; 42-165p.
3. DELORME.G, REBOUL.F et AL : l'usage des manipulateurs et techniciens en radiologie : Guide théorique et pratique. Paris 1995, Masson et C^{ie}. juin 1967 ; 67 ; 540 p
4. DICTIONNAIRE PETIT LAROUSSE : Edition, juin1997 : 862p
5. Dr FRANÇOIS AUBERT : Accréditation et assurance qualité dans la pratique radiologique libérale. Publié dans l'organe de la fédération Nationale des Médecins Radiologues (F.N.M.R.) London, 1988. 66 – 69p.
6. Dr TANGUY J.-Y : Radiologie et Imagerie Médicale [http://www.med.univ-angers.fr /discipline /radiologie / locaux1.html](http://www.med.univ-angers.fr/discipline/radiologie/locaux1.html) jeudi 27/01/2011.
7. DURIEZ. Y : Amélioration de la qualité des radiographies : production des rayons x leur application en radiologie médicale et industrielle. Paris 1971, Masson et C^{ie} ; 120 ; 137p
8. KEITA R : Étude de la mise au rebut des films Radiographiques dans le service de Radiologie et de Médecine nucléaire de l'hôpital de point G.

De janvier 2003 à décembre 2004.

Thèse de médecine, FMPOS, Bamako 2006.N°54, 64p.

9. LAMARQUE. J.L, BOYERL : Mammographie. Technique.

Sémiologie .Dépistage. Pradel : 1990. 373-375P.

10.LEONETTI.P, AMIEL.M: Les Tubes à rayon x : notes technologie). Paris 1981, Masson 21 ; 3 ; 4-265p

11. MERIGOT. CH : Le couple écran-film : Technique-Écran-Film. Paris 1981, Masson 34 ; 3-252p

12.MONNIER.J-P, TUBIANA : Pratique des techniques du radiodiagnostic Masson 1994,2^e édition. Généralités 5 ;8 ;10 ;40p.

13.Mr. SCHMIDT (C.N.A.M.) Prs RAMEE; A.M. et HERZOG.B: Enseignement d'études spéciales d'électroradiologie. Tronc commun. L'image radiologique ; Technologie des appareils utilisés ; notion de radioprotection, Faculté mixte de médecine et de pharmacie de Nantes. Rue G. Veil – 44 – Nantes. Tome III

14.Mrs. M .J. HARVEY-BRITISH INSTITUT OF RADIOLOGY, London, 1988. Assurance of quality in the diagnostic X-ray Department by: assurance de la qualité de l'imagerie radio diagnostique un survol octobre 1996. Published by the British Institute of Radiology,London, 1988. 66 – 69p.

15.THORAVISION :<http://cedit.aphp.fr/servlet/sitecedit?Destination=reco&numArticle=96.05> 21 novembre 2009.

16. ZHAO BING GHAO & A. SOUMARE : équipe médicale chinoise du service de Radiologie et Dr SOUMARE de l'hôpital de KATI en 1997 article d'une page.

<http://www.santetropicale.com/resume/104610.pdf> _____jeudi
14/12/2010 à 10h30mn.

ICONOGRAPHIE



Figure 1: Exemple de cliché surexposé : radiographie du rachis lombaire F/P



Figure 2 : Exemple de cliché sous-exposé : ASP couché lors d'une UIV.



Figure 3 : Exemple de cliché mal centré : radiographie thoracique de face.

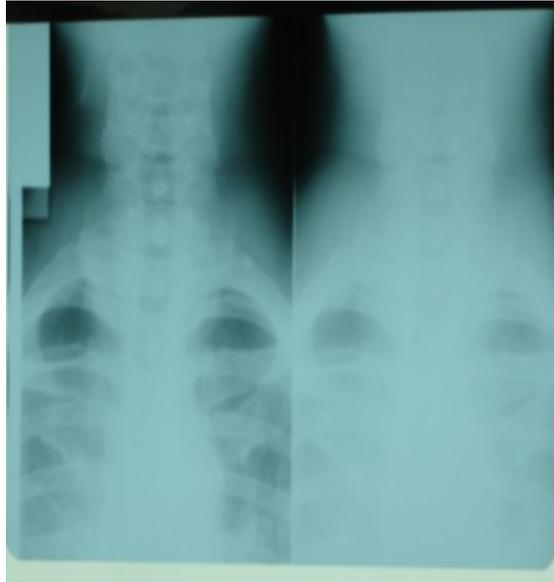


Figure 4 : Exemple de mauvais choix de l'incidence et cliché sous-exposé : radiographie du rachis cervical F/P

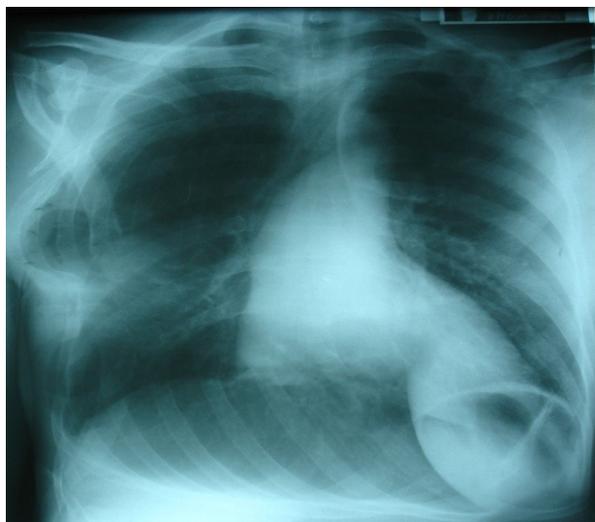


Figure 5 : Exemple de cliché exposé plus d'une fois pour 2 patients différents (image superposée) : radiographie thoracique de face.



Figure 6 : Exemple de cliché mal diaphragmer lors d'une urographie intraveineuse après injection du produit de contraste iodé.



Figure 7 : Exemple de patient mal préparé par la présence de corps étranger : radiographie de l'Abdomen sans préparation.



Figure 8 : Exemple de cliché bloqué dans la machine à développer au cours de l'ureterocystographie rétrograde (UCR).



Figure 9 : Cliché non orienté, non identifié et sous exposé.



Figure 10 : Cliché mis au rebut par défaut de la cassette.



Figure 11 : Film voilé par exposition à la lumière.

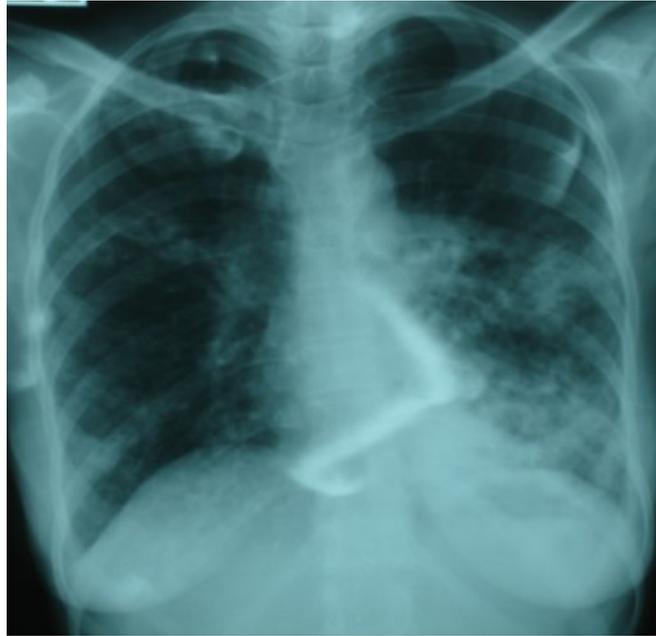


Figure 12 : Thorax de face mis au rebut pour mauvaise qualité du film.

FICHE D'ENQUÊTE

ANALYSE DES FILMS REJETÉS

Site :
Salle :
Tube :

	Trop noir	Trop blanc	positionnement	Centrage	Développement du film	Mouvement du patient	Autres	Total	%
Thorax									
Crâne									
Abdomen									
Rachis									
Membres									
Examen avec contraste									
Autres									
Total									
%									

FICHE SIGNALÉTIQUE

NOM : DIALLO

PRÉNOM : Ladj

E-mail :ladji_diallo2008@yahoo.fr

TITRE DE LA THÈSE : analyse du rejet des films radiologiques dans le centre médical CELY de BAMAKO avant la mise en œuvre de la numérisation de la radiologie conventionnelle.

Année de soutenance : 2011.

Ville de soutenance : Bamako (République du MALI).

Lieu de dépôt : Bibliothèque de la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie (F.M.P.O.S.).

Secteur d'intérêt : Radiologie publique et privée.

RÉSUMÉ : Il s'agissait d'une étude rétrospective et analytique qui s'est déroulée pendant une période d'étude de six mois allant de septembre 2008 à mars 2009 dans le centre médical CELY I et CELY II de BAMAKO sur 646 clichés mis au rebut.

L'objectif général était d'évaluer le taux de mise au rebut des films radiographiques pendant une période d'étude de six mois.

Au terme de notre étude il ressort que les causes de rebut de clichés radiographiques étaient dominées par les erreurs dans le choix des constantes avec 58,82%, les erreurs de centrage avec 20,43% et les erreurs dans le développement du film avec 20,43%.

Le taux de rejet de film est estimé à 5,52%.

Les rebuts de clichés radiographiques étaient responsables de pertes économiques considérables estimées à 376100 F CFA en six mois avec un taux de rejet estimé à 5,52% pour une période d'étude rétrospective de six mois. Les incidences fréquemment retrouvées étaient celles du rachis de face et de profil avec 35,60 %, du thorax de face et profil avec 23,22 % et des membres avec 20,59%.

Les formats correspondant étaient respectivement 35x43 avec 34,98% ,24x30 avec 27,55 %,et 35x35 avec 17,03 % .

La solution préconisée est l'installation d'appareil de numérisation de l'image en radiologie conventionnelle pour permettre non seulement la réduction des pertes économiques en films et en bain (révélateur et fixateur) et en même temps permettre le traitement, la visualisation, l'archivage et le transfert à distance des images numérisées. Elle serait ainsi l'objet d'une nouvelle étude.

Les mots clés : films, rebuts, radiographie.

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des maîtres de cette faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Être suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès la conception.

Même sous la menace, Je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers mes maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

JE LE JURE.