

CONTRÔLE DE QUALITÉ EN MAMMOGRAPHIE

**PROTOCOLE DE CONTRÔLE QUALITÉ DES INSTALLATIONS DE
MAMMOGRAPHIE**

DIRECTION GENERALE DE LA SANTE

Edition révisée, juillet 1998

CONTROLE DE QUALITE EN MAMMOGRAPHIE

PROTOCOLE DE CONTROLE DE QUALITE DES INSTALLATIONS DE MAMMOGRAPHIE

Groupe Technique.

Auteurs :

A. NOËL, *Physicien, Nancy*

I. DESQUERRE-AUFORT, *Ingénieur Biomédical, CHU Timone, Marseille*

A. LISBONA, *Physicien, Nantes*

P. HEID, *Ingénieur Biomédical, ARCADES, Marseille*

Edition révisée, juillet 1998.

CONTROLE DE QUALITE EN MAMMOGRAPHIE

Plan

A. Modalités d'application du contrôle de qualité dans une campagne de dépistage des cancers du sein.....*page 4*

B. Critères d'admission d'un centre de radiologie dans une campagne de dépistage des cancers du sein.....*page 5*

C. Critères de non conformité d'un centre de radiologie participant à une campagne de dépistage des cancers du sein.....*page 6*

D. Terminologie.....*page 7*

E. Protocole de contrôle de qualité des installations de mammographie appliqué dans les Bouches du Rhône.....*page 8*

F. Bibliographie*page 23*

A - Modalités d'application du contrôle de qualité dans une campagne de dépistage des cancers du sein

Les **recommandations** du Groupe Interdisciplinaire de Mammographie¹ (G.I.M.) et de la Communauté **Européenne**² (Europe Against Cancer Programme) ont été retenues pour être appliquées dans le cadre du protocole de contrôle qualité du Groupe Technique.

Ce protocole fera l'objet de révisions régulières destinées à prendre en compte les nouvelles recommandations internationales³, en particulier européennes et nationales, et les nouvelles données scientifiques et techniques.

Tout département souhaitant mettre en route un dépistage systématique du cancer du sein doit avoir un programme de contrôle de qualité conforme aux recommandations données ci-après. Ne pourront être accréditées que les installations ayant satisfait aux critères de qualité établis.

Les départements dans lesquels une campagne de dépistage est en cours doivent se mettre en conformité avec les modalités d'application du contrôle de qualité définies ci-après.

B - Critères d'admission d'un centre de radiologie dans une campagne de dépistage des cancers du sein

Une visite de contrôle de l'installation par l'équipe en charge des contrôles de qualité doit être organisée avant l'admission d'un centre de radiologie dans la campagne de dépistage.

Les critères retenus pour permettre à un centre de radiologie de participer à une campagne de dépistage du cancer du sein de masse sont :

1) Un mammographe moderne possédant :

- Un foyer de taille inférieure ou égale à 0,4 mm (tolérances de la norme IEC/NEMA).
- Un faisceau basse énergie, adapté à l'examen du sein.
- Une distance foyer-film ≥ 600 mm.
- Un système de compression motorisé, avec commande au pied et un système de sécurité permettant une limitation de la pression maximale exercée.
- Un exposeur automatique.
- Un système arrêtant le rayonnement diffusé et ne créant pas d'artefacts sur les clichés.
- Un système permettant la correction du noircissement par réglage des pas de cellule.
- Un potter 18x24 et un potter 24x30.

2) Un négatoscope dédié à la mammographie, délivrant une intensité lumineuse de 2000 Cd/m² en moyenne et homogène, avec la possibilité d'obscurcir les zones lumineuses autour du cliché, quelle que soit sa dimension (doit respecter la norme DIN 6856⁶ du 1^{er} 1994 - 1^{ère} partie).

3) Un sensitomètre et un densitomètre permettant d'effectuer le contrôle du système de développement quotidiennement.

4) Un fantôme MTM 100⁸, permettant d'effectuer un contrôle de la qualité image au moins une fois par semaine et à chaque dérive constatée de la sensitométrie.

5) Un système de développement stable (vérifié par la sensitométrie quotidienne effectuée au moins pendant les 2 semaines précédant le passage de l'équipe en charge du contrôle de qualité) et ne créant pas d'artefacts sur les clichés.

Ce matériel doit répondre **aux caractéristiques minimums et aux tolérances** données dans les **recommandations du G.I.M.¹ (Groupe Interdisciplinaire de Mammographie)** et dans **European Guidelines for Quality Assurance in Mammography Screening²** publié par l'EUREF (édition de mai 1996) et doit satisfaire aux critères définis dans le chapitre C (page 6).

C - Critères de non conformité d'un centre de radiologie participant à une campagne de dépistage des cancers du sein

A la suite de la visite technique effectuée deux fois par an, un compte rendu sera remis par l'équipe de contrôle de qualité à l'équipe de pilotage du programme.

Dans le cas de non respect du cahier des charges, les organisateurs de la campagne sont habilités à ne pas renouveler la participation d'un centre de radiologie.

1) Les critères de non conformité systématique pour problèmes techniques sont:

- Score qualité image inférieur à la valeur minimum (24 points pour le MTM 100).
- Dose à la peau supérieure à 12 mGy (prise sur le fantôme MTM 100⁷ dans les conditions cliniques courantes du centre de radiologie).
- Exposeur automatique ne fonctionnant pas correctement et ayant des déviations supérieures aux valeurs acceptables ($\geq \pm 15\%$).
- Présence d'artefacts sur les clichés (grille, potter, chaîne de développement, ...).
- Inactinisme hors-normes.
- Sensitométrie quotidienne non réalisée, courbes non effectuées ou clichés absents.
- Cliché hebdomadaire sur fantôme MTM 100 non réalisé, courbes non effectuées ou clichés absents.

Les centres de radiologie doivent réparer ou faire réparer les dysfonctionnements constatés lors de la visite technique dans un délai très bref (**moins de deux mois**). Une nouvelle visite sera alors prévue pour suivre la correction des anomalies.

2) Les critères de non conformité avec réserves sont :

- Exactitude et reproductibilité des kV hors-normes.
- Densité optique hors-normes.
- Point de fonctionnement de la cellule supérieur à ± 2 .
- Qualité des récepteurs insuffisante.
- Mauvaises conditions d'interprétation.
- Etat fonctionnel du mammographe.
- Etat fonctionnel de la machine à développer.

Les centres de radiologie doivent réparer ou faire réparer les dysfonctionnements constatés lors de la visite technique dans **un délai maximum de 6 mois** (ou avant la deuxième visite annuelle).

Dans les deux cas, si les remarques du compte rendu ne sont pas prises en compte par le centre de radiologie dans les délais impartis, les organisateurs de la campagne ou le comité de pilotage sont habilités à procéder à l'exclusion de ce centre.

D - Terminologie

Dans le présent document, certains termes ont un sens particulier.

1) Degré des prescriptions :

Les valeurs relevées lors du contrôle sont :

- **SOUHAITABLES** : indique des valeurs dans la norme.
- **ACCEPTABLES** : indique des déviations mineures, admises ponctuellement, mais nécessitant une intervention. Le réglage de l'installation doit être effectué par rapport aux valeurs souhaitables.
- **HORS-NORMES** : indique des déviations majeures nécessitant une intervention immédiate.

2) Termes définis et abréviations :

- **Artefact** : Structure apparente visible sur le cliché, ne représentant aucune structure du sein et ne pouvant s'expliquer par le bruit de fond ou la Fonction Transfert de Modulation.
- **Contraste** : Différence de densité optique entre deux zones d'une image.
- **DO** : Densité optique. Définie comme $D = \log(I/I_0)$, où I_0 représente l'intensité de la lumière incidente et I l'intensité de la lumière atténuée. D est la DO de l'atténuateur (le film radiographique).
- **Dose d'entrée** : Dose absorbée, à l'exclusion de celle due à la rétrodiffusion, en un point de la surface d'entrée de l'objet irradié, habituellement au centre du champ.
- **Fantôme mammographique** : Objet test permettant de simuler l'exposition d'un sein et de contrôler la qualité de l'image radiographique.
- **PMMA** : Polyméthacrylate de Méthyle. Ses principaux noms commerciaux sont altuglas, lucite, plexidur ou **plexiglas**.

E - Protocole de contrôle de qualité des installations de mammographie

Plan

1) Contrôle des récepteurs

1-1) Contrôle de l'état des récepteurs et du contact écran-film.

1-2) Contrôle de l'homogénéité du parc de cassettes.

2) Contrôle du mammographe

2-1) Etat fonctionnel du mammographe.

2-2) Contrôle de l'alignement du champ RX avec le bord du potter.

2-3) Contrôle de l'exactitude et de la reproductibilité des kV.

2-4) Points de cellule.

2-5) Compensations de l'exposeur automatique.

2-6) Contrôle de l'homogénéité du potter, de la grille antidiffusante et de la filtration.

2-7) Contrôle du rendement du tube.

2-8) Mesure du temps d'exposition.

2-9) Mesure de la taille du foyer.

2-10) Contrôle de la couche de demi-atténuation.

2-11) Contrôle de la compression.

2-12) Contrôle du facteur de Bucky.

3) Contrôle de la chambre noire et de la machine à développer

3-1) Contrôle des conditions de stockage des films.

3-2) Contrôle de la chambre noire.

3-3) Contrôle du système de développement.

3-4) Contrôle du système de marquage des clichés.

4) Qualité image et dose

4-1) Contrôle du score qualité image avec le fantôme MTM 100.

4-2) Densité optique de référence.

4-3) Contrôle de la dose.

4-4) Contrôle des courbes de sensitométrie.

5) Conditions de lecture

5-1) Contrôle des négatoscopes.

5-2) Contrôle de l'éclairage ambiant.

Protocole de contrôle de qualité des installations de mammographie

Le contrôle de qualité est effectué sur l'ensemble de la chaîne image qui comprend :

- le mammographe,
- la machine à développer,
- la chambre noire,
- les cassettes,
- les négatoscopes.

La **fréquence des tests** indiquée dans ce protocole est la minimum requise. Quand des dysfonctionnements sont relevés, des contrôles supplémentaires doivent être effectués pour en déterminer l'origine.

Les différents éléments de l'installation doivent être identifiés par les équipes de contrôle.

Relever les marques et types des appareils, leurs caractéristiques, leurs numéros de série.

Relever également les constantes de travail du cabinet.

1) LES RECEPTEURS

1-1) Contrôle de l'état des récepteurs et du contact écran-film.

Périodicité : 6 mois.

Les cassettes sont repérées par un numéro unique. Noter les marques et les types des cassettes et des écrans.

Relever sur chaque cassette la date de mise en service des écrans et leurs numéros de série.

Vérifier visuellement l'état des cassettes.

Vérifier le taux d'empoussièrement des cassettes et des écrans. On utilise une lampe à ultraviolet, en incidence rasante, sur les écrans. Noter les défauts constatés pour chaque récepteur.

On travaille en mode manuel, c'est à dire kV et mAs affichés manuellement. On supprime la pelle de compression. Agrandir le champ le plus possible.

On se place à 28 kV (**valeur de référence**, voir paragraphe 2-3), et pour une valeur de mAs permettant d'obtenir une densité optique de l'ordre de 2 à 3 (mesurée dans la zone de référence de la grille de coaptation). Les cassettes devront être chargées depuis au moins 10 minutes, de façon à éliminer les artefacts causés par des bulles d'air. Utiliser des films provenant de la même boîte.

On place chaque cassette, tour à tour, **sur** le potter et **sous** une grille de coaptation.

Après irradiation, on développe les films. L'analyse des clichés sur un négatoscope permet de mettre en évidence les défauts de contact entre l'écran et le film, ainsi que les défauts inhérents à l'écran tels que les rayures, les taches et les traces. Les défauts importants de coaptation, représentés par des zones sombres dont la surface dépasse 1 à 2 cm² sur les clichés, doivent entraîner le retrait des cassettes incriminées du parc.

1-2) Contrôle de l'homogénéité du parc de récepteurs.

Périodicité : 12 mois ou après un changement dans le parc.

Pour vérifier l'homogénéité du parc, placer les cassettes une à une dans le potter. Placer sur le potter le fantôme MTM 100. Effectuer un tir à 28 kV (valeur de référence, voir paragraphe 2-3), cellule 0 et mAs automatiques. Développer les films et mesurer la densité optique au centre des clichés.

La variation de DO souhaitable est : $DO_{max} - DO_{min} \leq 0,20$

La variation de DO acceptable est : $DO_{max} - DO_{min} \leq 0,30$

Remarque : La variation de densité optique maximale souhaitable recommandée par le protocole CEC² est :

$DO_{max} - DO_{min} \leq 0,15$.

La variation du nombre de mAs (ou de la dose) doit être $< \pm 5\%$.

Les cassettes les plus proches de la moyenne sont choisies comme **cassettes de référence**.

2) LE MAMMOGRAPHE

2-1) Etat fonctionnel du mammographe.

Périodicité : 6 mois.

Vérifier le fonctionnement correct :

- des commandes de mouvement de l'appareil,
- des voyants lumineux,
- des systèmes de blocage,
- de l'affichage de l'épaisseur et de la force de compression (si possible).

Contrôler l'état du dispositif de compression (pas de jeu).
Contrôler le maintien de la cassette dans le potter.

2-2) Contrôle de l'alignement du champ RX avec le bord proximal du potter.

Périodicité : 12 mois.

On utilise une tige d'aluminium rigide pliée. On place sur le potter une cassette. Sur la cassette dépassant d'environ 2 cm coté proximal, on place la barre au ras du potter. On irradie à 28 kV en mode automatique. On développe le film.

**La partie de film irradiée à l'extérieur du potter ne devrait pas dépasser 3 mm.
On accepte 5 mm.
Aucune zone non irradiée ne doit apparaître à l'intérieur du bord du potter.**

On utilise le fantôme MTM 100 pour vérifier la zone irradiée par le faisceau RX sur le film. On doit trouver 3 billes au minimum, pour chaque groupe.

2-3) Contrôle de l'exactitude et de la reproductibilité des kV.

Périodicité : 6 mois.

L'exactitude et la reproductibilité des kV sont testées à l'aide d'un kVp-mètre (ou d'un multimètre).

Sélectionner le grand foyer, vérifier le type de filtration et d'anode (se placer de préférence sur Mo-Mo), choisir le facteur de correction de l'exposeur correspondant au type d'écran utilisé, et se placer en mode manuel en sélectionnant un nombre de mAs suffisant pour permettre au kVp-mètre d'intégrer lors de l'irradiation (dépend du type de kVp-mètre utilisé, consulter la notice de l'appareil).

Le test s'effectue sans la cassette, le kVp-mètre posé sur la pelle de compression retournée ou sur le potter (dépend du type d'appareil utilisé, consulter la notice).

Pour l'exactitude des kV, effectuer une série de tirs à feu nu aux tensions affichées : 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 et 32 kV. Noter les valeurs données par le kVp-mètre.

Comparer ensuite les valeurs lues sur le kVp-mètre aux valeurs affichées par le mammographe.

Déterminer alors la valeur lue sur le kVp-mètre la plus proche de la valeur réelle 28 kV. C'est cette valeur qui sera prise comme **valeur de référence**.

La différence entre la valeur réelle et la valeur affichée ne doit pas dépasser ± 1 kV

Pour la reproductibilité des kV, effectuer 5 tirs à 28 kV réels (valeur de référence) dans les mêmes conditions expérimentales. Noter les valeurs lues sur le kVp-mètre.

La différence entre 2 valeurs extrêmes ne doit pas excéder 0,5 kV

2-4) Points de cellule.

Périodicité : 6 mois.

On vérifie la variation de densité optique par pas de cellule.

On utilise la cassette de référence. On place le MTM 100 sur le potter, dans les conditions cliniques d'utilisation (pour un sein moyen et ferme). Effectuer une irradiation pour 2 valeurs de points de cellule au-dessus et au-dessous de la valeur utilisée en usage courant par le centre de radiologie.

Une variation de densité optique par pas de cellule comprise entre 0,10 et 0,20 est souhaitable.

Une utilisation courante avec un décalage ± 2 points de cellule par rapport à la valeur centrale est acceptable, un décalage ± 1 est souhaitable.

2-5) Contrôle de l'exposeur automatique.

Périodicité : 6 mois.

Il s'agit de vérifier la linéarité de la réponse en fonction de l'énergie du faisceau et de l'épaisseur de l'objet traversé.

On utilise les cassettes de référence. On place la pelle de compression en contact avec les cales de plexiglas et on sélectionne le grand foyer.

Pour le test de la compensation en épaisseur, on place sur le potter des plaques de plexiglas de taille suffisante pour couvrir la totalité du détecteur (≥ 15 cm x 15 cm) et d'épaisseur variable. On place le détecteur en position centrale, et la cellule dans les conditions courantes d'utilisation du cabinet. Faire déborder légèrement les plaques de PMMA du bord proximal du potter.

On effectue un cliché pour les épaisseurs de plexiglas 2, 3, 4, 5 cm à 28 kV et 5, 6 cm à 30 kV.

Pour le test de la compensation en kV, on place sur le potter une cale en plexiglas de 4 cm d'épaisseur. On réalise ensuite une série de clichés aux différentes valeurs de kV utilisées couramment dans le cabinet (ex.: 26, 28, 30 et 32 kV).

Après chaque exposition, on note le nombre de mAs délivrés. Mesurer ensuite la densité optique au centre de chaque cliché.

La variation de DO souhaitable est : $DO_{\max} - DO_{\min}$ £ 0,20

La variation de DO acceptable est : $DO_{\max} - DO_{\min}$ £ 0,30

Si le mammographe est couramment utilisé en mode " zéro point " (tout automatique) par le centre de radiologie, un contrôle de l'exposeur automatique avec les constantes cliniques doit être effectué. Pour ce test, on va placer des plaques de plexiglas de 2, 3, 4, 5 et 6 cm d'épaisseur sur le potter. On laisse l'appareil sélectionner les kV, les mAs et le type d'anode ou de filtration. On relève pour chaque irradiation ces différentes valeurs. On développe les clichés et on mesure la densité optique au centre du film.

La variation de DO souhaitable est : $DO_{\max} - DO_{\min}$ £ 0,20

La variation de DO acceptable est : $DO_{\max} - DO_{\min}$ £ 0,30

Remarque :

Dans le cas d'un appareil à double anode et double filtration, vérifier que le basculement sur la deuxième filtration puis sur la deuxième anode s'effectue bien lors de l'augmentation de l'épaisseur du plexiglas sur le potter.

Chercher, en plaçant une épaisseur supplémentaire de plexiglas, puis, si c'est nécessaire, une plaque en aluminium sur les 6 cm de plexiglas, à faire basculer le mammographe sur l'autre filtration, puis sur l'autre anode. Ce test est destiné à vérifier le bon fonctionnement du système.

Pour le test de la reproductibilité de la réponse de l'exposeur, placer sur le potter 40 mm de PMMA. On utilise le dosimètre (ou le multimètre). Placer la chambre sur les plaques, hors de la zone utile de la cellule. Se placer à 28 kVp, en mAs automatiques et pelle de compression au contact de la chambre. Placer une cassette chargée dans le potter. Ne plus modifier la position des plaques de PMMA et de la chambre durant le test.

Effectuer 5 tirs et noter la dose relevée par le détecteur et le nombre de mAs délivrés par le mammographe (si possible).

La variation de dose souhaitable doit être $< \pm 2\%$

La variation de dose acceptable doit être $< \pm 5\%$

2-6) Contrôle de l'homogénéité du potter, de la grille antidiffusante et de la filtration.

Périodicité : 6 mois.

Pour ce contrôle, on place sur le potter une plaque de plexiglas de 3 cm d'épaisseur, de format 18*24. On réalise un cliché dans les conditions cliniques d'utilisation. On note les valeurs des différents paramètres (kV, mAs, cellule,...). On développe le film.

On ne doit pas voir d'artefact.

Si on remarque des zones de densité variable, comparer ces derniers clichés avec les clichés réalisés pour contrôler l'état des rouleaux de la machine à développer (paragraphe 3/3). Si les artefacts sont différents, il faut déterminer s'ils proviennent d'un défaut d'homogénéité de la grille, du potter ou de la filtration. Pour vérifier l'état de la filtration, placer sur le potter un film sans écran. Ouvrir le diaphragme au maximum. Retirer tout intermédiaire entre le tube et le film et faire une exposition à 28 kV et 16 mAs. Développer le film et le visionner sur un négatoscope. Si les artefacts sont visibles, le défaut provient de la filtration. Sinon, les artefacts sont créés par un défaut de la grille ou du potter.

On ne doit pas voir sur le cliché la projection du rebord externe de la pelle de compression (ni les marques de positionnement de la cellule peintes sur la pelle).

Aucun artefact ne doit être visible.

2-7) Contrôle du rendement du tube.

Périodicité : 6 mois.

Placer le détecteur au **point de référence** (40 mm du bord proximal du potter et centré latéralement), sur le fantôme MTM 100. Mesurer la distance foyer-chambre D_{fc} et la distance foyer-fantôme D_{ff} . Irradier avec les constantes utilisées cliniquement et en mAs manuels (les plus proches de la valeur trouvée lors de l'exposition ordinaire, voir paragraphe 4-1).

Effectuer deux expositions, une avec un nombre de mAs inférieur au nombre de mAs de référence, une avec un nombre de mAs supérieur (de façon à encadrer la densité optique de référence).

Relever la dose, le débit du tube D_0 et le temps de pause.

Calculer le débit D_1 à la surface du fantôme MTM 100.

$$D_1 = D_0 \times (D_{fc} / D_{ff})^2$$

Un débit du tube supérieur ou égal à 10 mGy/s est souhaitable.

Un débit du tube supérieur ou égal à 7 mGy/s est acceptable.

2-8) Mesure du temps d'exposition.

Périodicité : 6 mois.

On place le fantôme sur le potter, la pelle de compression au contact, la chambre du multimètre hors de la zone utile de la cellule.

On réalise un cliché dans les conditions courantes d'utilisation du cabinet.

Le temps pour une exposition de routine ne doit pas excéder 2 secondes pour être acceptable.

Un temps d'exposition inférieur à 1,5 secondes est souhaitable.

2-9) Mesure de la taille du foyer.

Périodicité : 12 mois.

On mesure la taille du gros foyer.

La taille du foyer est mesurée par la méthode de la mire étoile.

La pelle de compression est retournée, la mire est placée dessus.

On place sur le potter un film sans écran. La mire est placée le plus près possible du foyer, de façon à obtenir un grandissement de l'ordre de 2. Elle sera positionnée de telle façon que ses zones de mesures soient perpendiculaires à l'axe anode-cathode.

On place la mire de façon à ce que l'image donnée de cette dernière par le centreur lumineux soit tangente au bord du potter. On centre le film par rapport à la mire et on irradie à 80 mAs et 28 kV. On utilise une mire de $0,5^\circ$ pour un foyer dont la taille est inférieure ou égale à 0,3 mm, et une mire de $1,5^\circ$, pour un foyer de taille supérieur. On vérifie la taille du gros foyer.

On développe le film. On repère, en partant du bord externe de la mire, l'endroit où apparaît la première zone de flou. On mesure la distance entre 2 zones de flou sur les secteurs opposés.

On calcule le diamètre du foyer par la formule :

$$\text{Foyer} = \{(p \times \text{Angle de la mire} / 180)\} \times \{(\text{Distance entre 2 zones}) / (\text{Agrandissement} - 1)\}$$

Les tolérances, d'après la norme IEC/NEMA, sont :

| Valeur nominale du foyer | Largeur (mm) | Longueur (mm) |
|--------------------------|--------------|---------------|
| 0,1 | 0,10 - 0,15 | 0,10 - 0,15 |
| 0,15 | 0,15 - 0,23 | 0,15 - 0,23 |
| 0,2 | 0,20 - 0,30 | 0,20 - 0,30 |
| 0,3 | 0,30 - 0,45 | 0,45 - 0,65 |
| 0,4 | 0,40 - 0,60 | 0,60 - 0,85 |

La taille du gros foyer ne doit pas excéder 0,4 mm.

2-10) Contrôle de la couche de demi-atténuation.

Périodicité : 12 mois.

On travaille en manuel. On sélectionne 28 kV réels et le nombre de mAs le plus proche de la valeur de référence. On place la chambre 5 cm au-dessus du potter. On retourne la pelle de compression et on la place à 30 cm de la chambre. On collimate le faisceau à la taille de la chambre en utilisant un collimateur additionnel en plomb. On effectue une série d'expositions et on note la dose moyenne.

On effectue la même manipulation en plaçant successivement sur la pelle de compression des plaques d'aluminium de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 et 0.5 mm d'épaisseur. Les plaques d'aluminium doivent avoir une pureté supérieure ou égale à 99,99% et leur épaisseur doit être donnée avec une précision supérieure à 1%.

On place sur une feuille semi-logarithmique les valeurs de la dose en fonction de l'épaisseur des plaques d'atténuation. On en déduit alors la valeur de la couche de demi-atténuation pour la valeur de la haute tension sélectionnée.

La formule à appliquer est :

$$\text{CDA (mm Al)} = \{X_1 \times \ln\{(2 \times D_2)/D_0\} - X_2 \times \ln\{(2 \times D_1)/D_0\}\} / \{\ln(D_2 / D_1)\}$$

Avec :

D_0 : dose directe

D_1 : (respectivement D_2): dose relevée sous la plaque d'aluminium de X_1 mm d'épaisseur (respectivement X_2 mm).

Les valeurs de la CDA, mesurée en mm d'aluminium, doivent être comprises entre:

$$\{(kVp / 100) + W\} \leq \text{CDA (mm Al)} < \{(kVp / 100) + C\}$$

Avec : $W = 0,03$ si la pelle de compression est en place (sinon $W = 0$)

$C = 0,12$ mm Al pour un couple anode/filtration Mo/Mo

$C = 0,19$ mm Al pour un couple anode/filtration Mo/Rh

$C = 0,22$ mm Al pour un couple anode/filtration Rh/Rh

On peut aussi déterminer la CDA directement par certains appareils digitaux. Il faut cependant corriger les valeurs obtenues en fonction de la filtration de l'appareil.

2-11) Contrôle de la compression.

Périodicité : 12 mois.

Vérifier la valeur de la force de compression maximale appliquée par l'appareil.

La force de compression maximum doit être comprise entre 130 et 200 N

Vérifier l'affichage de l'épaisseur comprimée (si possible).

On vérifie l'homogénéité de la compression en utilisant un bloc de mousse de 5 cm d'épaisseur. On comprime au maximum permis et on mesure la hauteur des bords du bloc.

**La différence de hauteur de mousse pour les cotés opposés ne devrait pas dépasser 5 mm.
On accepte une variation de 10 mm.**

2-12) Contrôle du facteur de Bucky.

Périodicité : si le contrôle est possible, à la recette, si on constate une dégradation des résultats et après un changement de grille ou de potter.

Sélectionner le grand foyer. Placer le fantôme MTM 100 sur le potter, pelle de compression au contact.

Effectuer un cliché sans la grille antidiffusante à 28 kV, mAs automatique et cellule 0. Relever le nombre de mAs délivrés. Développer le film et relever la densité optique au centre du cliché. Recommencer la même opération avec la grille antidiffusante.

Remarque :

Si le mammographe ne donne pas le nombre de mAs délivrés lors de l'exposition, refaire un cliché en manuel.

Effectuer plusieurs expositions en fixant le nombre de mAs et en essayant d'obtenir une densité optique proche de la **densité optique de référence** (voir paragraphe 4-2). Les mAs des 2 expositions retenues devront être choisis afin d'obtenir des densités optiques majorant et minorant la densité optique de référence. Ces valeurs du nombre de mAs permettent de déterminer le nombre de mAs délivrés lors de l'exposition en automatique. Le facteur de Bucky est le rapport entre le nombre de mAs délivrés avec la grille et le nombre de mAs délivrés sans la grille, pour une densité optique identique.

**La densité optique doit être de l'ordre de (1 + voile + base).
Le facteur de Bucky doit être inférieur ou égal à 3.**

3) LA CHAMBRE NOIRE ET LA MACHINE A DEVELOPPER

3-1) Contrôle des conditions de stockage des films.

Périodicité: 6 mois.

Pour une conservation optimale des surfaces sensibles, respecter les recommandations des fabricants. Le stockage des films doit se faire dans un endroit frais. La température devrait être voisine de 20°C.

Les films doivent être stockés verticalement et les dates de péremption doivent être respectées.

3-2) Contrôle de la chambre noire.

Périodicité: 6 mois.

On vérifie les points suivants :

- La température ambiante et l'hygrométrie du laboratoire.

* La température devrait être comprise entre 10 et 20°C pour les valeurs souhaitables, et entre 8 et 23°C pour les valeurs acceptables.

* L'hygrométrie devrait être comprise entre 30% et 50% pour les valeurs souhaitables, et entre 25% et 60% pour les valeurs acceptables.

- L'inactinisme:

* Dans la chambre noire, on pose sur la table de travail un film vierge, émulsion vers le haut. On couvre la moitié de ce film par un cache radio-opaque. Au bout de 2 mn, on développe le film et on mesure la différence de densité optique entre les deux côtés. Cette dernière **ne doit pas dépasser 0,02**.

* Dans le cas d'un système de développement à chargement manuel effectuer un deuxième test. Utiliser un film pré-exposé (densité optique voisine de 1, voile + base compris). Placer le film émulsion vers le haut sur le plan de travail. Couvrir un des cotés du film par un cache. Attendre 2 mn et développer le film. Mesurer la densité optique sur les deux cotés du film. La **différence de densité optique ne doit pas dépasser 0,1**.

- L'empoussièremment:

* Dans la chambre noire, vérifier, à l'aide de la lampe U.V., le plateau de chargement de la machine à développer et le plan de travail.

3-3) Contrôle du système de développement.

Périodicité : 6 mois.

On vérifie :

- **L'état des rouleaux de la machine à développer** : dans la chambre noire, sur une surface lisse, homogène et non réfléchissante, on place un film mammographique, émulsion vers le haut. Avec un briquet sans gaz, on fait 1 ou 2 étincelles au-dessus du film pour

obtenir une densité optique de l'ordre de 1,2. L'exposition du film étant homogène, les défauts visibles sur le film après développement ne peuvent avoir été générés que par la machine à développer. Cette expérience est renouvelée deux fois. Les films sont passés dans la machine à développer l'un en long et l'autre en large, émulsion vers le haut.

- **La sensitométrie** : dans la chambre noire, on marque un film avec un sensitomètre et on le développe. Le film est placé dans la machine à développer en large, l'échelle de gris en tête.

- **La température des bains** : dépend du type de films utilisés. Respecter les recommandations des fabricants. Mesurer la température avec un thermomètre digital ou un thermomètre à alcool. Ne jamais utiliser de thermomètre à mercure.

- **Le temps de développement** : dépend du type de films utilisés. Respecter les recommandations des fabricants.

3-4) Contrôle du système de marquage des clichés.

Périodicité : 6 mois.

Le cabinet doit posséder un système permettant de marquer les clichés (nom du cabinet, nom de la patiente, date de l'examen), ainsi que des lettres en plomb permettant de repérer le sein radiographié (gauche ou droit).

Le système de marquage ne doit pas voiler les films ou créer des artefacts sur les clichés.

4) QUALITE IMAGE ET DOSE

4-1) Contrôle du score qualité image avec le fantôme MTM 100.

Périodicité : 6 mois.

On place le fantôme sur le potter, la pelle de compression en contact, le détecteur de la cellule en position centrale.

On réalise un cliché de référence à 28 kV (valeur de référence), cellule 0 et mAs automatique (**exposition de référence**). On note le nombre de mAs délivrés.

On mesure la densité optique et le contraste objet.

On réalise un cliché dans les conditions cliniques courantes du cabinet pour un sein moyen et ferme (**exposition ordinaire**). C'est sur ce dernier que l'on va déterminer le score qualité image. On note le nombre de mAs délivrés lors de l'irradiation. C'est le **nombre de mAs de référence**.

Remarque :

Dans certains cas, l'exposition de référence et l'exposition ordinaire sont les mêmes.

On réalise ensuite 2 autres clichés en se plaçant en manuel avec la même valeur de kV, mais en encadrant la valeur du nombre de mAs de référence délivrés lors de l'exposition ordinaire.

Remarque :

Si le mammographe ne donne pas le nombre de mAs délivrés lors de l'exposition, refaire un cliché en manuel.

Fixer le même nombre de kV que pour l'exposition ordinaire. Puis effectuer plusieurs expositions en fixant le nombre de mAs et en essayant d'obtenir une densité optique proche de la **densité optique de référence** (voir paragraphe 4-2). On détermine ainsi les valeurs de mAs encadrant le nombre de mAs délivrés lors de l'exposition ordinaire. On note ces valeurs.

On développe le film.

La lecture du cliché est réalisée sur un négatoscope spécifique mammographie, par deux lecteurs. En cas de désaccord, une troisième lecture est effectuée et le score qualité image est calculé sur la moyenne des trois lectures.

**Le score minimum est de 24 points.
Un minimum de 3 groupes par catégorie est demandé.**

La résolution spatiale est déterminée en comptant, à l'aide d'une loupe micrométrique, le nombre de paires de lignes/mm visibles dans la mire intégrée dans le fantôme (si MTM 100R).

Le nombre de paires de lignes/mm souhaitable est > 15

Le nombre de paires de lignes/mm acceptable est > 12

4-2) Densité optique de référence.

Périodicité : 6 mois.

La densité optique de référence est mesurée sur le cliché du fantôme MTM 100 réalisé lors de l'exposition ordinaire, dans le cercle (Z) matérialisé sur le cliché.

Cette dernière doit être comprise entre 1,30 et 1,80 (Base + voile inclus).

Recommandations :

- La densité optique ne devrait pas varier entre les visites de $\pm 0,15$.
- Pour un meilleur suivi de la densité optique et un maintien optimal de la qualité image, le centre de radiologie devrait effectuer un cliché du fantôme MTM 100 quotidiennement, en parallèle avec le contrôle sensitométrique.

4-3) Contrôle de la dose.

Périodicité : 12 mois.

Dans les conditions courantes d'utilisation du cabinet (pour un sein moyen et ferme), on mesure la dose délivrée par le tube radiogène.

A l'aide du multimètre (ou d'un dosimètre), le détecteur placé sur le fantôme MTM 100 au **point de référence** (40 mm du bord proximal du potter et centré latéralement), la pelle de compression au contact de la chambre, on effectue 2 irradiations, en se plaçant en manuel, pour les valeurs du nombre de mAs déterminées au paragraphe 4-1 (valeurs encadrant le nombre de mAs de référence).

Utiliser les valeurs des doses relevées pour la valeur du nombre de mAs supérieure et pour la valeur du nombre de mAs inférieure pour déterminer la dose délivrée dans les conditions de l'exposition ordinaire.

Corriger la valeur de la dose relevée en fonction de l'épaisseur du détecteur pour obtenir une dose à la surface du fantôme.

La dose à l'entrée du fantôme doit être inférieure à 12 mGy.

4-4) Contrôle des courbes de sensitométrie.

On vérifie que le cabinet possède et utilise le matériel de contrôle qualité:

- Sensitomètre,
- Densitomètre,
- Fantôme MTM 100,

**Le contrôle sensitométrique doit être effectué quotidiennement.
Le cliché du fantôme MTM doit être effectué au moins une fois par semaine.
Il est recommandé de l'effectuer quotidiennement.**

**Les courbes doivent être tenues à jour.
Les clichés réalisés (sensitométrie et fantôme MTM 100) doivent être mis à la disposition de l'équipe de contrôle de qualité.**

5) CONDITIONS DE LECTURE

5-1) Contrôle des négatoscopes.

Périodicité : 6 mois.

La mesure de l'intensité lumineuse délivrée par les négatoscopes s'effectue avec un luminancemètre. On réalise 5 mesures par plage de négatoscope (4 dans les coins, à 10 cm des bords, et une au centre). On note également les différences de teinte observées.

On calcule la moyenne sur l'ensemble des valeurs mesurées.

**La luminance moyenne minimum doit être de 2000 Cd/m².
Il est souhaitable d'avoir une luminance comprise entre 2000 et 6000 Cd/m².**

La variation entre les différentes valeurs mesurées ne doit pas excéder 15% à 10 cm des bords.

La variation entre différents négatoscopes ne doit pas excéder 15%.

Les zones lumineuses autour d'un cliché affiché (quelle que soit sa dimension) doivent pouvoir être obscurcies.

5-2) Contrôle de l'éclairage ambiant.

Périodicité : 6 mois.

On mesure l'éclairage ambiant avec un luxmètre. Ce dernier est placé sur la surface du négatoscope, la cellule dirigée vers la salle de lecture. On fait pivoter le luxmètre de façon à obtenir la valeur maximale. Cette mesure s'effectue négatoscope éteint.

Il faut que l'illumination de la pièce soit aux alentours de 50 Lux.

Bibliographie

1. Recommandations du Groupe Interdisciplinaire de Mammographie (G.I.M.) publiées dans la Revue d'Imagerie Médicale (Rev. Im. Méd. (1994) 6 : 447-454).
2. European Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Mammography Screening, part of the " European Guidelines for Quality Assurance in Mammography Screening ", mai 1996. Europe Against Cancer Programme. Radiation Protection Actions.
3. Protocole de l'A.C.R. (*American College of Radiology*), Committee on Quality Assurance in Mammography, "Mammography Quality Control Manual", (édition révisée, 1994).
4. Guide Technique complétant la Directive Européenne relative à la protection radiologique des personnes soumises à des examens et traitements médicaux (84/466/EUR), révisée en 1997 (97/43/EUR): Critères d'acceptabilité des installations de radiologie (y compris de radiothérapie et de médecine nucléaire), Radioprotection N°91.
5. Texte du Ministère du Travail et des Affaires Sociales, Direction Générale de la Santé, juin 1995.
6. "A comparaison of the Performance and Impact of Breast Cancer Screening Programmes in East Anglia, U.K. and Bouches du Rhône, France.", European Journal of Cancer (Vol: 33, N°3, pages 429-435, 1997), J. McCann, S. Wait, B. Séradour and N. Day.
7. Norme Allemande DIN 6856 du 1^{er} avril 1994 : "Négatoscopes et conditions d'interprétation".
8. A. Noël, J. Stines, M. Zerhouni
"Développement d'un fantôme en matériau équivalent-sein pour la mammographie.", RBM (1993) 15, 7 ; pages 421-423.