

La radioprotection au bloc opératoire de chirurgie vasculaire

Pr. Philippe Patra, Dr. Laure Azema

I - Problèmes posés

- 1) Que sont les radiations ionisantes ?
- 2) Quels sont leurs risques ?
- 3) Quelle est la réglementation les concernant ?
- 4) Quelles sont les contraintes de radioprotection ?

II - Références

1. **Pierce D.A, Shimizu Y., Preston D.L.** - Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, part. I, Cancer : 1950-1990. *Radiat Res* 1996 ;146 : 1-27. (**Degré B**)
2. **Tableau 6 des maladies professionnelles** : affections provoquées par les radiations ionisantes : http://www.ucanss.fr/services/textes_documents/bareme_invalidite/Tableaux/mp/tab_mp_index.html.
3. **Présentation des principales dispositions réglementaires de radioprotection applicables aux radiologies médicales et dentaires.** ASN Autorité de Sureté Nucléaire www.asn.fr Mise à jour octobre 2008.
4. **Guide pratique** pour la réalisation des études dosimétriques de poste travail présentant un risque d'exposition aux rayonnements ionisants : IRSN [www.irsn.org>library/guides techniques](http://www.irsn.org/library/guides_techniques)
5. **Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale** : www.sfr-radiologie.asso.fr
6. **Guide des procédures radiologiques** : critères de qualité et optimisation des doses : www.sfr-radiologie.asso.fr.
7. **Maintenance et contrôle de qualité des dispositifs médicaux** : www.afssaps.sante.fr.
8. **Prescriptions techniques** fixées par les normes NFC 15-161 pour les installations radiologiques : Union Technique de l'Electricité www.ute-fr.com ou AFNOR www.afnor.org
9. **Déclaration des incidents à l'ASN** : email : radiovigilance.medicale@asn.fr
10. **Publication 85 de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR 85)**, [www.icrp.org/docs/ICRP_85 Interventional s.pps](http://www.icrp.org/docs/ICRP_85_Interventional_s.pps)

III - Recommandations en 2010

1) Que sont les radiations ionisantes (RI) ?

Les rayonnements ionisants sont des rayonnements composés de photons ou de particules chargés en énergie, capables d'engendrer la formation d'ions directement ou indirectement.

L'intensité (mA) (nombre d'électrons émis par la cathode et donc nombre de photons composant le faisceau) définit la quantité de rayons X alors que l'énergie (kV) définit la qualité des rayons X. Une diminution de l'intensité (mA) réduit la quantité de rayons X ce qui détériore la qualité de l'image. Accepter de réduire la qualité de l'image est un moyen de radioprotection.

Les rayons X de forte énergie traversent plus facilement les tissus et sont paradoxalement moins « irradiants » car la dose absorbée est plus faible. Une radiographie pulmonaire (120 kV) est 10 fois moins irradiante qu'une mammographie (20 kV). Malheureusement, c'est à faible énergie que le contraste radiologique est le meilleur. Le choix de l'énergie (kV) est donc un compromis entre contraste radiologique et radioprotection. Ce constat est à modérer par le fait que les rayons X à forte énergie sont moins facilement atténués par les écrans protecteurs.

Il est important de distinguer le rayonnement direct du rayonnement diffusé :

- Le **rayonnement direct** émis par la source est de loin le plus intense : c'est celui auquel le chirurgien vasculaire est exposé lorsque ses mains passent dans le faisceau de rayons X et sont visualisées à l'écran.

- Le **rayonnement diffusé** correspond aux rayons du faisceau direct qui sont déviés lorsqu'ils rencontrent la matière. Ce rayonnement provient principalement du patient qui devient une source secondaire de rayonnement. Le rayonnement diffusé possède une énergie moindre et est beaucoup moins intense mais il est émis dans toutes les directions. Une partie est même rétro-diffusée et possède une énergie plus intense car elle n'a pas traversé le malade. C'est une des raisons pour laquelle il faut impérativement placer la source *sous* le malade et protéger les dessous de table à l'aide d'écrans de protection. Il est admis que le rayonnement diffusé est 250 fois plus faible que le rayonnement direct, ce qui permet plus facilement de s'en protéger (avec des tabliers de plomb par exemple).

2) Quels sont leurs risques ?

Lorsque les rayonnements ionisants traversent la matière, ils libèrent des ions chargés électriquement et créent des radicaux libres (formés à partir de la radiolyse de l'eau). Ces radicaux libres sont réactifs et entraînent des réactions chimiques sur des molécules telles que les protéines et notamment l'ADN.

Au niveau cellulaire, les lésions de l'ADN peuvent provoquer la modification des informations contenues dans le génome telle que des mutations ou bien une perte de viabilité (mort cellulaire).

Les effets des rayonnements ionisants sont de trois ordres :

- défaut provisoire du métabolisme cellulaire accessible à une réparation,
- mort prématurée de la cellule,
- défaut persistant de la cellule, non réparable et qui est transmis aux cellules filles.

A partir d'un certain débit de dose, les mécanismes de réparation de l'ADN sont saturés. Ceci explique qu'une dose reçue en une fois ait des effets plus importants qu'une même dose fractionnée qui laisse aux mécanismes de réparation la possibilité de remplir leur

rôle. De plus, à dose égale de rayonnements absorbés, les cellules sont plus ou moins radiosensibles selon leur rythme de division (index mitotique).

- **Effets déterministes**

Ils ne surviennent qu'au-dessus d'une dose seuil jamais atteinte par les appareils de scopie. Cependant pour établir des repères, il suffit de 300 mSv d'irradiation globale pour avoir une atteinte de la moelle osseuse (diminution temporaire des lymphocytes) et de 250 mSv pour provoquer une azoospermie chez l'homme (*le sievert [Sv] est l'unité de l'équivalent de dose ou la dose absorbée par les tissus, pondérée selon le type et la qualité du rayonnement. C'est aussi l'unité de la dose efficace qui est la somme des équivalents de dose délivrés aux tissus en tenant compte d'un facteur de pondération tissulaire*).

- **Effets aléatoires ou stochastiques**

Ce sont les effets dont la probabilité d'apparition dans une population exposée augmente avec la dose efficace reçue. Il s'agit des cancers et des effets génétiques. La gravité des effets stochastiques est *indépendante* de la dose qui les a provoqués.

Cela nécessite l'introduction de la notion de risque ou de mesure du danger qui explique la réglementation en vigueur sur les rayonnements ionisants :

Une étude sur les populations touchées par des explosions atomiques met en évidence un excès de risque carcinogène pour des niveaux d'irradiation faible : 50 mSv. Néanmoins les cancers radio-induits sont difficiles à mettre en évidence sur une population telle que la France où 25 % des décès sont imputables à des cancers. La plupart des enquêtes épidémiologiques réalisées n'arrivent pas à faire ressortir de cancers radio-induits excédentaires.

Les effets génétiques, s'ils existent chez l'homme, demeurent très modestes.

Les affections provoquées par les rayonnements ionisants sont mentionnées dans le tableau n° 6 des maladies professionnelles.

3) Quelle est la réglementation les concernant ?

La réglementation sur les doses absorbées est très limitative et l'application des textes relatifs à la radioprotection s'impose à tous les blocs opératoires vasculaires. Elle concerne les travailleurs susceptibles d'être exposés à un risque et les patients. Le respect de mesures simples de radioprotection et l'utilisation de matériaux adaptés permettent de diminuer considérablement les doses absorbées et de travailler dans des conditions réglementaires.

a) Radioprotection des travailleurs

Les mesures de radioprotection sont à appliquer à toutes les personnes présentes en salle. L'objectif est de maintenir l'exposition aux rayonnements ionisants au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre. (article R. 4451-10 du code du travail). Une diminution de 50 % des cadences d'acquisition d'image en radiologie interventionnelle peut réduire d'autant la dose reçue par l'opérateur, sans remettre en cause la qualité de l'image nécessaire à l'acte.

Il ne faut pas oublier également le malade qui est le plus exposé au moment de la procédure et dont l'exposition aux rayonnements ionisants est également soumise à réglementation.

Voici les points les plus importants de la réglementation dont l'application intéresse directement la pratique de la radiologie dans les blocs opératoires :

- **Contraintes de dose**

Les articles R.4451-12 et R. 4451-13 du code du travail fixent les doses maximales admissibles (cf . tableau). Les limites de doses prises en compte sont celles recueillies

d'après les dosifilms. Sans le port du dosifilm toute tentative de réglementation est vaine...

exposition maximale admissible par an	Travailleurs susceptibles d'être exposés au RI	Public *
Doses efficaces globale ou corps entier	20 mSv	1 mSv
Doses équivalentes mains, avant-bras, pieds et chevilles	500 mSv	
Doses équivalentes cristallin	150 mSv	15 mSv
Doses équivalentes peau	500 m Sv	50 mSv

* et pour les travailleurs qui ne sont pas susceptibles d'être soumis au RI

• Classement des travailleurs

Les travailleurs susceptibles de recevoir dans les conditions habituelles de travail une dose efficace supérieure à 6mSv/an sont classés par l'employeur en catégorie A après avis du médecin du travail (article R. 4453-1 du code du travail). Les chirurgiens vasculaires travaillant sous amplificateur de brillance appartiennent à la catégorie A des travailleurs les plus exposés. la femme enceinte sort de cette catégorie car son fœtus est assimilé à la population générale ; il ne doit donc pas recevoir plus d'1 mSv/an. Cette dose est incompatible avec toute activité radiologique.

• Personne compétente en radioprotection (PCR):

Art. R. 231-90 « *Le chef d'établissement porte à la connaissance de chaque salarié amené à intervenir dans une zone contrôlée ou une zone surveillée, le nom et les coordonnées de la ou des personnes compétentes en radioprotection.* »

Chaque établissement dispose d'une personne compétente en matière de radioprotection dont le rôle est de veiller au respect des mesures de protection contre les rayonnements ionisants, d'optimiser la radioprotection et également d'apporter une formation concernant les dangers des rayonnements ionisants.

En général, les personnes compétentes sont des médecins nucléaires, des radiophysiciens ou des personnes spécialisées en radiologie qui ont reçu une formation spécifique. Son rôle est de :

- s'assurer que les équipements, les données et procédés de calcul utilisés pour déterminer et délivrer les doses et activités administrées au patient sont appropriés et utilisés conformément à la réglementation ;
- procéder aux estimations de doses délivrées en diagnostic ;
- contribuer à la mise en œuvre de l'assurance de qualité ;
- contribuer à l'élaboration des conseils de radioprotection et estimer les doses pour l'entourage et le public après un examen ;
- contribuer au développement des techniques ;
- contribuer à l'enseignement et à la formation des personnels dans son domaine de compétence.

• Evaluation des risques et analyse des postes de travail.

L'employeur doit procéder à une évaluation des risques liés aux rayonnements ionisants, qui est jointe au document unique réalisé en application de l'article R.4121-1 du code du

travail. Il réalise également des analyses des postes de travail pour identifier et quantifier le risque encouru par les travailleurs exposés. Sous la responsabilité de l'employeur et à partir de cette analyse, la personne compétente en radioprotection définit les mesures à mettre en œuvre au vu des résultats de la dosimétrie opérationnelle et des contrôles de radioprotection. Chaque employeur est responsable de l'application des mesures de prévention nécessaires à la protection de son personnel et, notamment, de la fourniture, de l'entretien et du contrôle des appareils et des équipements de protection individuelle et des instruments de mesure des expositions individuelles.

- **Délimitation des zones réglementées pour des raisons de radioprotection**

Après une évaluation des risques, l'employeur détenteur de source de rayonnements ionisants doit délimiter autour des sources des zones surveillées (dans laquelle les travailleurs sont susceptibles de recevoir une dose supérieure à 1 mSv/an ou une dose équivalente dépassant un dixième de l'une des limites d'exposition fixées à l'article R.4451-13 du code du travail) et contrôlées (dans laquelle les travailleurs sont susceptibles de recevoir une dose supérieure à 6 mSv/an ou une dose équivalente dépassant 3 dixièmes de l'une des limites d'exposition fixées à l'article R.4451-13 du code du travail), qui font l'objet d'une signalisation particulière et de conditions d'accès spécifiques.

- **Formation et information des personnels**

Tous les personnels susceptibles d'intervenir dans des zones contrôlées doivent bénéficier d'une formation à la radioprotection qui doit être renouvelée au moins tous les 3 ans (article R.4453-4 et R. 4453-7 du code du travail) chaque fois que nécessaire (nouvelle affectation, mise en œuvre de nouvelle technique...). L'employeur doit également remettre au personnel intervenant en zone contrôlée une notice rappelant les risques particuliers liés aux postes de travail qui seront occupés ou à l'intervention qu'ils vont réaliser, les règles de sécurité applicables, ainsi que les instructions à suivre en cas de situation anormale et les coordonnées de la personne de la PCR.

- **Surveillance de l'exposition des personnels**

Chaque travailleur appelé à exécuter une opération en zone surveillée ou contrôlée doit faire l'objet d'un suivi dosimétrique adapté au mode d'exposition, a minima par dosimétrie passive. S'il est appelé à exécuter une opération en zone contrôlée, il doit bénéficier d'une dosimétrie opérationnelle. La dosimétrie opérationnelle est réalisée à l'aide de dosimètres électroniques permettant d'intégrer puis de lire les zones reçues en temps réel et comportant des seuils d'alarme. Dans le cas d'activités exposant les extrémités (bras notamment) d'avantage que la poitrine (cas d'une activité en radiologie opérationnelle où la poitrine est protégée par un équipement de protection individuelle), l'employeur doit mettre en place une dosimétrie adaptée aux extrémités (bague avec pastille thermoluminescente). Chaque travailleur classé en catégorie A ou B doit être porteur d'une carte individuelle de suivi médical qui lui est remise par son médecin du travail (article R. 4454-10 du code du travail).

- **Contrôle de radioprotection**

L'employeur doit procéder ou faire procéder à des contrôles de radioprotection selon les modalités définies par arrêté du 26 octobre 2005 et qui comprennent : des contrôles d'ambiance du lieu du travail et des contrôles techniques de radioprotection des sources, des appareils émetteurs de rayonnements ionisants, des dispositifs de protection et d'alarme ainsi que des instruments de mesure (matériel de radioprotection), des tenues à utiliser. Ces contrôles doivent être effectués en interne par la PCR. Outre les contrôles internes, des contrôles d'ambiance des lieux de travail et des contrôles techniques de protection sont réalisés en externe au moins une fois par an par un organisme agréé ou par l'IRSN. Les résultats des contrôles de radioprotection sont consignés dans le document unique d'évaluation des risques prévus à l'article R.4121-1 du code du travail.

L'employeur doit également y joindre un relevé actualisé des sources et des appareils émettant des radiations ionisantes utilisés ou stockés dans l'établissement, les informations détaillant les éventuelles modifications apportées aux sources et appareils détenus et les observations formulées par les organismes agréés à l'issue d'un contrôle. Ces éléments doivent être tenus à la disposition de la SN.

- **Maintenance des appareils de radioprotection**

Conformément aux dispositions du code de la santé publique, les appareils en radiologie en tant que dispositif médicaux sont soumis à l'obligation de maintenance et au contrôle de qualité interne et externe. Conformément aux articles L.1333-1 et L.1333-3 du code de la santé publique, les responsables d'une « activité nucléaire » sont soumis à une obligation de déclaration à l'ASN et au représentant de l'état dans le département « tout incident ou accident dans le domaine de la radioprotection susceptible de porter atteinte à la santé des personnels par exposition aux radiations ionisantes ».

B Radioprotection des malades

Elle repose sur la notification des actes de radiologie. A toute exposition d'un patient dans un but diagnostic ou thérapeutique doit faire l'objet d'une analyse préalable permettant de s'assurer que cette exposition présente un avantage médical direct suffisant au regard du risque qu'elle peut présenter et qu'aucune autre technique donnant un résultat comparable sans risque ou avec un risque moindre d'exposition n'est disponible. (article R.1333-56 du code de santé publique). Aucun acte exposant aux radiations ionisantes ne peut être pratiqué sans un échange préalable d'informations écrit entre le demandeur et le réalisateur de l'acte. Tout acte médical faisant appel aux radiations ionisantes doit faire l'objet d'un compte rendu établi par le médecin réalisateur de l'acte. Ce compte rendu comporte au moins deux points, l'identification du patient et du médecin réalisateur ; la date de la réalisation de l'acte ; les éléments de justification de l'acte et la procédure à réaliser ; des éléments de justification du matériel utilisé pour les techniques les plus irradiantes et les informations utiles à l'estimation de la dose reçue par le patient au cours de la procédure (exprimée de préférence en mGy.m²). Conformément aux dispositions de l'article L.1333-11 du code de santé publique, les personnels pratiquant des actes de radiodiagnostic, de recherche biomédicale exposant les personnes à des radiations ionisantes doivent bénéficier dans leur domaine de compétence d'une formation théorique et pratique relative à la protection des personnes exposées à des fins médicales. Cette formation doit avoir été suivie avant le 20 juin 2009 et elle doit être mise à jour au moins tous les 10 ans.

4) Quelles sont les contraintes de la radio-protection ?

L'opérateur portera une attention particulière à l'aménagement de l'installation radiologique et veillera à limiter les actes et les clichés inutiles. Le concours du fabricant et de la PCR est à rechercher pour faciliter l'optimisation des modalités de fonctionnement de l'appareil.

1) Conditions d'utilisation de l'appareil à respecter

- mise en place de l'appareil dans un environnement isolé autant que possible ;
- éloignement de toute personne dont la présence n'est pas indispensable à la réalisation de l'examen ;
- manipulation (réglage des paramètres, mise en oeuvre des rayonnements ionisants...) par du personnel habilité (manipulateurs en électroradiologie).

2) Radioprotection des travailleurs et de la population

La limitation du risque d'exposition externe lié à l'utilisation d'un appareil mobile repose autant sur l'aménagement spécifique de l'installation radiologique que sur la formation de l'opérateur.

2.1 Aménagement de l'installation radiologique de manière à réduire le risque d'exposition

- délimitation à caractère temporaire d'une zone réglementée (contrôlée ou surveillée) autour de l'installation radiologique suivant le type d'appareil,
- utilisation des dispositifs de protection individuelle et collective adaptés (vêtements plombés de protection dont tabliers, lunettes et paravents plombés) ;
- utilisation de moyens de protection individuelle adaptés si la présence exceptionnelle d'une personne extérieure est requise auprès du patient ;
- affichage du règlement intérieur à la zone réglementée définie rappelant notamment les conditions d'accès (port du dosimètre passif et/ou actif, du tablier plombé obligatoire...) et les mesures de sécurité à respecter (limitation du personnel médical indispensable, éloignement maximal de l'opérateur du foyer d'émission, positionnement du tube afin d'optimiser la radioprotection de l'opérateur, limitation du temps d'exposition...).

2.2 Formation et suivi médical du personnel

- formation et information du personnel par la PCR et le médecin du travail ;
- connaissance des consignes d'information sur les dangers (exposition externe) auxquels il est exposé et des conditions de travail à respecter pour garantir sa sécurité ;
- classement du personnel intervenant en catégorie A ou B selon les données de l'étude de poste établie en tenant compte de la spécificité des actes radiologiques réalisés ;
- surveillance médicale et dosimétrique appropriées du personnel (salarie ou non) exposé aux rayonnements ionisants. Il est rappelé que tout travailleur appelé à effectuer une opération en zone réglementée doit être soumis à un suivi dosimétrique assuré par des mesures individuelles de l'exposition externe par dosimétrie passive, complétée par une dosimétrie opérationnelle en cas d'intervention en zone contrôlée.

3. Radioprotection des patients :

- prise en compte de l'exposition à encadrer selon les principes généraux de radioprotection de **justification et d'optimisation** à respecter avec d'autant plus de rigueur dans le cadre de l'utilisation d'un appareil de radiologie transportable ;
- réalisation de l'acte selon les guides d'indications et de procédures en vigueur élaborés par les professionnels ;
- évaluation périodique des doses délivrées pour différents examens et comparaison avec les niveaux de référence diagnostiques de dose : leur utilisation permet d'avoir une meilleure connaissance des doses délivrées et d'engager des actions de contrôle et de correction en cas de dépassement injustifié ;
- formation du personnel médical à la radioprotection des patients.

4. Cas particulier de la radiologie interventionnelle

Elle présente un risque d'exposition non négligeable, compte tenu des doses délivrées, tant pour le patient que pour l'opérateur. Les actes de radiologie interventionnelle doivent de préférence être exclusivement réalisés dans une salle dédiée répondant aux dispositions d'aménagement des normes NFC 15-160 et NFC 15-161 avec délimitation de zones réglementées selon les modalités définies par l'arrêté du 15 mai 2006.

S'il est vrai que seules les installations fixes doivent répondre à des normes de surface, de sécurité électrique et radiologique (opacité des parois au RX, signalisation des zones réglementées) ; la circulaire DH/8D-200 du 3 août 1987 rappelle que l'exécution d'examens radiologiques en dehors de salles aménagées doit demeurer l'exception et être justifiée par des nécessités médicales impératives.

De plus, en matière de surveillance dosimétrique du personnel, on associera à la dosimétrie corps entier le port de dosimètres spécifiquement adaptés pour les extrémités (doigt notamment) de type bague et poignet. *Les mains* constituent une des cibles les plus préoccupantes pour les actes de chirurgie endovasculaire (les fibrinolyse *in situ*, les angioplasties iliaques ou fémorales par ponctions fémorales). Il faut garder à l'esprit que les ballons et endoprothèses dits « monorails » qui facilitent les procédures et réduisent les temps de scopie, mais rapprochent les mains du faisceau de rayons X.

A partir de la publication 85 de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR 85), plusieurs règles générales de radioprotection peuvent être mises en oeuvre. L'ensemble de ces recommandations s'adressent tant aux opérateurs (médecins, manipulateurs, personnel paramédical...) qu'aux chefs d'établissements dans une démarche commune de radioprotection du patient et du personnel.

Rappels des recommandations de la CIPR 85

1. Sensibilisation de toutes les personnes réalisant des procédures interventionnelles sur la potentialité et de la nature des lésions peuvent être radio-induites aux patients et au personnel ;
2. Connaissance par tous les services effectuant des procédures interventionnelles des paramètres de leur équipement radiologique interventionnel et des doses délivrées aux patients et au personnel ;
3. Introduction dans toutes les procédures interventionnelles de la mesure et de l'enregistrement des paramètres techniques appropriés de l'équipement utilisé ;
4. Connaissance par tous les médecins des méthodes permettant de réduire la dose aux patients et au personnel ;
5. Formation à la radioprotection de tous les médecins interventionnistes ;
6. Mise en place de procédures internes d'audit des pratiques et de suivi des complications radio-induites ;
7. Mise au point de processus d'identification des patients précédemment irradiés ;
8. Information, dans le cadre d'un consentement éclairé, des patients sur l'apparition potentielle d'effets dus aux rayonnements ionisants ;
9. Fourniture par les fabricants d'équipements dotés :
 - de dispositifs de radioprotection ergonomiques,
 - de dispositifs de réduction des doses,
 - d'indicateurs de la dose délivrée ;
10. établissement de procédures de suivi approprié des patients.

Recommandations « pratiques » CIPR 85

1. Pour maîtriser la dose au patient :

- Utiliser l'émission X le moins possible ; le bon positionnement des écrans de contrôle et des répéteurs en améliorant la visibilité évite des secondes inutiles de scopie consacrée à rechercher un guide fin ou les repères radio-opaques d'une endoprothèse. La réalisation d'un simple cliché en appuyant brièvement sur la pédale suffit à vérifier qu'un ballon est bien dégonflé ou que le guide est bien resté en place.
- Prendre en considération que le débit de dose et la dose intégrée sont toujours plus élevés chez les patients corpulents ;
- Maintenir le courant au niveau le plus bas possible en conservant la tension la plus élevée – compromis entre qualité d'image et diminution de la dose ;
- Avoir la distance maximale possible entre le tube RX et le patient ;

Le débit de dose varie avec l'inverse du carré de la distance par rapport à la source. S'éloigner est un moyen efficace et économique de radioprotection. Cela nécessite de disposer d'un injecteur ou d'utiliser des prolongateurs.

Distance au patient	Exemple : dose par cliché en μSv
A 1 m	0.25

A 2 m	0.07
A 3 m	0.025
A 3 m avec tablier plombé	0.00055

- Avoir la distance minimale possible entre l'amplificateur et le patient ;
- Ne pas utiliser de manière excessive l'agrandissement d'image le grossissement
- Enlever la grille lors d'interventions sur de petits patients (enfants) ou lorsque l'amplificateur ne peut être placé au plus près du patient ;
- Collimation limitée à la région d'intérêt ;
- Si possible multiplier les portes d'entrées du faisceau ou modifier la position du patient pour ne pas irradier tout le temps la même région ;
- Connaître les différents modes de fonctionnement de l'installation.

La combinaison de plusieurs de ces dispositions contribue également à la maîtrise de la dose au personnel.

2. Pour maîtriser la dose aux opérateurs :

- Utiliser les équipements individuels et collectifs de protection. Parmi eux, les écrans :
 - des panneaux mobiles derrière lesquels le personnel peut se réfugier à l'occasion d'une injection par exemple,
 - des panneaux plus petits disposés sur des bras articulés qui peuvent être disposés entre la source et l'opérateur. Il est possible de les recouvrir de champs stériles adaptés. Ces systèmes sont surtout destinés aux appareils de radiodiagnostic à poste fixe.
 - il existe également des panneaux adaptables au bord des tables d'intervention qui permettent de réduire les rayonnements diffusés sous les tables.Tous ces systèmes d'écrans devraient idéalement être optimisés après une étude de poste pour cibler les zones les plus dangereuses et éviter l'excès d'écrans dont la manipulation peu devenir trop contraignante ;
- Surveillance des doses individuelles ;
- Savoir comment se positionner et positionner le matériel pour diminuer la dose reçue :
 - Faisceau horizontal, opérateur côté amplificateur ;
 - Faisceau vertical: Tube X sous le patient ; tout en restant, autant que possible, éloigné du patient.