

**Position de la Société Française de Physique médicale sur la
réalisation de la dosimétrie in vivo pour les faisceaux d'électrons
issus des accélérateurs linéaires à usage médical.**

Avis du groupe de physiciens médicaux, mandaté par le CA de la SFPM pour répondre au courrier du 19 août 2010 de Monsieur Jean Luc Godet, Directeur de la Division des Rayonnements Ionisants et de la Santé de l'ASN, concernant les difficultés rencontrées pour la réalisation de la dosimétrie in vivo des faisceaux d'électrons.

Les membres de ce groupe, constitué de 5 physiciens médicaux, ont accepté de répondre à cette mission mais ont souhaité ne pas figurer nominativement comme auteurs de ce document.

Avis, approuvé par le Conseil d'Administration de la SFPM, émis en juin 2011. Ce document a également été soumis à l'avis d'un physicien médical senior reconnu par ses pairs, notamment dans le domaine de la dosimétrie in vivo.

Préambule :

Les données de l'observatoire de radiothérapie SFRO / INCa indiquent la croissance nette de la pratique de la dosimétrie in vivo (DiV) dans les centres de radiothérapie. Le critère INCa deviendra opposable sur ce point pour toute autorisation en mai 2011 et ne fait pas la distinction entre les types de particules : photons, électrons, particules lourdes. Il pourrait donc concerner, a priori, tout rayonnement ionisant utilisé en radiothérapie, avec la nuance d'une dosimétrie in vivo "techniquement mesurable".

Pour autant, l'ASN souligne que, si les centres tendent à respecter le critère en photons, la pratique de la DiV en faisceaux d'électrons en est très loin. Moins de 10% des centres la pratiqueraient régulièrement. L'ASN sollicite en conséquence la SFPM sur ce point, afin de comprendre les raisons de ce manque de pratique de la DiV en faisceaux d'électrons.

Mandaté par le Conseil d'Administration (CA) de la SFPM, un groupe de 5 physiciens médicaux qui ont l'expérience de la DiV en faisceaux de photons et certains en électrons, a dégagé les objectifs, la faisabilité, les contraintes et les limitations de la DiV en faisceaux d'électrons.

En aucun cas ce groupe ne souhaite se substituer aux recommandations et guides déjà existants. Aussi, il lui a semblé judicieux, plutôt que de rédiger des recommandations ou analyses générales sur la technique, d'étayer son avis à partir des expériences propres aux membres du groupe, avis qui sera donc par essence subjectif.

1. Objectifs de la dosimétrie in vivo en faisceaux d'électrons. Environnement clinique et dosimétrique.

La dosimétrie in vivo a plusieurs utilisations et utilités possibles dans les services de radiothérapie. Le critère de l'INCa régleme son usage dans un but de détection des erreurs systématiques, qui pourraient se répercuter durant tout le traitement d'un patient.

Le faisceau de traitement en électrons est un faisceau "direct" : il traite à faible profondeur tout en cherchant à préserver les organes plus profonds que la zone à irradier. Très souvent, il n'est pas associé à un autre faisceau et il contribue donc entièrement à la séance d'irradiation.

Les erreurs de délivrance peuvent concerner l'énergie, le nombre d'unités moniteur (UM), la taille du faisceau et le positionnement (DSP et/ou point d'entrée).

2. Choix technologiques. Mesures physiques préliminaires.

Même si l'ensemble des technologies est accessible pour la mesure de dose en électrons, en particulier la thermoluminescence, en pratique quotidienne, **les diodes semi-conductrices sont presque exclusivement utilisées, et dans une moindre mesure les MOSFET.**

Pour ce faire, il est nécessaire d'étalonner ces détecteurs par comparaison avec les chambres d'ionisation. Il faut également explorer et/ou vérifier le comportement des détecteurs dans les diverses conditions cliniques de mesure.

La mise en place de la technique n'est jugée ni particulièrement complexe, ni particulièrement coûteuse en temps. Elle est équivalente à celle utilisée pour les photons.

3. Pratique quotidienne. Incertitudes plus grandes qu'en photons. Choix du seuil d'alerte.

En revanche, la fiabilité de la mesure sur patient et son exploitation ultérieure sont plus complexes et méritent l'ensemble de la réflexion qui suit.

Les pré-requis suivants méritent d'être respectés (ce qui n'est pas toujours possible) : le détecteur est un bon détecteur, adapté à l'énergie mesurée, étalonné à la bonne énergie, d'une précision intrinsèque de 2%, d'une réponse anisotrope ne dépassant pas 3 % et installé avec soin et précision sur le patient.

Dans le cas où ces pré-requis sont effectifs, et faisant abstraction des incertitudes de calcul du TPS et/ou du second calcul d'UM, l'expérience des membres du groupe montre que l'application du seuil d'alerte de 5%, communément utilisé en DiV photons, peut entraîner un rejet de 40% des mesures sur patient. L'analyse, basée sur des mesures sur fantôme, a révélé que les incertitudes sont liées à la mesure sur les patients, les mesures sur fantôme respectant le seuil de 5%.

L'expérience de membres du groupe montre également que si un seuil d'alerte de 7 à 8 % est utilisé, le taux de rejet est devenu alors gérable, puisqu'il diminue alors sous les 20%.

Rappelons qu'un seuil d'alerte de 8% ne garantit pas une précision sur la dose de 8% (cumul d'incertitudes) : la précision dosimétrique relève de la préparation dosimétrique, la DiV relève de la détection d'erreur.

Pour conclure à propos des seuils d'alerte, il est certainement nécessaire d'appliquer des seuils d'alerte plus tolérants que ceux qui sont habituellement utilisés en photons. L'erreur systématique importante restera évitée.

4. Quels sont les paramètres de traitement réellement vérifiables ?

L'énergie est un paramètre principal à vérifier lors du traitement d'un patient en électrons, car le choix de l'énergie est dicté par la profondeur maximale à atteindre pour, d'une part, traiter une tumeur superficielle et, d'autre part, de préserver les zones saines situées plus en profondeur, objectif ne pouvant être satisfait avec les faisceaux de photons (par exemple : irradiation des chaînes ganglionnaires spinales situées proches de la moelle

épineière...). La réponse de ces détecteurs varie de 2 à 5 % entre deux paliers d'énergie (6 à 9MeV, ou 9 à 12 MeV).

Une erreur d'énergie pourrait donc ne pas être détectée et devenir ainsi "techniquement non mesurable" : la mesure in-vivo en électron ne sera donc jamais une garantie absolue de la bonne énergie délivrée.

A titre d'exemple, une délivrance en 12MeV au lieu d'un 6MeV prévu pourrait être invisible si un seuil d'alerte de 8% est appliqué alors qu'en faisceau de photons, une erreur d'énergie serait systématiquement détectée avec, par exemple, une variation de 15% entre les mesures pour un faisceau de 25MV au lieu de 6MV.

Pour vérifier la DSP, avec un seuil d'alerte de 8%, toute erreur de plus de 4 cm sur la DSP sera détectée. Ceci est cliniquement généralement suffisant car les traitements en électrons se font usuellement par paliers de 5cm (DSP100, DSP105, DSP110, ...). La DiV pourrait donc permettre de détecter une erreur de DSP.

Les tailles de faisceau et applicateurs ne sont pas techniquement vérifiables par la DiV. Il est à remarquer que c'est le cas également en photons, pour lesquels une différence de 10 cm sur une taille de champ est quasiment indécélable par DiV ponctuelle.

Les UM sont vérifiées par la DiV, puisque la mesure par DiV y est directement proportionnelle.

5. Point de vue clinique sur la perturbation du faisceau

Comme le rapport AAPM N°87 (page 49) le fait remarquer, en mesurant la dose en électrons, l'interposition d'un détecteur sur le patient perturbe fortement la dose délivrée au patient. Il est cité une diminution de la dose d'au moins 15 % sur la région environnant la diode. Une autre conséquence est la diminution de la profondeur de traitement sous le détecteur, d'une distance égale l'épaisseur équivalente à celle du détecteur (au moins 2 mm pour les diodes connues).

Ce phénomène peut être considéré à juste titre comme dommageable à la qualité du traitement d'un patient et conduire l'équipe de physique, en accord avec l'équipe médicale, à choisir de ne pas réaliser de DiV pour les faisceaux d'électrons.

Afin de limiter ces effets, une possibilité serait de ne laisser le détecteur sur le patient qu'une partie de l'irradiation, et calculer par proportionnalité la dose entrée de l'ensemble du traitement. Cela peut être effectué en particulier pour les fortes doses par fraction mais, dans ce cas, la DiV ne constitue pas un contrôle de l'intégrité des données entrées dans le système d'enregistrement et des contrôles de paramètres.

6. Place de la DiV dans l'assurance de qualité du traitement

La place de la dosimétrie in vivo dans l'assurance de qualité des traitements n'est plus à démontrer. Pour autant, sa place pour les électrons reste limitée par toutes les contraintes décrites.

La "barrière" est très imparfaite, et les autres contrôles lors des traitements sont plus que des compléments : en particulier, la vérification de l'énergie au poste de traitement est primordiale !

Le deuxième calcul des unités moniteurs peut avoir également une place de choix dans les stratégies d'assurance de qualité des centres.

En tout état de cause, l'analyse de risque doit justifier le choix du programme d'assurance de qualité.

7. Conclusion

Les incertitudes de la dosimétrie in vivo des faisceaux d'électrons sont plus grandes que pour les faisceaux de photons, du fait des limitations exposées ici. Même si aucune impossibilité technologique n'empêcherait son utilisation, l'intérêt de son application peut être remis en cause. La SFPM n'entend pas s'opposer à la réglementation mais conseille aux centres d'étudier son cadre de mise en oeuvre, et **de juger de son opportunité dans le cadre de sa procédure d'assurance de qualité.**

Ainsi sa pratique pourrait ne pas devenir systématique, en le justifiant par une étude propre à chaque établissement, et en jugeant de son efficacité pour la détection des erreurs systématiques en radiothérapie.

Dans ce sens, le guide SFPM / INCa a *logiquement* proposé la mise en oeuvre de la DiV électrons en dernier lieu.

Enfin, avec le développement des techniques modernes de radiothérapie (modulation d'intensité, arcthérapie dynamique, tomothérapie, cyberknife), la part des faisceaux « techniquement mesurables » sur lesquels la DiV pourrait s'appliquer, et également les traitements utilisant des faisceaux d'électrons tendent à décroître. Le développement de la DiV pour les faisceaux d'électrons demanderait donc un investissement important vis à vis du gain attendu, et les contrôles complémentaires (double calcul d'UM notamment) peuvent être jugés suffisants **dans le cadre d'un programme d'assurance qualité argumenté.**