

## **EVALUATION DE LA DOSE A L'ENTREE DELIVREE AU PATIENT PAR LE SYSTEME D'IMAGERIE DU CYBERKNIFE®**

**Gwennaël MOAN, Pierre-Yves BONDIAU, Pia ERIKSSON, Gisèle PALAMINI,  
Denis GOTRA**

**CENTRE ANTOINE LACASSAGNE  
33 AVENUE DE VALOMBROSE 06189 NICE Cedex 2**

### **Le contexte**

La radiothérapie guidée par l'image est devenue un nouveau paradigme dans le contrôle de position des patients ainsi que le suivi des cibles avant et lors des traitements. De nouvelles techniques permettent de délivrer des doses de rayons X plus importantes et de façon beaucoup plus précise, tout en épargnant au maximum les tissus sains avoisinants. Mais, cette précision implique un contrôle par l'image plus important. Une de ces techniques en plein essor est le système de radiochirurgie robotisée Cyberknife® proposé par la société Accuray.

Sur le plan réglementaire, il existe un certain nombre d'obligations (directive 97/43 Euratom) spécifiant que l'exposition des patients aux rayonnements doit être limitée au maximum. De plus, on constate une évolution des lois sur la radioprotection des patients, avec notamment la mise en place des niveaux de référence diagnostiques en radiologie et l'obligation de la notification de la dose reçue par le patient dans le compte rendu médical. Il faut noter qu'actuellement, il n'existe aucune réglementation spécifique à la radiothérapie.

Le Centre Antoine Lacassagne de Nice, Centre de Lutte Contre le Cancer, à inauguré le premier Cyberknife® de France en octobre 2006. Depuis, plus de 1700 patients ont été traités et l'activité est en constante augmentation. Les patients atteints d'un cancer non opérable, déjà irradié ou situé trop proche d'organes à risques peuvent bénéficier de cette technologie.

### **La problématique**

**Quelle est la dose à l'entrée délivrée par le système d'imagerie du Cyberknife® lors des images de positionnement et de suivi de la cible ?**

Cette dose est-elle négligeable, à prendre en compte, fluctuante ?

Pouvons-nous tracer cette dose dans le dossier médical du patient ?

## **Matériel et méthode**

Les mesures sont réalisées sur les fantômes fournis par le constructeur pour les contrôles qualité de la machine, dans les conditions habituelles de traitement et grâce à un système Unfors Xi. Cet appareil est dédié à la mesure de la dose à l'entrée (DE) délivrée par les systèmes de radiologie.

Le fantôme anthropomorphe utilisé pour la mesure de DE au niveau de l'encéphale est fourni par Accuray. Son épaisseur est de 14,5 cm dans l'axe droite/gauche et de 19.8 cm dans l'axe ant/post.

Le fantôme poumon et rachis, fourni par Accuray, est fabriqué par CIRS. Son épaisseur est de 30 cm dans l'axe droite/gauche, de 20 cm dans l'axe ant/post et de 24.5 cm dans l'axe à 45°.

Les fantômes sont installés sur la table de traitement. Un premier alignement est réalisé en salle, suivant les conditions habituelles de traitement. Un centrage de précision est ensuite effectué au pupitre en utilisant des plans de traitement déjà existant pour ces fantômes et habituellement utilisés pour les contrôles qualité de la machine. Le détecteur du système Unfors est ensuite placé sur le fantôme, dans la zone exposée aux Rx et sa position est vérifiée par un cliché radiologique.

Pour la simulation du traitement d'une lésion pulmonaire, on choisit d'utiliser l'algorithme de suivi Xsight Lung pour le centrage du fantôme. Cela permet de simuler une lésion située dans le poumon et donc non située en position médiane. Le fantôme poumon CIRS dispose d'un système permettant de simuler ce type de traitement.

Nous réaliserons des tirs tube par tube, en utilisant toutes les différentes combinaisons possibles de constantes. Les clichés Rx sont déclenchés manuellement depuis la salle des machines.

La lecture de la dose délivrée s'effectue directement sur le système Unfors en mGy.

Les résultats ainsi obtenus doivent ensuite être corrélés au nombre de clichés réalisés pour chaque patient en fonction des paramètres rayons X utilisés.

Pour ce faire, on notera pour chaque patient traité, les valeurs de kV et mAs utilisées ainsi que le nombre de clichés réalisés à la fois pour le centrage et le traitement. Il suffit ensuite de multiplier le nombre de clichés RX effectué à la valeur correspondante de DE pour obtenir la dose totale délivrée. Il faut s'intéresser à la prise en charge complète du patient et donc à toutes ses séances de traitement.

On considère que la Dose à l'Entrée TOTale délivrée par le système d'imagerie lors des radiographies se décompose comme suit:

$$\text{DETOT} = \text{DE} * \text{ClichésTOT tube A} + \text{tube B}$$

### **Les résultats bruts :**

#### **Simulation d'une lésion de l'encéphale :**

Constantes : 110 < kV < 125 – mAs = 7.5

DE (mGy) par tube radio : 0.15 < DE < 0.17

#### **Simulation d'une lésion du rachis :**

Constantes : 110 < kV < 125 – 7.5 < mAs < 37.5

DE (mGy) par tube radio : 0.16 < DE < 0.78

### Simulation d'une lésion pulmonaire :

Constantes : 110 < kV < 125 – 5 < mAs < 11.25

DE (mGy) par tube radio : 0.12 < DE < 0.32

### Résultats corrélés aux patients :

#### Lésion de l'encéphale :

Etude sur 30 patients, 1 cliché tous les 3 faisceaux d'irradiation, 5 séances de traitement

	Minimum	Maximum	Moyenne
<b>Nombre de clichés 5 séances (centrage + traitement)</b>	150	960	555
<b>DE<sub>TOT</sub> (mGy)</b>	33.6	158	90
<b>Nombre équivalent de scanner de l'encéphale (*)</b>	0.5	2.4	1.4

\* d'après les niveaux de référence diagnostiques donnés par l'IRSN (Indice de Dose en Scannographie Pondérée, IDSP = 65 mGy)

#### Lésion du rachis :

Etude sur 40 patients, 1 cliché tous les 3 faisceaux d'irradiation, 5 séances de traitement

	Minimum		Maximum		Moyenne
<b>Nombre de clichés 5 séances (centrage +</b>	200		935		571
<b>DE<sub>TOT</sub> (mGy)</b>	46.8		348.9		140.5
<b>Nombre équivalent de scanner (*)</b>	2.3 IDSP 20	1 IDSP 45	17.4 IDSP 20	7.8 IDSP 45	7 3

\*d'après les niveaux de référence diagnostic donnés par l'IRSN (20 < IDSP (indice de dose en scannographie pondéré) < 45mGy) pour les scanners du thorax et de l'abdomen.

#### Lésion pulmonaire :

Etude sur 80 patients, 1 cliché tous les 3 faisceaux d'irradiation, 3 séances de traitement

Algorithme	Minimum (mGy)	Maximum (mGy)	Médiane (mGy)
<b>Fiduciaire + synchrony</b>	24.8	168.4	83.6
<b>Xsight Lung</b>	32.9	188.5	67.3
<b>Xsight Spine</b>	34.9	201.2	67.7

	Minimum (mGy)	Maximum (mGy)	Médiane (mGy)
<b>Lobe supérieur</b>	38.4	188.5	87.7
<b>Lobe inférieur</b>	24.8	152.3	71.6

	Minimum (mGy)	Maximum (mGy)	Médiane (mGy)
<b>Fiduciaire Lobe supérieur</b>	46.6	168.4	87.8
<b>Fiduciaire Lobe inférieur</b>	24.8	134.4	76.4
<b>Xsight Lung Lobe supérieur</b>	38.4	188.5	86.1
<b>Xsight Lung Lobe inférieur</b>	32.9	152.3	42.1

DE délivrées = 1.7 à 12.6 TDM\* thoraciques, médiane 4.8 TDM\*

\* d'après les niveaux de référence diagnostiques donnés par l'IRSN (Indice de Dose en Scannographie Pondérée, IDSP = 15 mGy)

### **Incertitudes de mesure :**

Les incertitudes de mesures sont liées :

- au fantôme qui n'est pas un patient dont la taille, le volume et la corpulence sont variables
- au matériel de mesure :  $\pm 5\%$  pour la dose mesurée

### **Conclusion :**

Le Cyberknife® offre une très grande précision de traitement associée à un contrôle de positionnement du patient et à un suivi de la cible optimal grâce aux contrôles radiologiques. Toutefois, les doses délivrées par le système d'imagerie sont importantes et non négligeables, directement liées aux constantes radiologiques utilisées, au patient par lui-même ainsi qu'à la qualité des DRR.

Il est donc nécessaire de sensibiliser les manipulateurs sur certains points :

- Il est indispensable d'adapter les constantes radiologiques au patient et au traitement en lui-même (par exemple, une exposition à 50 ms suffit pour le traitement fiduciaire)
- Il faut adapter la fréquence de l'imagerie (par exemple, pour le traitement de l'encéphale si le patient reste bien immobile, possibilité de réaliser une image tous les 5 faisceaux d'irradiation)
- Si le suivi du traitement est difficile, il faut chercher pourquoi (mauvais scanner, micro mouvements du patient, mauvaises constantes...) et ne pas reprendre des clichés inutilement.

Cette étude va permettre, à court terme, de mettre en place au Centre Antoine Lacassagne, un suivi des doses liées à l'imagerie, du scanner de simulation au traitement par Cyberknife® avec édition d'un rapport individuel associé au dossier du patient.

Enfin, ce travail constitue un sujet de recherche multicentrique qui associe qualité des soins et gestion des risques. Il serait envisageable de créer un groupe de travail et pourquoi pas proposer des Niveaux de Référence Diagnostiques liés à cette activité.