



Diplôme de Qualification en Physique Radiologique et Médicale

Faisceaux d'électrons de haute énergie : détermination de la dose absorbée de référence

Fiche n°4

Alexandre RINTAUD

Encadrante :

Camille LLAGOSTERA

Physicienne médicale, CENTRE RENÉ GAUDUCHEAU ICO, SAINT HERBLAIN

SEMESTRE 2 2023

Table des matières

1	Introduction	2
2	Matériels et méthodes	2
2.1	Facteurs correctifs	2
2.1.1	Pression et température	2
2.1.2	Polarisation	2
2.1.3	Recombinaisons ioniques	3
2.1.4	Humidité	3
2.2	Protocole TRS-277	3
2.3	Protocole TRS-398	3
	Références	5

1 Introduction

La radiothérapie externe utilise, de manière prépondérante, les faisceaux de photons de haute énergie afin de traiter des cellules cancéreuses tout en épargnant le plus possible les tissus sains. Dans cette optique, la connaissance précise des caractéristiques dosimétriques ainsi que les incertitudes associées de l'accélérateur utilisé sont nécessaires.

Ce rapport traitera des faisceaux de photons utilisés en radiothérapie. Premièrement, le matériel et les méthodes utilisés lors des mesures des doses absolues basées sur les protocoles internationaux fournis par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) seront explicités, puis les résultats seront présentés.

2 Matériels et méthodes

Cette partie est consacrée à la mesure de la dose absorbée dans les conditions de référence, telles que décrites dans le protocole TRS-398 de l'AIEA [2]. De plus, nous développerons également la méthodologie du protocole TRS-277 [1].

2.1 Facteurs correctifs

L'utilisation d'une chambre d'ionisation à cavité d'air étanche pour la mesure de la dose absolue engendre une fluctuation de la réponse du système de mesure en fonction de plusieurs paramètres. Il faut donc appliquer une correction de la mesure grâce à l'équation suivante :

$$M'_Q = M_Q \times k_{T,P} \times k_{pol} \times k_{rec} \times k_H \quad (1)$$

Avec M_Q la charge mesurée sur l'électromètre, $k_{T,P}$ le facteur correctif de la pression et de la température, k_{pol} le facteur correctif de la polarisation de la chambre, k_{rec} le facteur correctif de la recombinaison ionique et k_H le facteur correctif des conditions hygrométriques.

2.1.1 Pression et température

Le facteur $k_{T,P}$ permet de corriger de la pression et de la température et se calcule de la manière suivante :

$$k_{T,P} = \frac{P_0 T}{T_0 P} \quad (2)$$

Avec P_0 et T_0 la pression et la température de référence, respectivement égales à 1013,25 hPa et 273,15 K, P et T sont la pression et la température de la salle lors de la mesure.

N.B. : La température de référence lors de l'étalonnage de la chambre d'ionisation n'est pas forcément 273,15 K. Il faut utiliser celle mentionnée sur le certificat d'étalonnage.

2.1.2 Polarisation

Ce facteur correctif, noté k_{pol} , permet de corriger de l'effet de la polarité appliquée à la chambre lors de la mesure :

$$k_{pol} = \frac{|M_+| + |M_-|}{2M} \quad (3)$$

Avec M_+ et M_- les charges mesurées pour les tensions V_+ et V_- respectivement et M est la réponse pour la tension utilisée en clinique. Si la tension appliquée lors des mesures est la même que celle pour laquelle la chambre a été étalonnée, le facteur k_{pol} n'est pas à appliquer.

2.1.3 Recombinaisons ioniques

Le facteur de recombinaison permet de corriger la réponse de la chambre d'ionisation sur le nombre de charges collectées. La mesure est sous estimée car des paires d'ions sont recombinaisonnées et ne rentrent pas en compte dans la mesure.

$$k_{rec} = a_0 + a_1 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + a_2 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \quad (4)$$

Avec M_1 et M_2 les réponses aux tensions V_1 et V_2 respectivement, et a_0 , a_1 et a_2 sont les facteurs tabulés en fonction du rapport $\frac{V_1}{V_2}$ fournis par le protocole TRS-398 [2].

N.B. : le facteur k_{rec} n'est pas appliqué si la tension utilisée lors des mesures est la même tension qui a été appliqué lors de l'étalonnage par le laboratoire primaire.

2.1.4 Humidité

Ce facteur est égale à 1 lorsque l'humidité de la salle est comprise entre 20% et 80%, sinon il faut lui attribuer la valeur de 0,997.

2.2 Protocole TRS-277

La dose en un point est donnée par la formule 5, tirée du formalisme TRS-277 :

$$D_{eau,Q} = M'_Q N_{K_{air,Q_0}} k_{att} k_m (1 - g) \left(\frac{S}{\rho} \right)_{air}^{eau} p_u p_{cel} \quad (5)$$

Avec :

- M'_Q la mesure de la charge corrigée mesurée avec la chambre d'ionisation
- $N_{K_{air,Q_0}}$ le coefficient d'étalonnage de la chambre d'ionisation fourni par le laboratoire primaire
- g la fraction de la perte d'énergie des particules secondaires par radiations (rayonnement de freinage)
- k_m
- $\left(\frac{S}{\rho} \right)_{air}^{eau}$ le rapport des pouvoirs d'arrêt massiques de l'eau sur celui de l'air
- p_u le facteur de correction des perturbations

2.3 Protocole TRS-398

Le protocole TRS-398 de l'AIEA [2] nous donne l'équation pour le calcul de la dose absorbée de référence pour les faisceaux d'électrons :

$$D_{eau, Q} = M'_Q N_{D_{eau, Q_0}} k_{Q, Q_0} \quad (6)$$

Avec :

- M'_Q la mesure de la charge corrigée des facteurs correctifs
- $N_{D_{eau, Q_0}}$ le coefficient d'étalonnage en terme de dose dans l'eau
- k_{Q, Q_0} le facteur correctif permettant de passer de l'indice de qualité Q_0 à la qualité du faisceau clinique Q

Pour les faisceaux d'électrons, l'indice de qualité de faisceau est représenté par le R_{50} , ce qui correspond au parcours des électrons où 50% de la dose maximale est déposée dans le fantôme d'intérêt.

Dans le cas où la chambre d'ionisation utilisée n'est pas étalonnée, un étalonnage croisé à l'aide d'une autre chambre étalonnée dans un laboratoire primaire à partir d'un faisceau de ^{60}Co de qualité Q_0 . Pour cela, il est recommandé par le TRS-398 d'utiliser un faisceau ayant un $R_{50} > 7 \text{ g.cm}^2$ (soit une énergie moyenne du faisceau d'électrons $\bar{E}_0 > 16 \text{ MeV}$). La formule 7 permet d'obtenir le coefficient d'étalonnage de la chambre utilisée pour mesurer la dose de référence :

$$N_{D_{eau, Q_{cross}}}^x = \frac{M_{Q_{cross}}^{ref}}{M_{Q_{cross}}^x} N_{D_{eau, Q_0}}^{ref} k_{Q_{cross}, Q_0}^{ref} \quad (7)$$

Avec :

- $M_{Q_{cross}}^{ref}$ la mesure de la charge à l'aide de la chambre de référence étalonnée par le laboratoire primaire
- $M_{Q_{cross}}^x$ la mesure de la charge à l'aide de la chambre d'ionisation non étalonnée
- $N_{D_{eau, Q_0}}^{ref}$ le coefficient d'étalonnage de la chambre de référence
- k_{Q_{cross}, Q_0}^{ref} le facteur permettant de passer de la chambre de référence à la chambre d'intérêt tabulé dans le TRS-398

Références

- [1] *Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams*. Number 277 in Technical Reports Series. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 1996.
- [2] *Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy*. Number 398 in Technical Reports Series. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 2001.