

**ACCIDENT RADIOLOGIQUE SURVENU A LIA, GEORGIE, EN DECEMBRE 2001.  
RECONSTITUTION DOSIMETRIQUE PHYSIQUE PAR SIMULATION NUMERIQUE ET  
PAR RESONANCE PARAMAGNETIQUE ELECTRONIQUE (RPE).**

**Isabelle Clairand, François Trompier et Jean-François Bottollier-Depois**

**Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire  
Département de Protection de la santé de l'Homme et de Dosimétrie  
Service de Dosimétrie BP n°17 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex**

### **Introduction**

En décembre 2001, trois habitants du village de Lia, Georgie, ont été exposés à deux sources de Strontium-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ) de très forte activité ( $2,6 \cdot 10^{15}$  Bq). Suite à cette exposition, les deux victimes les plus exposées ont présenté des brûlures radiologiques importantes au niveau du dos, accompagnées d'un syndrome hématopoïétique aigu. Les circonstances de cet accident sont mal connues, notamment en ce qui concerne les informations de distance et de durée d'exposition. Le présent travail porte sur la reconstitution dosimétrique physique de l'accident réalisée à l'aide d'une part d'un code de calcul de Monte Carlo et d'autre part de mesures par résonance paramagnétique électronique (RPE) sur un échantillon d'os prélevé à l'occasion du traitement médical de l'une des victimes.

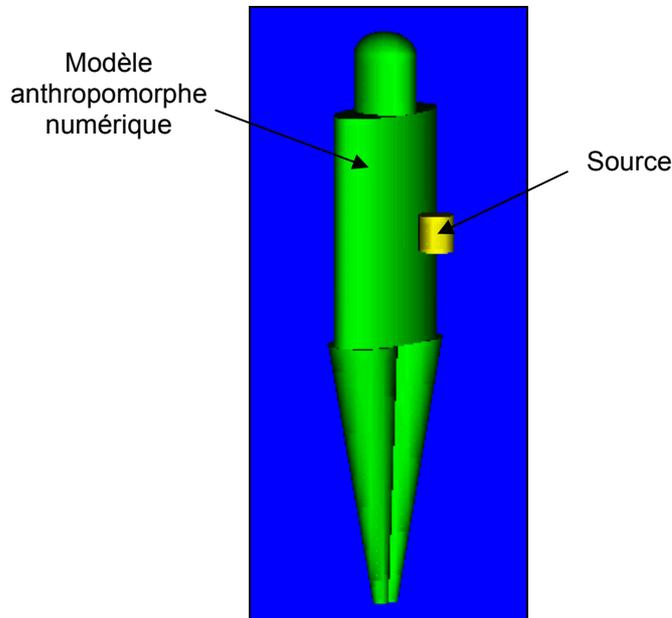
### **Matériel et méthodes**

#### *Caractéristiques de la source*

Les victimes ont été exposées à deux sources, considérées comme identiques en activité et en dimensions, provenant de générateurs thermoélectriques dont le principe repose sur la conversion de l'énergie thermique dégagée lors de la décroissance d'un radioélément en énergie électrique. La source de  $^{90}\text{Sr}$ , en équilibre séculaire avec l'Yttrium 90 ( $^{90}\text{Y}$ ), est constituée d'un cylindre (6 cm  $\times$  6 cm) composé de titanate de strontium entouré d'une enveloppe métallique également cylindrique (10,5 cm  $\times$  11 cm). Le  $^{90}\text{Sr}$  et le  $^{90}\text{Y}$  sont tous deux émetteurs bêta, leur énergie moyenne étant respectivement égale à 196 keV et 934 keV. A l'intérieur du matériau composant la source, les électrons émis par le  $^{90}\text{Sr}$  et le  $^{90}\text{Y}$  produisent des photons X par rayonnement de freinage ("bremsstrahlung") dont l'énergie varie entre 0 et 2,28 MeV (énergie maximale des électrons). Compte tenu des énergies et des matériaux mis en jeu, seuls les photons X contribuent à l'irradiation.

### Reconstitution par simulation numérique

La reconstitution dosimétrique par simulation numérique du transport des particules a été réalisée à l'aide d'un outil couplant le code de Monte Carlo MCNP à un modèle anthropomorphe numérique correspondant à un individu adulte standard (Fig.1). Compte tenu des observations cliniques et des caractéristiques d'émission des sources, l'hypothèse d'un scénario selon lequel chaque source était localisée au milieu du dos à 5 cm de la peau pour chacune des deux victimes présentant des brûlures a été jugée réaliste. De plus, toujours à partir des observations cliniques, il a été admis que la dose à l'entrée était égale à 20 Gy, ce qui a permis de disposer d'un point de "calage". Les calculs ont porté sur la détermination du débit de dose absorbée dans l'air au contact de la source, du gradient de dose absorbée en profondeur dans le tissu et de la dose absorbée moyenne dans les organes et le corps entier.



**Figure 1. Reconstitution par simulation numérique : modélisation de la source et de la victime**

### Reconstitution post-accidentelle par RPE

L'interaction des rayonnements ionisants avec la matière crée des espèces radicalaires possédant des électrons non appariés. Leur nombre est proportionnel à la dose absorbée dans la matière. La spectrométrie par RPE est une méthode physique qui consiste à mesurer, aux conditions de résonance, l'absorption d'une micro-onde par les électrons non appariés d'un matériau, lorsque celui-ci est soumis à un champ magnétique.

Des mesures par RPE ont été réalisées sur un échantillon de vertèbre situé à 2 cm de profondeur prélevé sur l'une des victimes traitée à l'hôpital Percy, dans la zone du dos présentant les brûlures radiologiques. L'échantillon a été post-irradié, selon la méthode des ajouts dosés, auprès d'une source de photons d'énergie comparable à celle des photons X émis par la source responsable de l'accident. La méthode de post-irradiation permet de

reconstruire la droite d'étalonnage propre à l'échantillon, l'intersection de cette droite avec l'axe des abscisses correspondant à la valeur de la dose initiale.

## Résultats et discussion

Le débit de dose absorbée dans l'air calculé au contact de la source est de l'ordre de  $200 \text{ Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ . Ce débit de dose décroît ensuite approximativement avec l'inverse du carré de la distance.

Le gradient de dose en profondeur est présenté Figure 2. La dose absorbée est estimée à 14 Gy à 2 cm de profondeur. Les mesures RPE sur l'échantillon de vertèbre située à ce niveau de profondeur confirme cette valeur, confirmant du même coup le bien-fondé de l'hypothèse prise quant à la valeur de la dose à l'entrée.

La dose absorbée moyenne dans les organes varie de quelques mGy à plus de 6 Gy (reins, surrénales) et la dose absorbée moyenne au corps entier est estimée aux alentours de 1,4 Gy. Notons qu'en plus d'une irradiation localisée, il est fort probable qu'une irradiation à distance a eu lieu. La proportion de cette irradiation complémentaire à la dose totale corps entier est difficile à déterminer dans la mesure où nous n'avons aucune information de distance ou de durée. Cependant, les informations issues de la dosimétrie biologique conduisent à estimer cette dose totale corps entier de l'ordre de 3 à 4 Gy.

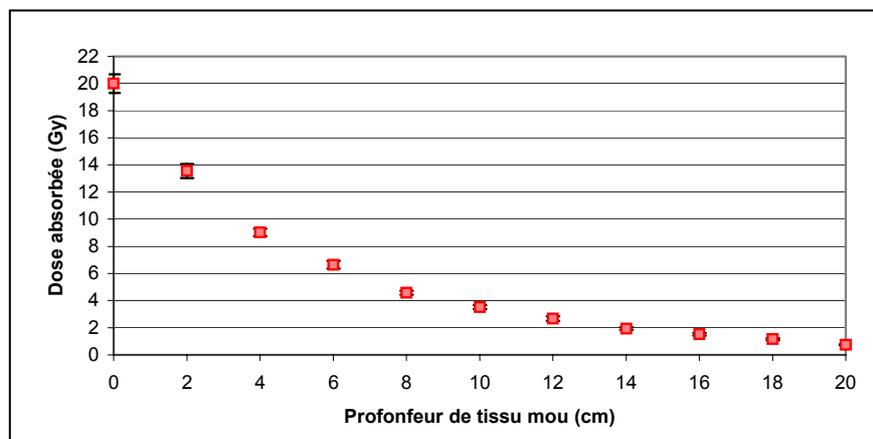


Figure 2. Dose absorbée (Gy) en fonction de l'épaisseur de tissu mou (cm) calculée par MCNP – la source est localisée au milieu du dos à 5 cm de la peau et la dose absorbée est normalisée à 20 Gy à l'entrée.

## Conclusion

Ce travail a permis de réaliser une reconstitution dosimétrique physique de l'accident survenu en Géorgie en décembre 2001 dû à deux sources très actives de  $^{90}\text{Sr}$ . Deux techniques complémentaires de dosimétrie physique ont été mises en œuvre et conduisent à des résultats tout à fait concordants.