

Cartographie de l'activité incorporée en cas de contaminations complexes par l'utilisation des simulations Monte Carlo

Farah J., Broggio D., Franck D.

Surveillance des travailleurs avec risque de contamination interne



Mesures *in vivo* :
poumons, corps entier



Mesures *in vitro* :
urine et selles

Objectif : mesurer l'activité incorporée et estimer la dose

Problématique

Mesures faites sous des hypothèses d'une distribution connue dans le corps

Cas de contaminations complexes avec très peu d'information
Où, comment, que chercher ???



Objectif : Estimation, à posteriori, de l'activité incorporée lors d'une contamination complexe en associant mesures in vivo et calcul MC

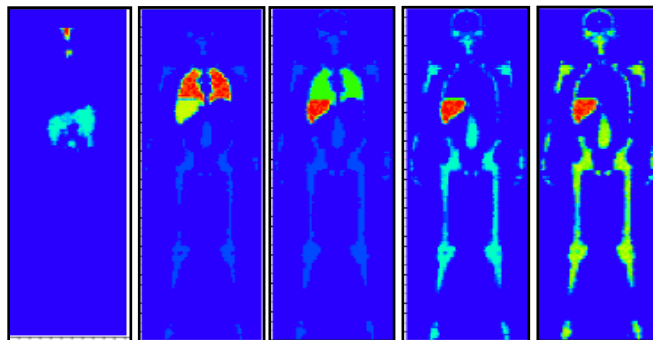
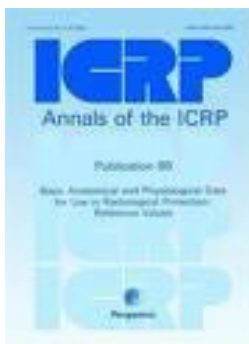
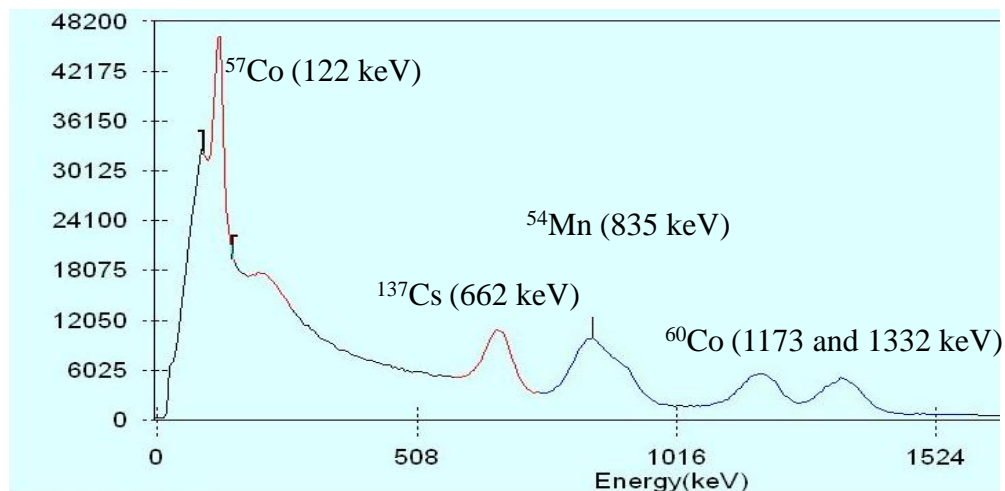
IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Méthode développée pour déterminer
la distribution d'activité

Etape 1 :

- Comptage corps entier
- Identification des radionuclides et étude de leur biocinétique



Biocinétique de l' ^{241}Am et organes de rétentions des jours après contamination par inhalation

Etape 2 :

- Choix du détecteur le plus adapté (Ge, NaI(Tl) etc.)
- Choix du positionnement optimal



Mesure thyroïde



Mesure blessure doigt



Mesure os genoux

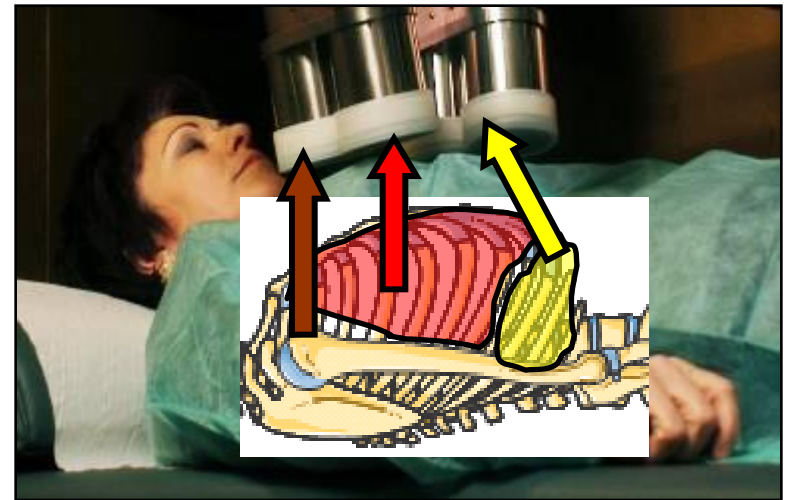
Etape 3 :

- mesure anthroporadiométrique

Estimation de la distribution d'activité dans chaque organe

$$\tau_{\text{exp}} = \sum_{\text{organe}} \tau^{\text{organe}} = I_i \sum_{\text{organe}} A^{\text{organe}} \varepsilon^{\text{organe, position}}$$

Nombre de coups total collectés =
somme des coups pour un organe
chargé à la fois



Besoin des simulations Monte Carlo pour estimer la contribution de chaque organe

Nombre de mesures requises = nombre d'organes présumés contaminés

$$\tau_{\text{exp}} = \sum_{\text{organe}} \tau^{\text{organe}} = I_i \sum_{\text{organe}} A^{\text{organe}} \varepsilon^{\text{organe, position}}$$



Detector positioning

	Taux de comptage		Efficacité de comptage simulée				
			Os	Nœud lymph.	poumons	foie	Activités recherchées
RD →	$\begin{pmatrix} 5.87\text{E}-01 \\ 6.80\text{E}-01 \\ 3.29\text{E}-01 \\ 6.87\text{E}-01 \end{pmatrix} = I_i \times$	$\begin{pmatrix} 8.56\text{E}-04 & 6.79\text{E}-05 & 2.06\text{E}-03 & 1.36\text{E}-03 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \varepsilon_{\text{Lung, LD}} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix} \times$					$\begin{pmatrix} Act_{os} \\ Act_{\text{Nod.lymph.}} \\ Act_{\text{poumons}} \\ Act_{\text{foie}} \end{pmatrix}$
RU →							
LD →							
LU →							

Le système inverse donne l'activité retenue dans chaque organe

C'est mathématiquement correct mais en pratique ???

IRSN

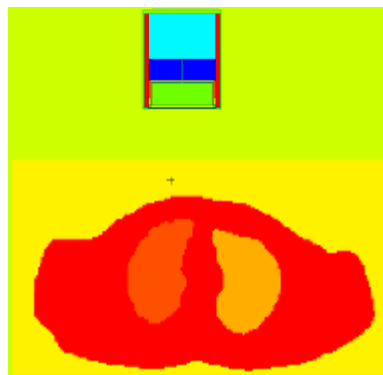
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Plan de travail et étude de faisabilité

Etape 1 : Mesures Livermore et séparation physique des contributions



Etape 2 : Simulation MC des mesures et séparation numérique des contributions



Etape 3 : Test de la méthode avec différents systèmes de comptage

Etape 4 : Etude des limites (biocinétique et sources perturbatrices)

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Etude de faisabilité

Mesures expérimentales Livermore

Activités réelles ^{241}Am : PG = 25,74 kBq
 PD = 34,64 kBq

Temps = 40 min
 Hauteur = ~2cm

Coups \ Poumon chargé	Poumons G+D	Poumon D	Poumon G
Position D	264174	245811	12032
Position G	123825	28537	96255

DéTECTEURS

$$\begin{array}{l}
 \text{Position D} \rightarrow \\
 \text{Position G} \rightarrow
 \end{array}
 \begin{pmatrix} 97,8 \\ 45,9 \end{pmatrix}
 = \begin{pmatrix} 2,63\text{E}-03 & 1,73\text{E}-04 \\ 3,05\text{E}-04 & 1,39\text{E}-03 \end{pmatrix}
 \times \begin{pmatrix} \text{Act}_{\text{PoumDroit}} \\ \text{Act}_{\text{PoumGauche}} \end{pmatrix}$$

Taux de comptage *Efficacité mesurée* *Activités recherchées*

Activités estimées : PG = 25,3 kBq → ER = 1,8 %
 PD = 35,5 kBq → ER = -2,7 %

Validation méthode

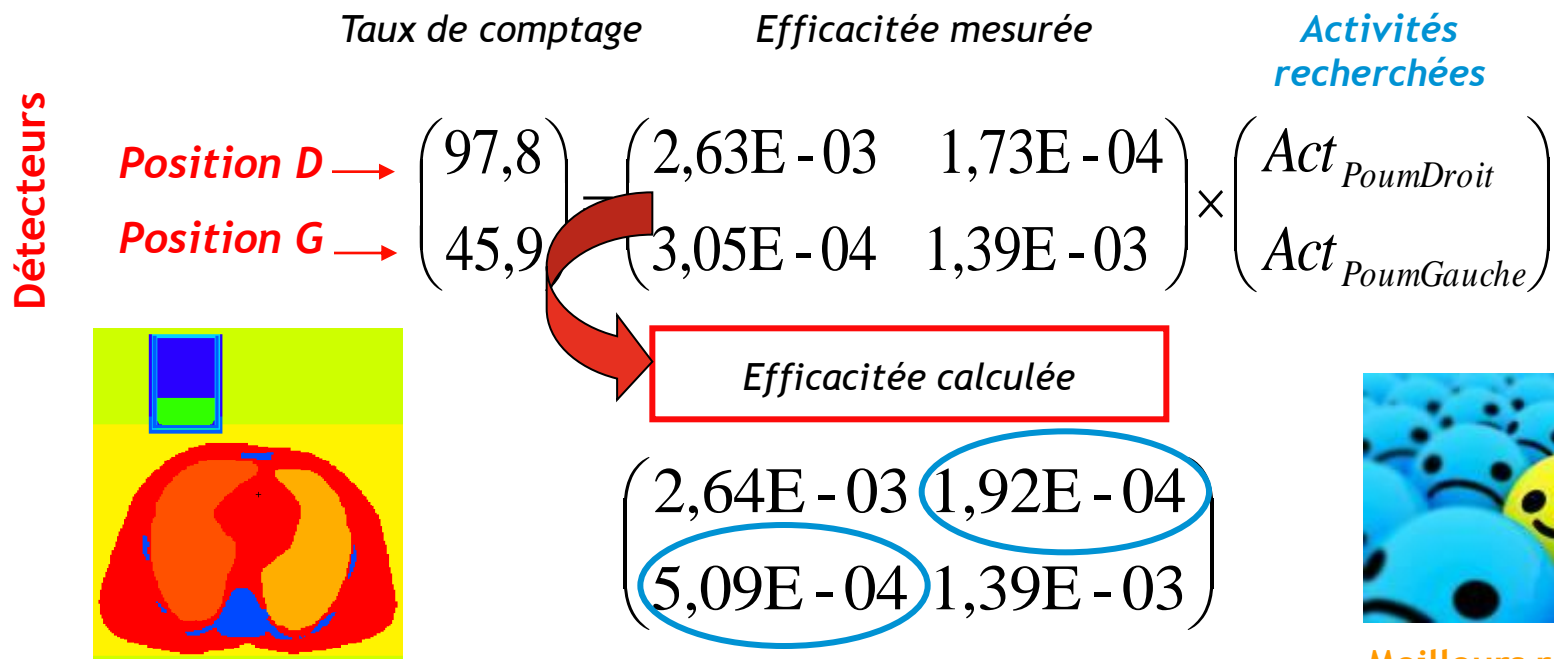
IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Simulation MC des mesures

Simulations MC des mesures Livermore

Reproduire le positionnement des détecteurs et de la source et calcul de la contribution de chaque organe (efficacité de comptage)



Meilleurs résultats pour modèle corrigé

Activité estimée :

PG = 20,4 kBq → Diff. = 20,6% ↘ ↘ 10% Cause Erreur : Modèle du détecteur inapproprié pour les tirs croisés

PD = 34,4 kBq → Diff. = 0,7% ~3%

IRSN

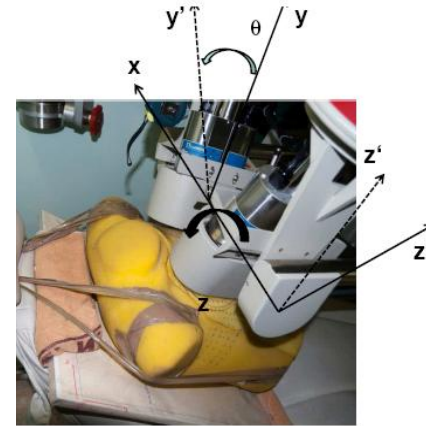
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Test méthode avec différents systèmes de comptage

Mesures au CIEMAT

- Fantôme Livermore IRSN + poumons ^{152}Eu
- 4 détecteurs germanium + diff. positionnement

Méthode marche pour un autre système et positionnement ?



Activités correctement estimées avec erreur maximale ~ 2,2% pour PG

Mesures au KIT

- Fantôme Livermore KIT + poumons ^{241}Am + foie ^{241}Am
- 1 détecteur germanium + diff. positionnement

Méthode marche pour trois organes chargés à la fois ???



Activités correctement estimées avec erreur maximale ~ 3,4% pour PG

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Etude des paramètres d'influence:
biocinétique et source perturbatrice

Effet d'une erreur sur la distribution d'activité

Activités réelles dans un seul organe ou dans trois organes

Limites méthode ? Capable de gérer cette situation ?

Activités estimées nulles voire même négatives



Très satisfaisant

Présence d'une source perturbatrice

Activités réelles ^{241}Am :

PG = 25,74 kBq PD = 34,65 kBq Pct = 41,70 kBq

Effet sur l'estimation de la distribution d'activité ?



Activités estimées : PG = 26,1 kBq → Diff. = -1,5 %
PD = 42,6 kBq → Diff. = -23,2 %



Peu concluant

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Merci pour votre attention !

jad.farah@irsn.fr