

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Dosimétrie en cas d'accident de criticité : l'expertise de l'IRSN

M.A. CHEVALLIER, F. TROMPIER, C. BARTIZEL,
J.F. BARQUINERO ESTRUCH, M. DULUC,
J.F. BOTTOLLIER-DEPOIS

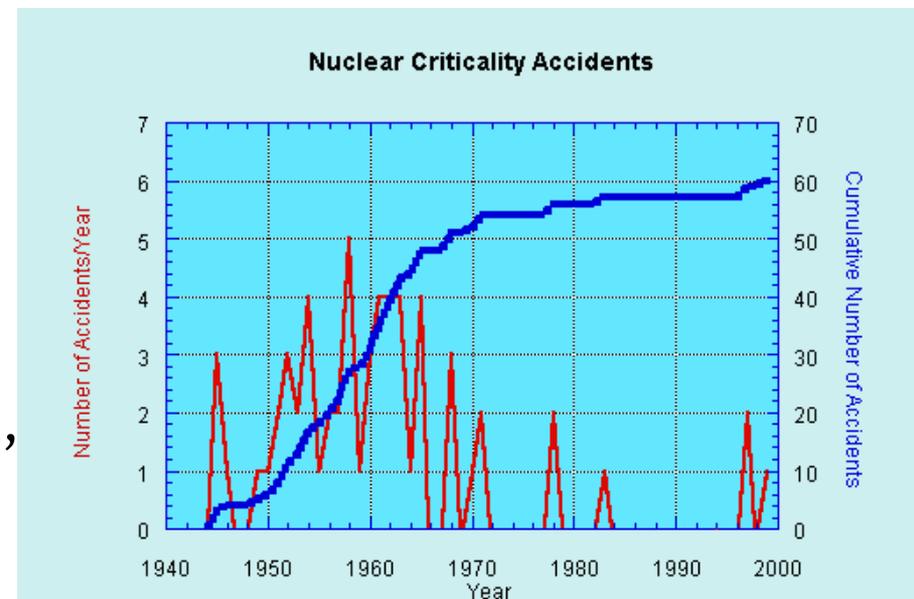
The logo for IRSN, featuring the letters 'IRSN' in a bold, sans-serif font. The 'I', 'R', and 'S' are red, while the 'N' is blue.

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Introduction

Les accidents de criticité

- Excursion incontrôlée dans un milieu fissible (solide ou liquide)
 - Dégagement d'énergie entraînant des effets thermiques et éventuellement mécaniques
 - Emission intense de neutrons et photons
- Probabilité faible
 - 60 accidents connus
 - 2/3 recherche,
1/3 cycle du combustible
- Nombre de victimes peu important, mais conséquences médicales pouvant être graves



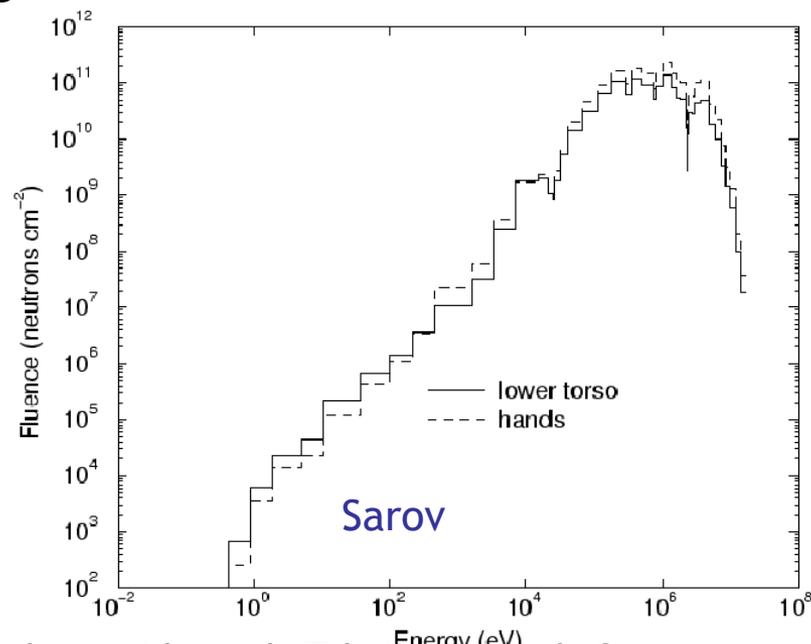
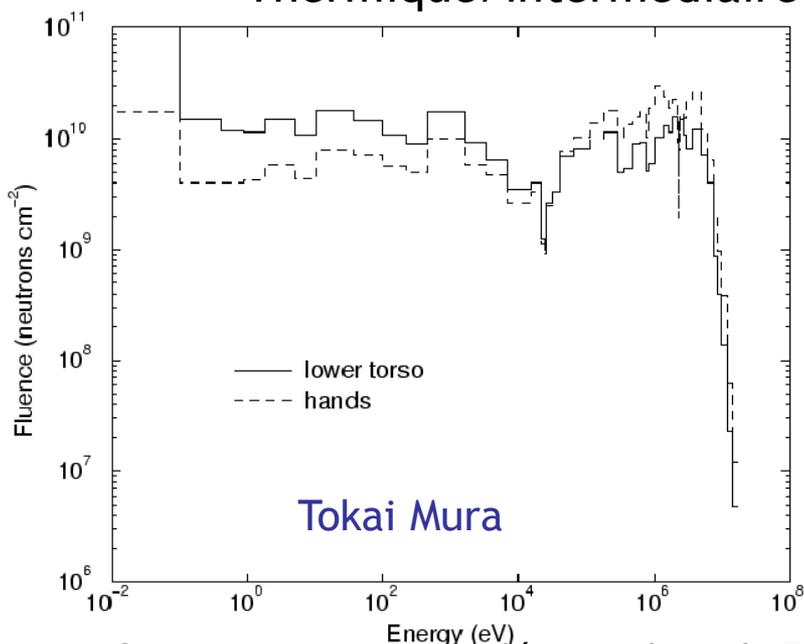
(référence : LANL, 2000)

Caractéristiques des accidents de criticité

- Intensité et complexité du rayonnement émis
- Durée variable selon matrice et scénario
 - De quelques dizaines de μs à... plusieurs heures
 - Forte variation du rapport kerma neutron / kerma photon
- Forte hétérogénéité de la distribution de la dose dans l'organisme
- Importance de l'environnement (écran, diffusion...)
- Redémarrage possible (solution liquide)
- Activation de l'environnement

Caractéristique de la composante neutronique

- Spectre de fission altéré par la diffusion des neutrons dans la matrice et l'environnement de la source
 - Variation importante de la distribution en énergie
- Distinction de 3 composantes principales
 - Thermique/intermédiaire/rapide



Spectres neutron calculés avec le code Fetch pour les accidents de Tokai Mura et de Sarov au niveau du torse et des mains des victimes (Source Ziver et al)

Évaluation des doses

- De façon générale, la **dose** et sa **distribution dans l'organisme** est un paramètre clé dans pour la gestion médicale d'irradiés accidentels
- Dans le cas d'un accident de criticité, la distribution de dose dans l'organisme est **très hétérogène** (même si l'irradiation est globale)
 - Dose neutron maximale au point d'entrée
 - Importance de connaître l'orientation de la victime
 - Contribution dose gamma augmente dans l'épaisseur de tissu traversé
- Les effets biologiques étant plus importants pour les neutrons que pour les gamma, il est important de **bien distinguer les deux composantes**

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

La système de dosimétrie de criticité proposé par l'IRSN

Le système de dosimétrie de criticité

Approche retenue : **1 dosimètre individuel** et **1 dosimètre de zone**

- Kerma neutron
- Dose photons
- Fluence thermique et épithermique



Spectre neutronique

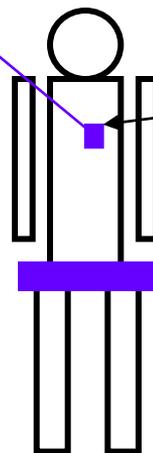
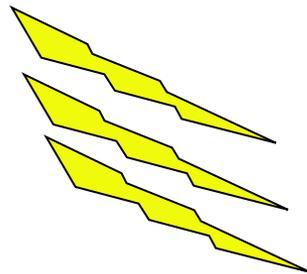
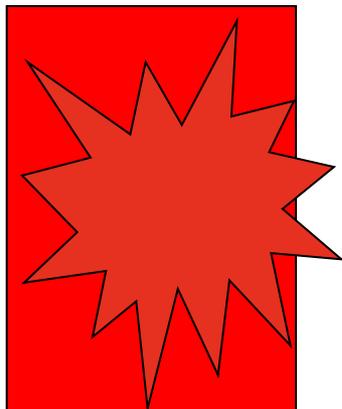


Dosimètre de zone

Dosimètre individuel



Orientation



Dispositif de criticité individuel et d'ambiance

Dosimètre poitrine RPL neutron criticité

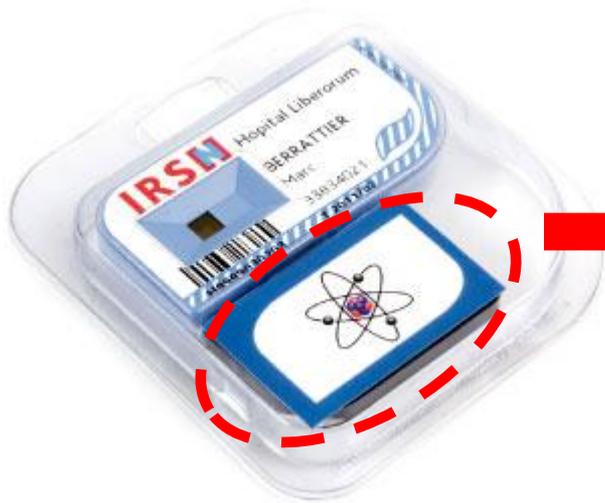
■ Composé de trois éléments :

- Dosimètre RPL (Radio-Photo Luminescent)

➡ Mesure de la composante photon

- Pastilles d'or (fluence n_{th})

- Pastilles d'alanine (kerma neutron dans le tissu)



Détecteur CR39, son boîtier convertisseur et les pastilles d'alanine et d'or.

© IRSN/PRP-HOM/LDI

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

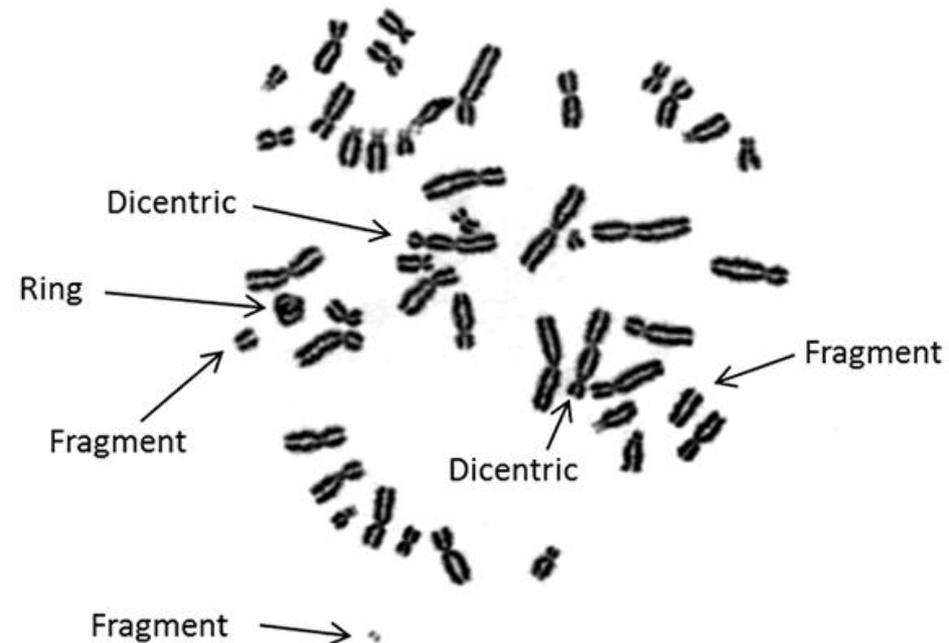
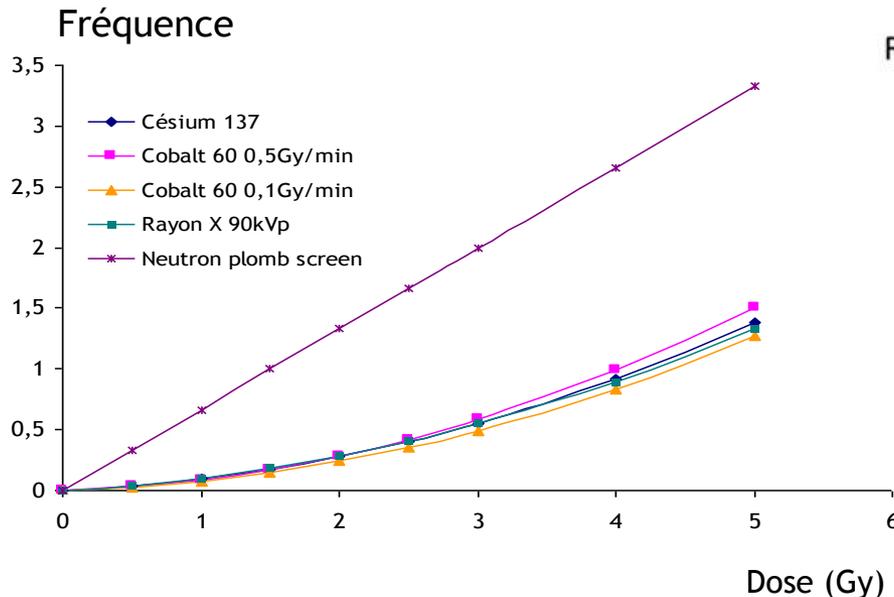
Expertise de l'IRSN en cas d'accident

Expertise multidisciplinaire (*hors simulations et calculs*)

- Dosimétrie biologique (cytogénétique)
- Dosimétrie neutron sur des prélèvements biologiques (sang et phanères) sur la base de l'activation (Na-24 et P-32)
- Dosimétrie photons sur des prélèvements biologiques (phanères, micro-biopsies d'émail dentaire) par spectroscopie à résonance paramagnétique électronique (RPE)
- Utilisations d'autres outils et moyens de détection en place dans les installations (sondes EDAC, balises gamma, dosimétrie opérationnelle...)

Dosimétrie Biologique

- **Principe** : dénombrement d'aberrations chromosomiques dans les lymphocytes circulants à partir d'échantillons sanguins
- Courbes d'étalonnage spécifiques
- Dose moyenne corps entier



[Contact : laboratoire de dosimétrie biologique \(LDB\)](#)

Dosimétrie neutron par activation

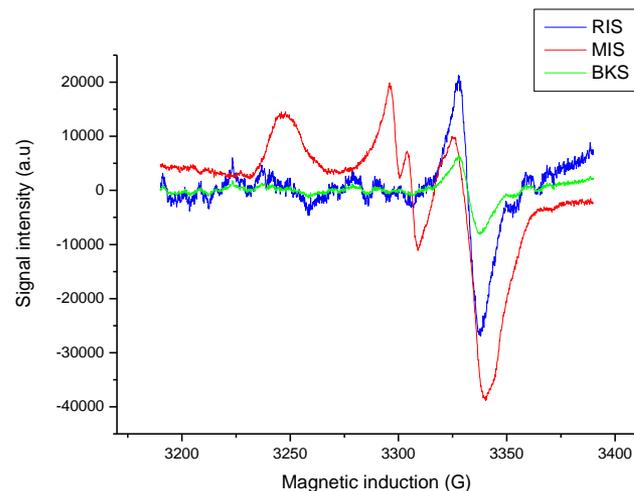
- **Principe** : mesure des produits d'activation : $kerma = Coef \times A_{mesurée}$
- Activation du sodium dans le sang (sur prélèvements) : mesure du Na-24 par spectrométrie gamma
($T_{1/2} = 14,96 h$, réaction n_{th} très dépendante du spectre)
- Activation du soufre dans les phanères (cheveux, ongles, système pileux): mesure du P-32 par scintillation liquide
($T_{1/2} = 15 j$, réaction $S (n,p) P$)
- **Dose locale et orientation de la victime**



Contact : Laboratoire d'Analyse Médicale Radiotoxicologique (LAMR)

Dosimétrie par RPE (composante photon)

- **Principe** : quantification des radicaux libres radio-induits produits en proportion de la dose absorbée
- Ongles et micro-biopsie d'émail (3-5 mg)
- Dose locale et orientation de la victime



[Contact](#) : Laboratoire de dosimétrie des rayonnements ionisants (LDRI)

Outils et moyens de détection complémentaires

- Codes de calcul utilisés en criticité et pour la reconstitution de la dose
 - Meilleure définition du terme source, notamment du nombre de fissions
 - Evaluation de l'hétérogénéité de la dose dans l'organisme
- Détection/localisation d'un accident de criticité dans une installation
 - Sondes EDAC : interprétation des données issues des sondes pour confirmer et localiser un accident de criticité
- Utilisation de l'ensemble des moyens pour la détection/mesure de la dose en cas d'accident de criticité
 - Expériences réalisées en 2013 sur le comportement des appareils de radioprotection (balises gamma/neutron, dosimètres opérationnels) en cas d'accident de criticité

➔ Eléments complémentaires pour une meilleure gestion de l'accident (détection/localisation) et une meilleure prise en charge des victimes

[Contacts](#) : Service de Neutronique et des risques de Criticité (SNC)

Bureau d'évaluation des risques de criticité et des accidents de criticité (BERAC)

Laboratoire de dosimétrie des rayonnements ionisants (LDRI)

Conclusion

- Complexité de la dosimétrie en cas d'accident de criticité
- Estimation délicate des doses des différentes composantes du champ de rayonnement, forte hétérogénéité attendue, mais nécessaire pour la gestion médicale
- L'IRSN propose un système complet de dosimétrie, individuel et de zone
- Une expertise pluridisciplinaire est indispensable en cas d'accident pour une bonne prise en charge des victimes

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Merci de votre attention