



**AREVA**

l'avenir pour énergie

# Réévaluation des doses en dosimétrie par thermoluminescence

M. Espagnan; F. Gauthier et G. Marcellin

**AREVA/D&S/DOI Marcoule**

Michel ESPAGNAN

Expert AREVA

5<sup>ème</sup> Forum De Radioprotectique, ATSR

La Grande Motte – France

5, 6 et 7 octobre 2016

# INTRODUCTION

## ▶ Méthode de dosimétrie par Thermoluminescence (TLD)

### ▶ Avantages

- ◆ La plus utilisée dans le monde
- ◆ Nombreux matériaux thermoluminescents disponibles permettant une adaptation des mesures aux diverses conditions (personnel, zone, environnement, etc) :
  - LiF : Mg, Ti pour dosimétrie du personnel
  - LiF : Mg, Cu, P, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pour dosimétrie d'environnement
- ◆ Détecteurs réutilisables

### ▶ Inconvénient le plus connu

- ◆ Pas de réévaluation possible par relecture
- ◆ Cependant diverses méthodes ont été utilisées pour solutionner ce problème

# METHODES DE REEVALUATION DES DOSES

## ▶ Méthode de relecture (résiduelle) des détecteurs :

- Faible efficacité
- Faible fidélité

## ▶ PTTL : Lecture par Thermoluminescence de phototransfert

- ◆ Première lecture
- ◆ Exposition du détecteur aux UV → transfert des porteurs de charges des pièges profonds du matériaux vers les pièges des pics dosimétriques utilisés.
- ◆ Lecture et obtention du signal venant du vidage des pics dosimétriques
  - Meilleure efficacité
  - Mais niveau de bruit de fond élevé

## ▶ Autre méthode?

# METHODES DE REEVALUATION DES DOSES

## ► Méthode du temps augmenté de lecture du signal résiduel

- ◆ Présentée par Abraham et all (2007)
- ◆ Temps de chauffage étendu à 30s
- ◆ Efficacité augmentée d'un facteur 3/lecture résiduelle standard
- ◆ Niveau d'Incertitude de mesure  $\approx$  technique PTTL

# Application de la méthode du temps augmenté de lecture du signal résiduel (ERTM) au système de dosimétrie du LDMR

## ► Matériels utilisés :

- ◆ Cartes TLD équipées de 4 détecteurs  $^6, ^7\text{Fli}$  fins (  $3 \times 3 \times 0.38 \text{ mm}^3$  ) tirés au hasard dans la populations des cartes utilisées en routine.
- ◆ Lecteurs automatique H8800 à flux d'azote chaud avec les profils de températures suivants :
  - Lecture standard de routine et de résiduelle :
    - Préchauffage de  $140^\circ$
    - Puis chauffage jusqu'à  $265^\circ$  au taux de  $25^\circ/\text{s}$  suivi par un temps de lecture de 13.3 s
  - Pour l'ERTM, changement du temps de lecture du signal résiduel
- ◆ Source de  $^{60}\text{Co}$  pour les irradiations des essais

# Application de la méthode ERTM

## Procédure expérimentale

### 2 étapes

- ▶ **Etape 1 : Recherche de la valeur optimale du temps étendu de lecture en suivant les opérations suivantes :**
  - ◆ Irradiations de séries de cartes TLD à une valeur de 20 mGy
  - ◆ Lecture standard normale, suivie de
  - ◆ Lecture standard de la résiduelle, suivie de
  - ◆ Lecture de résiduelle de chaque séries de cartes à différents temps étendus

# Application de la méthode ERTM

## Procédure expérimentale



### ► Etape 2 : Suite à la durée optimale du temps de lecture obtenu

- ◆ Irradiations de groupes de 5 cartes TLD, chacun exposé a des doses différentes allant de 5 à 50 mGy

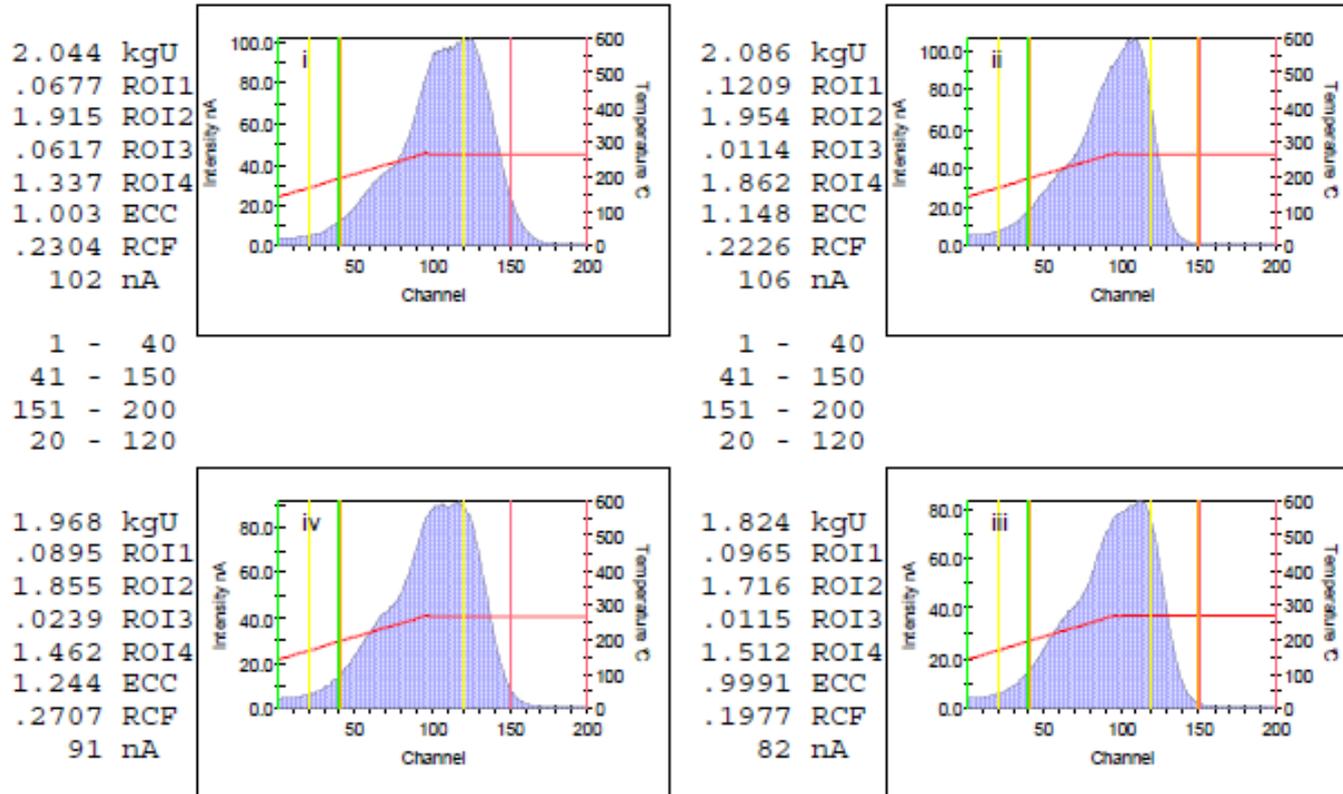
- ◆ Application des 3 modes successifs de lectures comme mentionné à l'étape 1

### ► Critère de qualité de la réévaluation des doses : Facteur de Réévaluation (FR)

- ◆ Rapport lecture par temps étendu/1<sup>er</sup> lecture standard

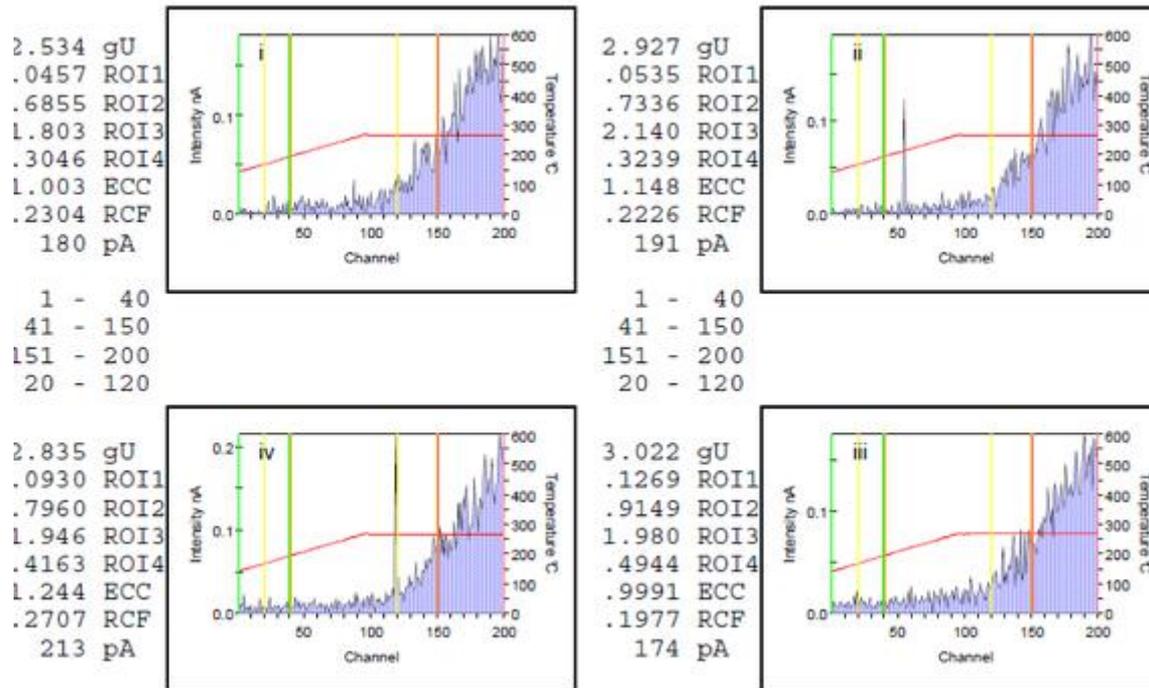
# Etape 1 recherche de la valeur optimale du temps étendu

## ► Lecture normale standard. Exposition 20 mGy



# Etape 1 (suite)

## ► Lecture standard de la résiduelle (relecture)

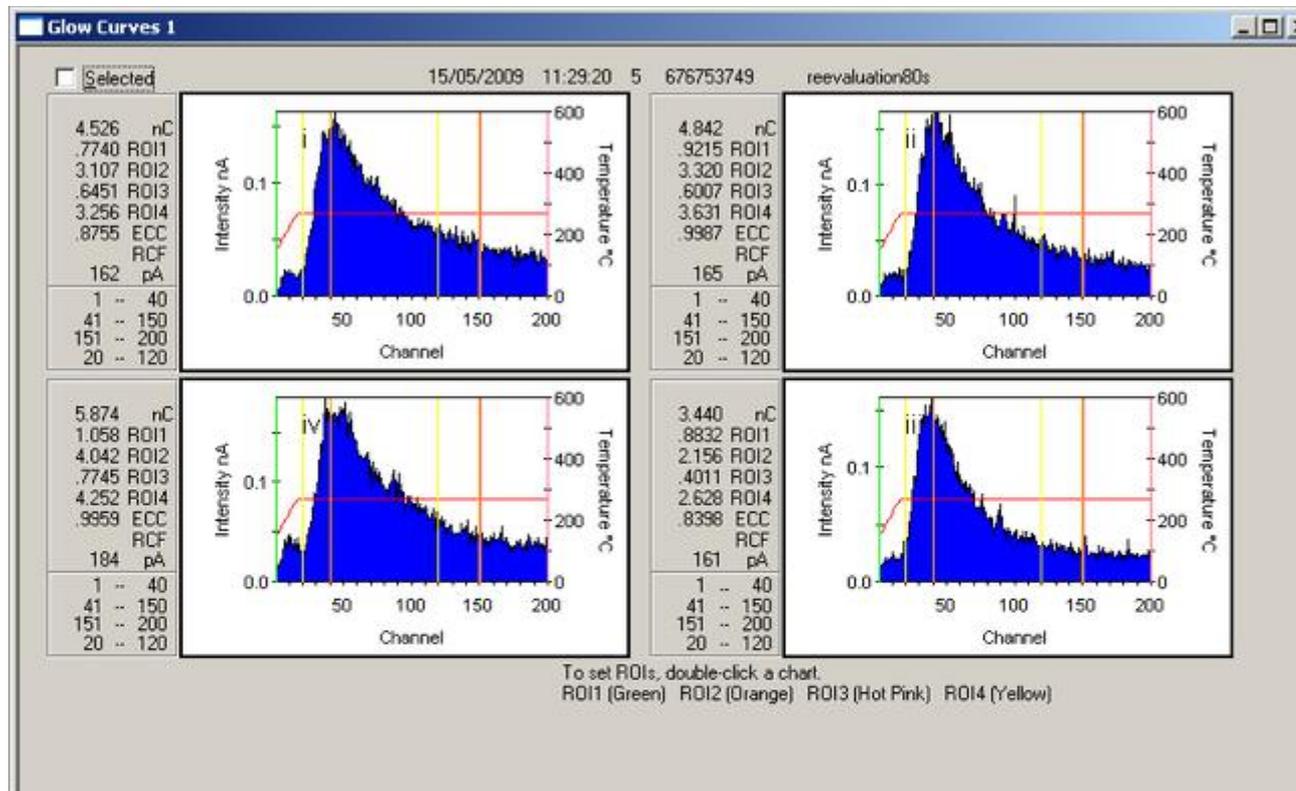


Lecture résiduelle/ 1er lecture standard = 0,14%

# Etape 1 (suite)

- Lectures de résiduelles à différents temps étendus : Plage explorée de 30s à 80 s.

Exemple de courbe TLD obtenue : 20 mGy et temps étendu de lecture de résiduelle de 80 s



# Description des courbes TLD obtenues

- ▶ 1er pic (canaux 0-20), maximum au canal 10 (4s après le début du chauffage). Pic attribué au signal du à la contribution du téflon.
- ▶ Pic principal (20 s après le début du chauffage). Position après le pic principal (V) (10s) lors d'une lecture normale. La longueur du chauffage permet le transfert des porteurs de charges des pics profonds vers les pics dosimétriques.
- ▶ Une dernière zone commence à partir du canal 120 (50s). Cette structure est attribuée à l'émission infra rouge.
- ▶ La durée de chauffage de 80 s a été retenue :
  - ◆ Forme stable de la courbe TLD dans cette zone.
  - ◆ Durée raisonnable pour le lecteur.

# Sélection de régions d'intérêt

- ▶ 2 régions d'intérêt dans l'étude (étape 2)
- ▶ 1er région d'intégration : 0 à 80 s
- ▶ 2ème région d'intégration : 8 s à 40 s (2 points limites)
  - ◆ Point inférieur situé dans la vallée, entre la fin du 1er pic et le début du pic principal (canal 20, 8 s).
  - ◆ Point supérieur correspondant à la fin du pic principal (canal 100, 40 s)

## Etape 2 : Résultats

- ▶ Irradiation de 5 groupes de 5 cartes, exposées à des valeurs de kerma dans l'air de 5 mGy à 50 mGy
- ▶ Evaluation pour chaque groupe, du FR et des écarts - types associés, pour chaque région d'intégration

## Etape 2 : Résultats

► Facteurs de réévaluation obtenus (%)

Air Kerma (mGy)	intégration 0 - 80 s	intégration 8 - 40 s
5	$1.90 \pm 0.40$	$0.43 \pm 0.12$
10	$1.31 \pm 0.23$	$0.47 \pm 0.13$
20	$1.00 \pm 0.10$	$0.47 \pm 0.04$
30	$0.90 \pm 0.13$	$0.47 \pm 0.07$
50	$0.83 \pm 0.09$	$0.49 \pm 0.06$
Average	$1.19 \pm 0.45$	$0.46 \pm 0.09$

## Etape 2 : Résultats

- ▶ **Les résultats du tableau montrent une différence importante entre les 2 régions d'intégration sélectionnées**
  - ◆ **Un FR plus grand pour la région totale que pour la région 8 – 40 s. Grande variabilité (facteur 2) et écart type relatif élevé (38%). Contribution du téflon et de la région infra rouge.**
  - ◆ **Région 8 – 40 s, RF plus faible. Mais valeurs constantes (différence maxi de 14%) et écart type relatif plus faible (20%).**
  - ◆ **Pour les 2 raisons ci – dessus, une durée de lecture de résiduelle étendue de 40 s semble la plus appropriée.**

# Influence du processus de traitement des dosimètres sur la méthode de réévaluation

## ► Cycle normal des dosimètres

- ◆ Exposition aux postes de travail
- ◆ Retour au laboratoire
- ◆ Lecture Standard (265°C)
- ◆ Vidage des cartes TLD avant réutilisation (280°)
- ◆ Attribution des dosimètres

## ► Etude à 2 niveaux

- ◆ Réévaluation après l'étape de vidage : Simulation d'une demande de réévaluation
- ◆ Réévaluation des doses après 10 cycles normaux d'exposition à 1 mGy chacun. Essai sur l'influence de l'historique de cartes.

# Réévaluation après l'étape de vidage



## ► Méthodologie :

- ◆ Exposition de 5 cartes TLD à 10 mGy photons
- ◆ Lecture normale des cartes
- ◆ Vidage des cartes (TTP à 280°)
- ◆ Lecture résiduelle normale
- ◆ Lecture résiduelle en temps étendu (re-évaluation)

# Réévaluation après l'étape de vidage

## ► Résultats obtenus : FR (%)

Air Kerma (mGy)	intégration 8 - 40 s
10	$0.27 \pm 0.10$

## ► Conclusion

- ◆ Valeur du RF inférieure d'un facteur 2 à celle obtenue après une lecture normale ( $0.47 \pm 0.13$ ).
- ◆ La température de vidage ( $280^\circ$ ) qui suit la lecture normale vide une partie des pièges profonds situés après le pic dosimétrique (V). Cela diminue l'efficacité du processus de réévaluation.

# Réévaluation des doses après 10 cycles d'exposition à 1mGy

- ▶ **Objectif : Vérifier que la réévaluation après 10 cycles à 1 mGy est différente qu'après 1 exposition à 1 mGy/mois pendant 10 mois.**
- ▶ **1 cycle = Exposition à 1 mGy – Lecture normale – Vidage.**
- ▶ **Après le 10ème cycle : Application de la procédure de réévaluation des doses.**
- ▶ **Résultat : La réévaluation après le 10ème cycle a donné la même valeur que celle obtenue sur une carte non exposée.**
- ▶ **Conclusion : Processus efficace de traitement des dosimètres grâce à un vidage correct des cartes avant leur réutilisation. L'historique des cartes TLD n'a pas d'influence sur la méthode de réévaluation des doses.**

# Conclusion

- ▶ **L'étude confirme la méthode de réévaluation des doses présentée par Abraham et all. Nous l'avons appliqué et adapté à notre système de dosimétrie dans les conditions habituelles du milieu industriel.**
- ▶ **Valeur de réévaluation la plus basse obtenue : 5 mGy.**
- ▶ **Influence observée du processus de traitement des dosimètres sur la méthode, en particulier après la phase de vidage. Mais alarme sur les lectures permettant de relire si nécessaire avant le vidage.**

# Conclusion

- ▶ **Nécessité de mieux connaître les limites de la méthode.**
- ▶ **Etudes plus approfondies à faire sur l'influence de l'historique des dosimètres (niveaux d'expositions successives), sur les températures de lectures, le vidage et le recuit.**
- ▶ **Appliquée aux photons, elle devrait faire l'objet d'une application aux autres types de rayonnements, en particulier aux neutrons.**
- ▶ **Enfin, on peut dire que la relecture des doses est possible en dosimétrie par Thermoluminescence.**

# Références

- ▶ **McKeever, Stephen W. S., Moscovitch. And Townsend, Peter. D. Thermoluminescence Dosimetry Materials: Properties and Uses. Nuclear Technology Publishing (1995).**
- ▶ **Ben-Shachar, B., Weinstein, M. and German, U. *The reassessment of high doses for different LET irradiations.* Radiat. Prot. Dosim. 85(1-4), 171-173 (1999).**
- ▶ **Muniz, J. L., Correcher, V. And Delgado, A. *PTTL dose re-estimation applied to quality control in tld-100 based personal dosimetry.* Radiat. Prot. Dosim. 85(1-4), 63-66 (1999).**
- ▶ **Moscovitch, M., Benevides, L., Romanyukha, A., Hull, F., Duffy, M., Voss, S., Velbeck, K. J., Nita, I. and Rotunda, J. E. *The applicability of the PTTL dose re-analysis method to the Harshaw LiF:Mg, Cu, P material.* Radiat. Prot. Dosim. 144(1-4), 161-164 (2011).**
- ▶ **Abraham, A., Weinstein, M., German, U. and Alfassi, Z. B. *On the reassessment of doses in tl-dosimetry by measuring the residual dose.* Radiat. Prot. Dosim. 125(1-4), 113-116 (2007).**