

# **Dosimétrie individuelle pour les neutrons**

-

# **Point sur les normes existantes**

**François Quéinnec et Marie-Anne Chevallier (IRSN)**

# Sommaire

1. Synthèse des normes utiles pour la dosimétrie individuelle pour les neutrons
  - a. Les champs de neutrons de référence
  - b. La caractérisation des systèmes dosimétriques
  
2. Exposition des travailleurs aux neutrons
  - a. bilan du suivi dosimétrique individuel
  - b. La variété des spectres énergétiques
  
3. La norme 21909 pour la dosimétrie passive
  - a. La version actuelle
  - b. La version en préparation à l'ISO

# Sommaire

1. Synthèse des normes utiles pour la dosimétrie individuelle pour les neutrons
  - a. Les champs de neutrons de référence
  - b. La caractérisation des systèmes dosimétriques
2. Exposition des travailleurs aux neutrons
  - a. bilan du suivi dosimétrique individuel
  - b. La variété des spectres énergétiques
3. La norme 21909 pour la dosimétrie passive
  - a. La version actuelle
  - b. La version en préparation à l'ISO

## 1.a Les champs neutrons de référence

### ISO 29661:2012, Champs de rayonnement de référence pour la radioprotection – Définitions et concepts fondamentaux

### ISO 8529, Champs neutroniques de référence

ISO 8529-1:2001, Part 1: Caractéristiques et méthodes de production

=>“*Les champs de référence*”

ISO 8529-2:2000, Part 2: Concepts d'étalonnage des dispositifs de radioprotection en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ de rayonnement

=>*description des grandeurs fondamentales ayant trait aux grandeurs physiques caractérisant le rayonnement et des procédures d'étalonnage en termes généraux*

ISO 8529-3:1998, Part 3: Etalonnage des dosimètres (ou d'ambiance) de zone et individuels et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence des neutrons

=>*procédures d'étalonnage en utilisant les grandeurs opérationnelles définies par l'ICRU*

### ISO 12789, Caractéristiques et méthodes de production de champs de neutrons simulant ceux de postes de travail

ISO 12789-1:2008, Part 1: Caractéristiques et méthodes de production

=>*exigences, caractérisation numérique et spectrométriques, incertitudes...*

ISO 12789-2:2008, Part 2: Concepts d'étalonnage en relation avec les grandeurs fondamentales

=>*méthodes de détermination des grandeurs opérationnelles*

## 1.a Les champs neutrons de référence

# Quelles champs neutroniques disponibles ?

### Sources neutron :

- Bare  $^{252}\text{Cf}$ ,  $\text{D}_2\text{O}$  moderated  $^{252}\text{Cf}$ ,  $^{241}\text{Am-Be}(n,\alpha)$   
=> **les plus facilement disponibles**

### Champs de neutrons mono-énergétiques:

- 2 keV; 24 keV; 144 keV; 250 keV; 565 keV; 1.2 MeV ; 2.5 MeV; 2.8 MeV ; 5 MeV, 14.8 MeV, 19 MeV  
=> Moins facilement disponibles mais important pour la caractérisation en énergie des dosimètres

### Spectre thermique ( $E < 0,51$ eV)

=> Les doses thermiques sont habituellement basses mais ces champs sont importants pour la caractérisation des dosimètres dont certains sont très sensibles au neutrons thermiques

### Champs réalistes :

=> Peu d'installations à ce jours et pas considérées par les normes de caractérisation des systèmes dosimétriques.

## 1.a Les champs neutrons de référence

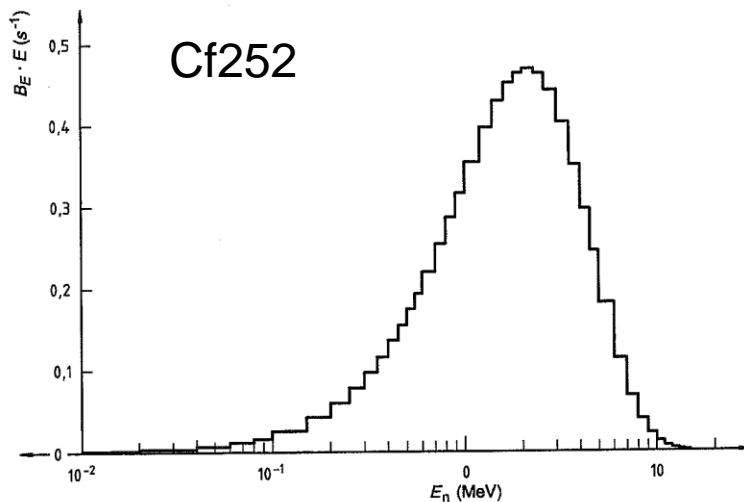


Figure A.2 — Spectre de neutrons d'une source de fission spontanée de  $^{252}\text{Cf}$

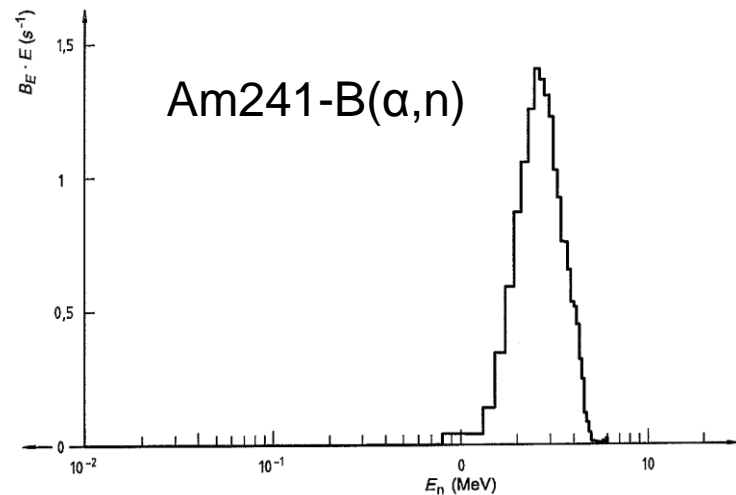


Figure A.3 — Spectre de neutrons d'une source  $^{241}\text{AmB}(\alpha,n)$

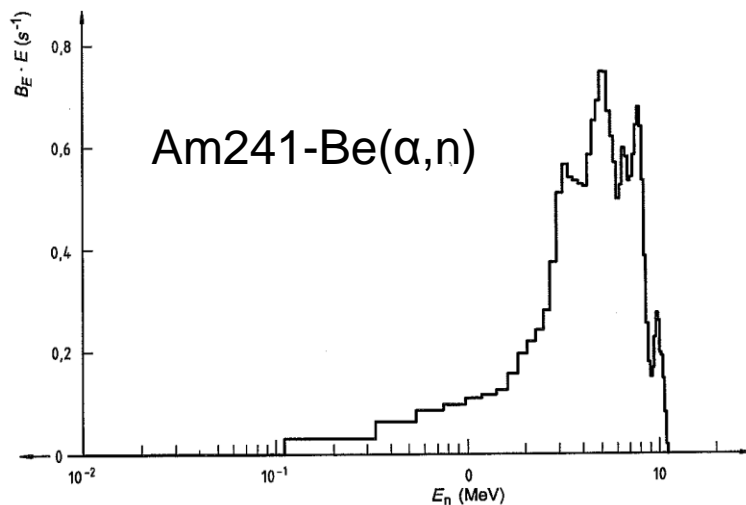


Figure A.4 — Spectre de neutrons d'une source  $^{241}\text{Am-Be}(\alpha,n)$

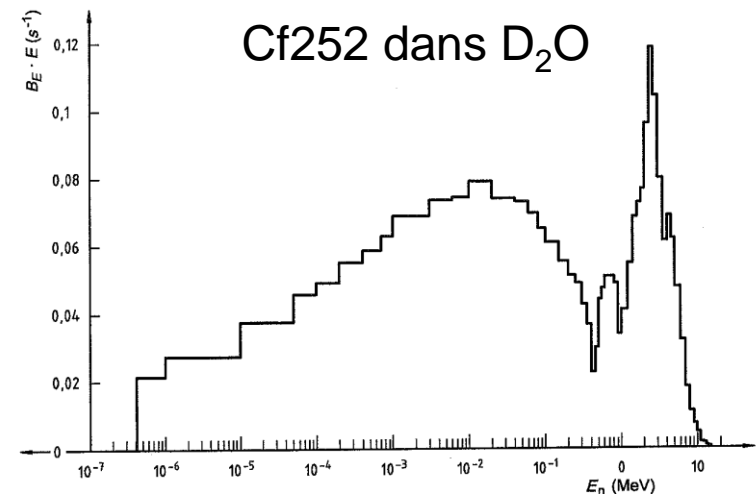


Figure A.1 — Spectre de neutrons à l'extérieur d'une sphère de  $\text{D}_2\text{O}$  de 150 mm de rayon contenant au centre une source de fission spontanée de  $^{252}\text{Cf}$

## 1.a Les champs neutrons de référence

# Quelles champs neutroniques disponibles ?

### Sources neutron :

- Bare  $^{252}\text{Cf}$ ,  $\text{D}_2\text{O}$  moderated  $^{252}\text{Cf}$ ,  $^{241}\text{Am-Be}(n,\alpha)$
- => les plus facilement disponibles

### Champs de neutrons mono-énergétiques:

- 2 keV; 24 keV; 144 keV; 250 keV; 565 keV; 1.2 MeV ; 2.5 MeV; 2.8 MeV ; 5 MeV, 14.8 MeV, 19 MeV
- => Moins facilement disponibles mais important pour la **caractérisation en énergie des dosimètres**

### Spectre thermique ( $E < 0,51$ eV)

=> Les doses thermiques sont habituellement basses mais ces champs sont **importants pour la caractérisation des dosimètres** dont certains sont très sensibles au neutrons thermiques

### Champs réalistes :

=> Peu d'installations à ce jours et pas considérées par les normes de caractérisation des systèmes dosimétriques.

**1.a Les champs neutrons de référence**

**Tableau 2 — Rayonnements neutroniques pour la détermination de la réponse de dispositifs de mesure des neutrons en fonction de l'énergie des neutrons**

Énergie des neutrons MeV	Méthode de production	Référence (voir bibliographie)
$2,5 \times 10^{-8}$ (thermique) <sup>a</sup>	Neutrons produits par réacteurs modérés ou accélérateurs	[10]; [8]
0,002	Faisceau de neutrons de réacteurs filtrés par du scandium ou neutrons produits par accélérateurs à partir de la réaction $^{45}\text{Sc}(p,n) ^{45}\text{Ti}$	[9]; [10]
0,024	Faisceau de neutrons de réacteurs filtrés par du fer/aluminium ou neutrons produits par accélérateurs à partir de la réaction $^{45}\text{Sc}(p,n) ^{45}\text{Ti}$	[9]; [10]; [11]
0,144 <sup>a</sup>	Faisceau de neutrons de réacteurs filtrés par du silicium ou neutrons produits par accélérateurs à partir des réactions $\text{T}(p,n) ^3\text{He}$ et $^7\text{Li}(p,n) ^7\text{Be}$	[9]; [12]; [13]; [14]
0,25 <sup>a</sup>	Neutrons produits par accélérateurs à partir des réactions $\text{T}(p,n) ^3\text{He}$ et $^7\text{Li}(p,n) ^7\text{Be}$	}
0,565 <sup>a</sup>	Neutrons produits par accélérateurs à partir des réactions $\text{T}(p,n) ^3\text{He}$ et $^7\text{Li}(p,n) ^7\text{Be}$	
1,2	Neutrons produits par accélérateurs à partir de la réaction $\text{T}(p,n) ^3\text{He}$	
2,5 <sup>a</sup>	Neutrons produits par accélérateurs à partir de la réaction $\text{T}(p,n) ^3\text{He}$	
2,8 <sup>a,b</sup>	Neutrons produits par accélérateurs à partir de la réaction $\text{D}(d,n) ^3\text{He}$	
5,0	Neutrons produits par accélérateurs à partir de la réaction $\text{D}(d,n) ^3\text{He}$	
14,8 <sup>a,b</sup>	Neutrons produits par accélérateurs à partir de la réaction $\text{T}(d,n) ^4\text{He}$	[12]; [13]; [14]
19,0	Neutrons produits par accélérateurs à partir de la réaction $\text{T}(d,n) ^4\text{He}$	
<sup>a</sup> Énergies auxquelles sont effectuées les intercomparaisons internationales de mesures de fluence neutronique [15].		
<sup>b</sup> Neutrons produits par accélérateurs avec une énergie de deutéron de quelques centaines de keV.		



## 1.a Les champs neutrons de référence

# Quelles champs neutroniques disponibles ?

### Sources neutron :

- Bare  $^{252}\text{Cf}$ ,  $\text{D}_2\text{O}$  moderated  $^{252}\text{Cf}$ ,  $^{241}\text{Am-Be}(n,\alpha)$   
=> les plus facilement disponibles

### Champs de neutrons mono-énergétiques:

- 2 keV; 24 keV; 144 keV; 250 keV; 565 keV; 1.2 MeV ; 2.5 MeV; 2.8 MeV ; 5 MeV, 14.8 MeV, 19 MeV  
=> Moins facilement disponibles mais important pour la caractérisation en énergie des dosimètres

### Spectre thermique ( $E < 0,51$ eV)

=> Les doses thermiques sont habituellement basses mais ces champs sont **importants pour la caractérisation des dosimètres** dont certains sont très sensibles au neutrons thermiques

### Champs réalistes :

=> Peu d'installations à ce jours et pas considérées par les normes de caractérisation des systèmes dosimétriques.

# Sommaire

1. Synthèse des normes utiles pour la dosimétrie individuelle pour les neutrons
  - a. Les champs de neutrons de référence
  - b. La caractérisation des systèmes dosimétriques
  
2. Exposition des travailleurs aux neutrons
  - a. bilan du suivi dosimétrique individuel
  - b. La variété des spectres énergétiques
  
3. La norme 21909 pour la dosimétrie passive
  - a. La version actuelle
  - b. La version en préparation à l'ISO

## 1.b La caractérisation des systèmes dosimétriques

### Dosimétrie individuel opérationnelle :

**CEI 61526 ed 3 : 2010, Instrumentation pour la radioprotection - Mesure des équivalents de dose individuels Hp(10) et Hp(0,07) pour les rayonnements X, gamma, neutron et bêta -Appareils de mesure à lecture directe et moniteurs de l'équivalent de dose individuel**

**=>Cette norme précise les exigences pour les dosimètres électroniques**

**=>Elle spécifie :**

**les caractéristiques générales des dosimètres,**

**les procédures générales d'essai,**

**les caractéristiques sous rayonnement,**

**les caractéristiques électriques, mécaniques, de sécurité et environnementales...**



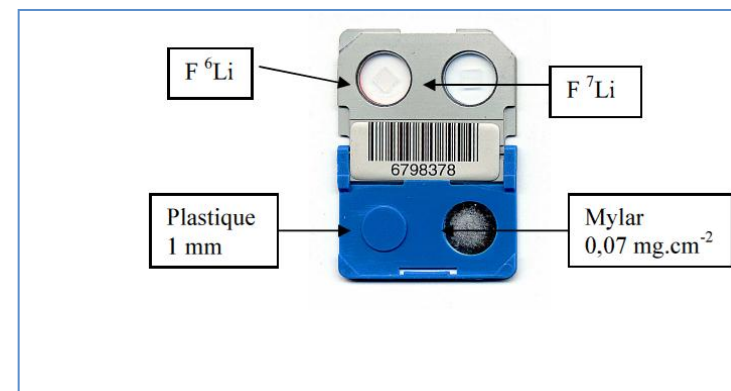
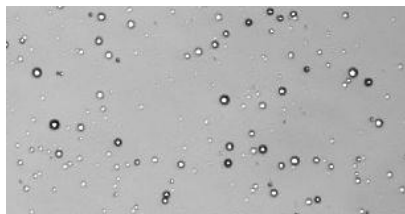
## 1.b La caractérisation des systèmes dosimétriques

### Dosimétrie individuelle passive :

ISO 21909 : 2005, Protection contre les rayonnements ionisants - Dosimètres passifs pour les neutrons - Exigences de fonctionnement et d'essais (et Corrigenda : 2007)

=> Cette norme précise les exigences de fonctionnement pour les dosimètres individuel passifs de 5 types différents

=> Pour chaque type de dosimètre elle spécifie :  
les procédures générales d'essai,  
les caractéristiques sous rayonnement,



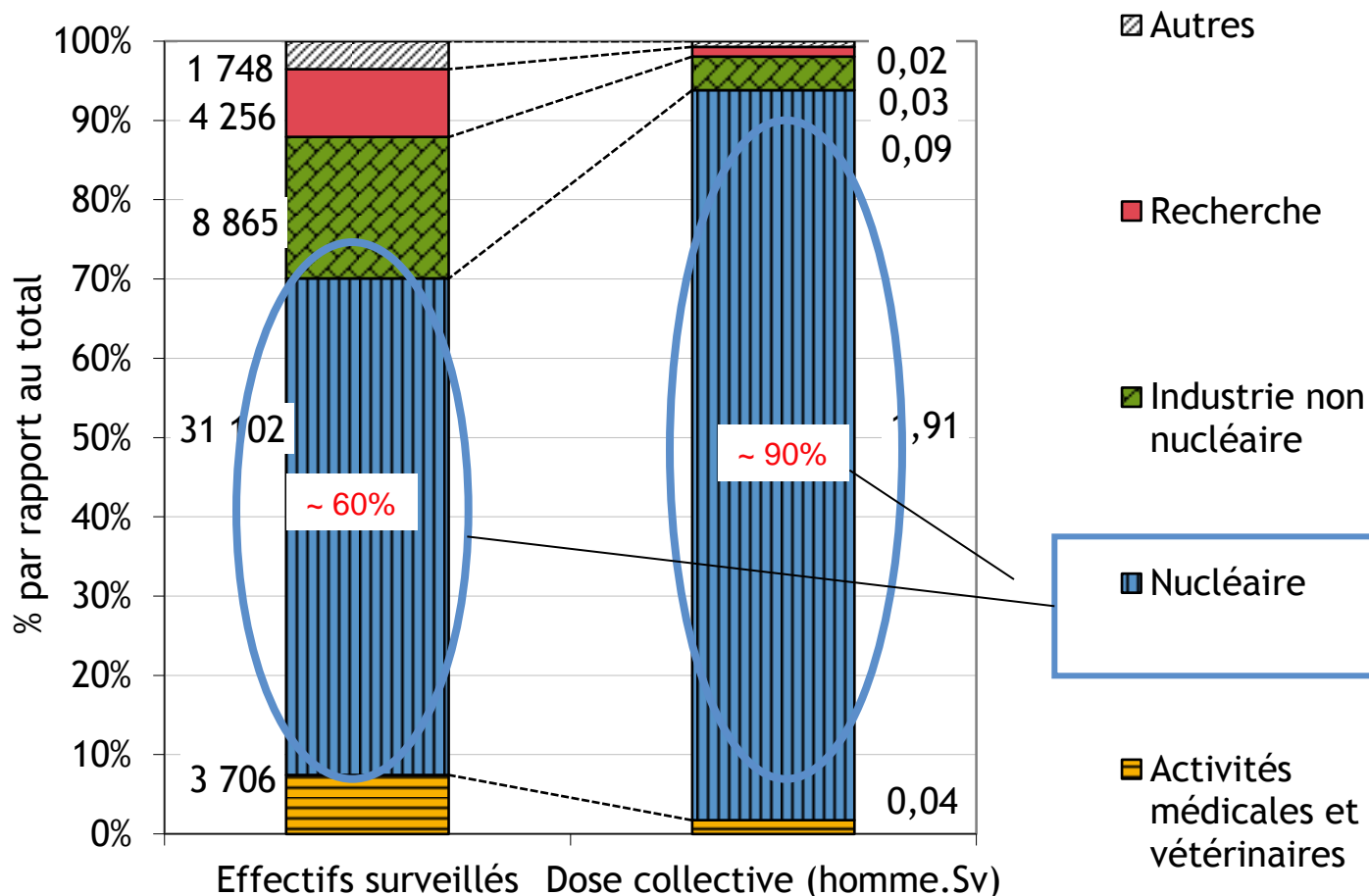
# Sommaire

1. Synthèse des normes utiles pour la dosimétrie individuelle pour les neutrons
  - a. Les champs de neutrons de référence
  - b. La caractérisation des systèmes dosimétriques
2. Exposition des travailleurs aux neutrons
  - a. bilan du suivi dosimétrique individuel
  - b. La variété des spectres énergétiques
3. La norme 21909 pour la dosimétrie passive
  - a. La version actuelle
  - b. La version en préparation à l'ISO

2.a Bilan du suivi dosimétrique individuel

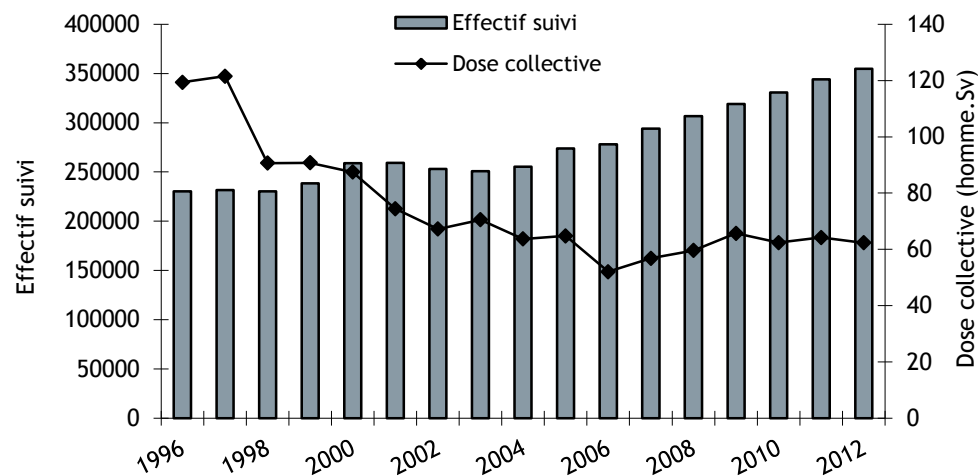
Travailleurs faisant l'objet d'un suivi dosimétrique neutron: 43228 en 2011 et 49677 en 2012

~ 90% de la dose collective neutron dans le domaine nucléaire



## 2.a Bilan du suivi dosimétrique individuel

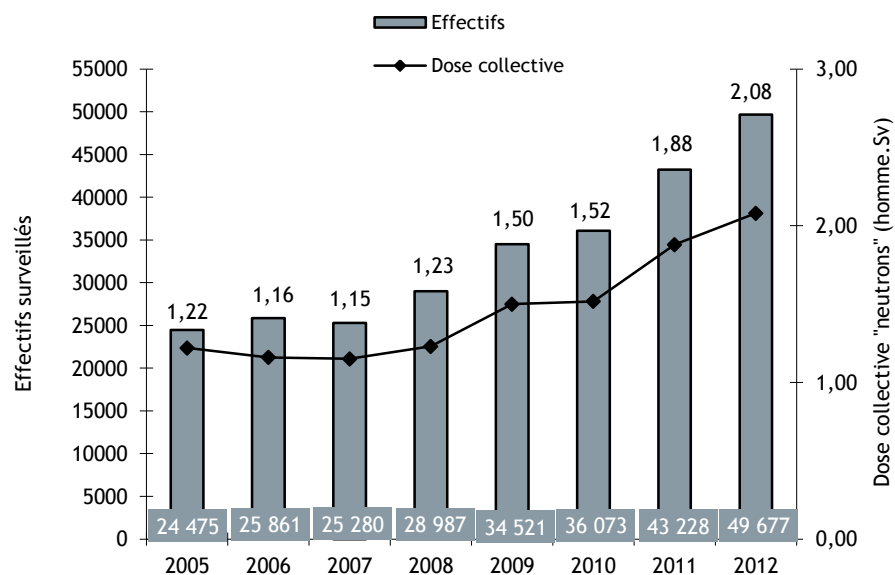
### Evolution des effectifs surveillés et de la dose collective totale, de 1996 à 2012



### Contribution des neutrons :

14% des travailleurs suivis en France mais seulement 3% de la dose collective

### Evolution des effectifs surveillés et de la dose collective pour l'exposition aux neutrons, de 2005 à 2012



## 2.a Bilan du suivi dosimétrique individuel

Evolution 2008-2012 (exposition aux neutrons)

	Effectif suivi	Effectif exposé	Dose collective homme.Sv	Dose moyenne (effectif total) mSv	Dose moyenne (effectif exposé) mSv
2008	28 987	1555	1,23	0,042	0,791
2009	34 521	1754	1,50	0,043	0,855
2010	36 073	1921	1,52	0,042	0,791
2011	43 228	4799	1,88	0,043	0,392
2012	49 677	2024	2,08	0,042	1,028

Dose neutron **moyenne annuelle** des personnes exposées de l'ordre de **1 mSv**.

⇒ **Les doses non nulles enregistrées mensuellement sont en général proches du seuil d'enregistrement de 100  $\mu$ Sv.**

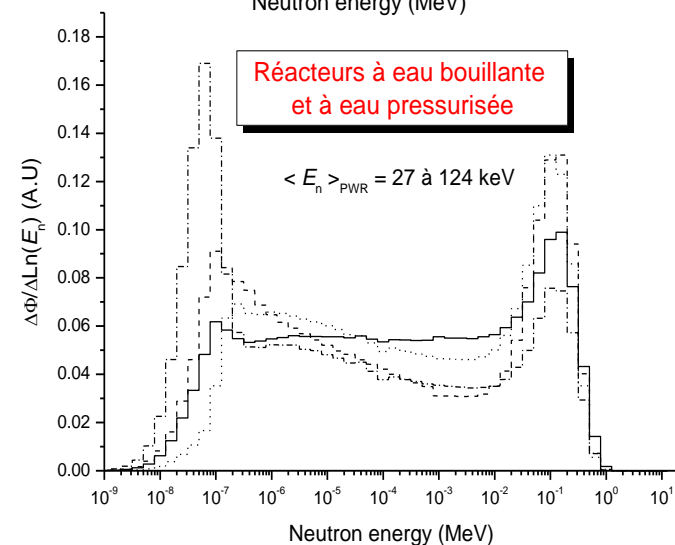
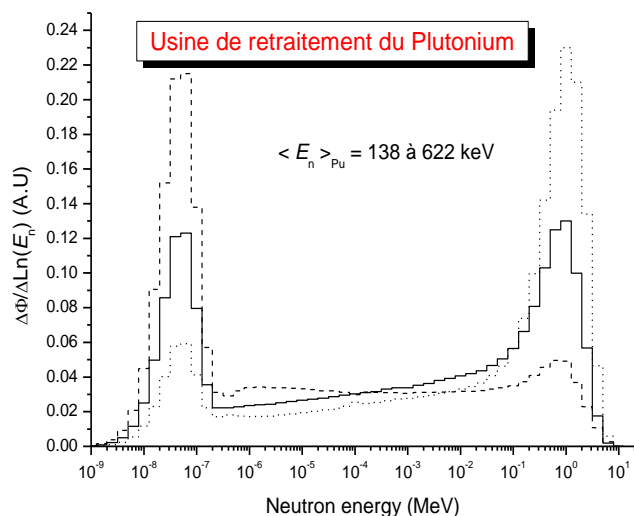
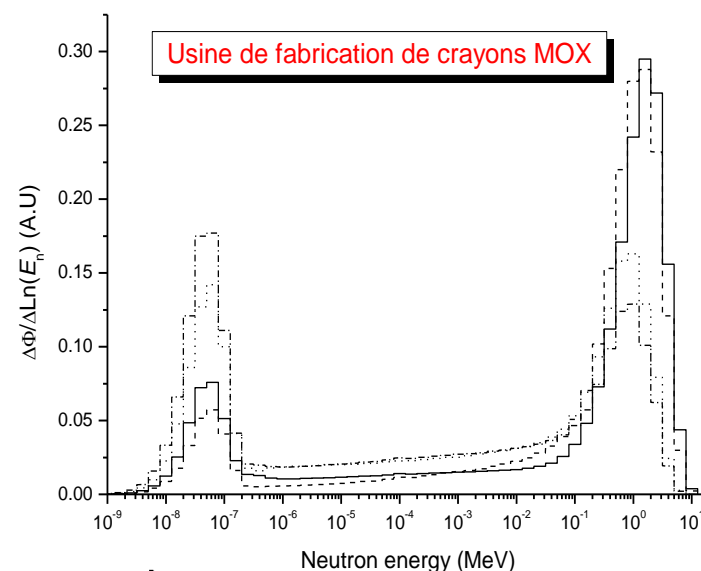
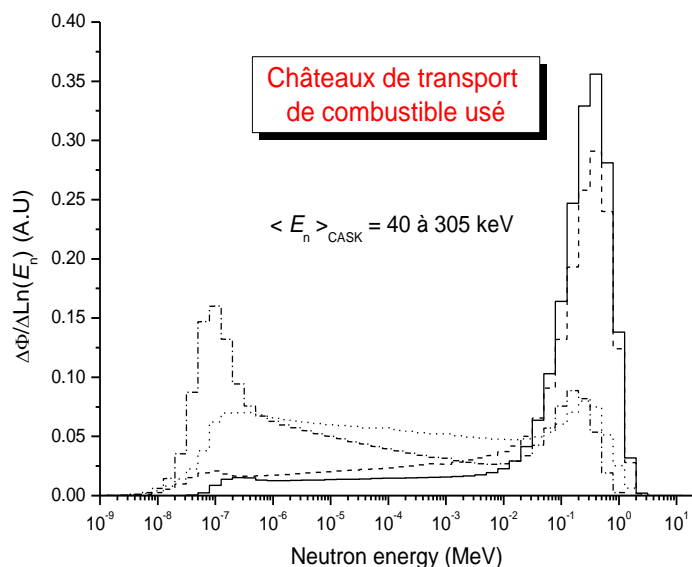


# Sommaire

1. Synthèse des normes utiles pour la dosimétrie individuelle pour les neutrons
  - a. Les champs de neutrons de référence
  - b. La caractérisation des systèmes dosimétriques
  
2. Exposition des travailleurs aux neutrons
  - a. bilan du suivi dosimétrique individuel
  - b. La variété des spectres énergétiques
  
3. La norme 21909 pour la dosimétrie passive
  - a. La version actuelle
  - b. La version en préparation à l'ISO

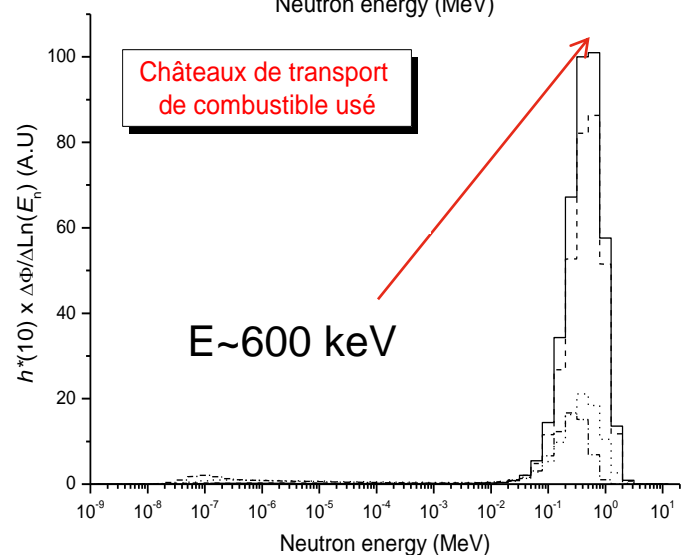
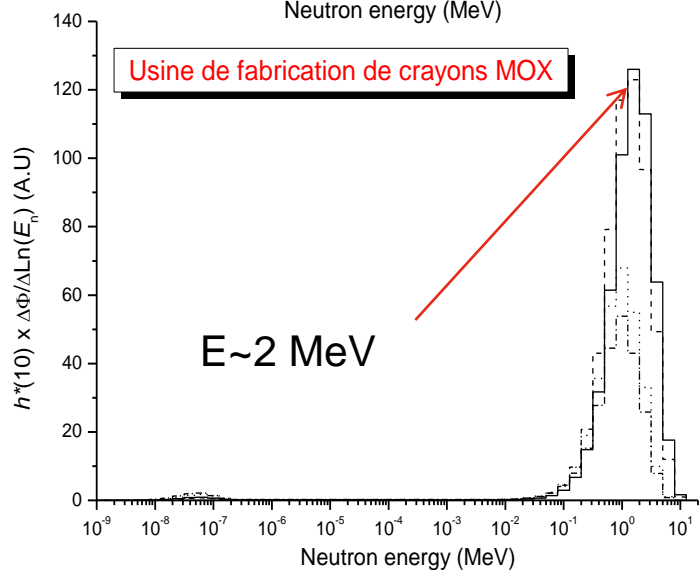
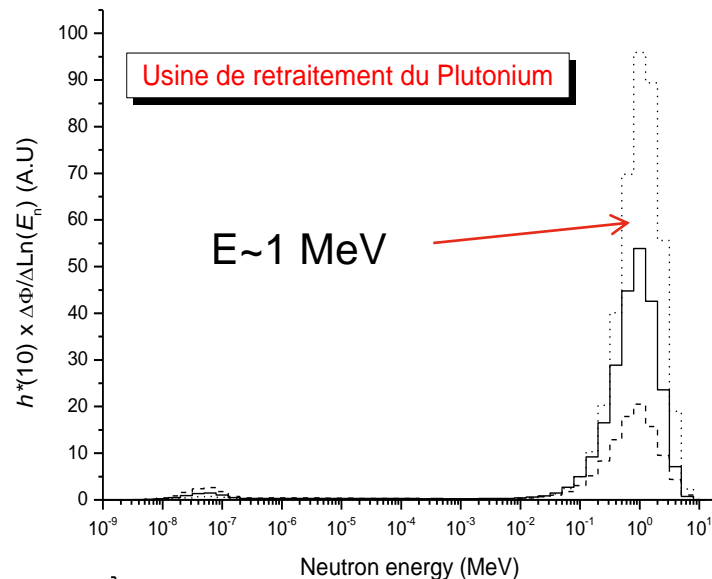
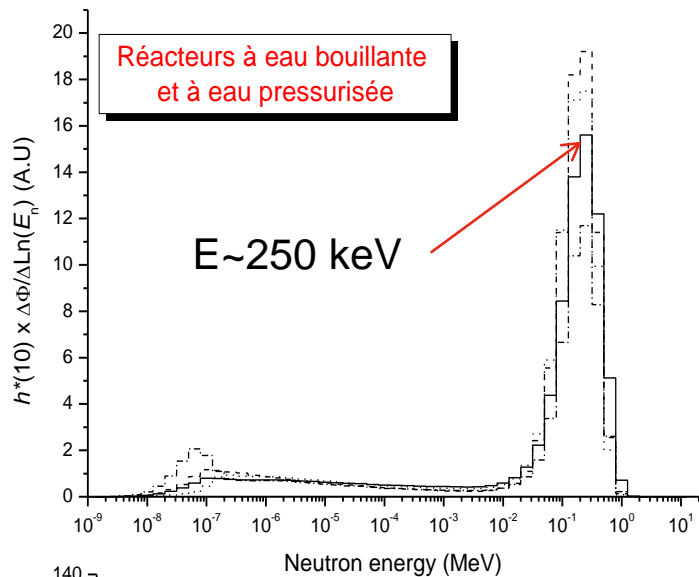
## 2.b La variété des spectres énergétiques

Spectres (**fluences**) aux postes de travail dans l'industrie nucléaire européenne  
(issus du projet EVIDOS "Evaluation of individual dosimetry in mixed neutron and photon radiation fields")



## 2.b La variété des spectres énergétiques

Spectres (doses) aux postes de travail dans l'industrie nucléaire européenne  
(issus du projet EVIDOS "Evaluation of individual dosimetry in mixed neutron and photon radiation fields")



# Sommaire

1. Synthèse des normes utiles pour la dosimétrie individuelle pour les neutrons
  - a. Les champs de neutrons de référence
  - b. La caractérisation des systèmes dosimétriques
2. Exposition des travailleurs aux neutrons
  - a. bilan du suivi dosimétrique individuel
  - b. La variété des spectres énergétiques
3. La norme 21909 pour la dosimétrie passive
  - a. La version actuelle
  - b. La version en préparation à l'ISO

**3.A La norme 21909 – version actuelle**

**ISO 21909 : 2005, Protection contre les rayonnements ionisants – Dosimètres passifs pour les neutrons – Exigences de fonctionnement et d'essais**

5 types de dosimètres sont pris en compte :

- Dosimètres à émulsions nucléaires (NTED)
- Dosimètres à détecteur solides de traces nucléaires (SSNTD)
- Dosimètres thermoluminescents à albédo (TLAD)
- Dosimètres à émulsions surchauffées (SDE)
- Dosimètres à détecteur à chambre d'ionisation avec stockage direct des ions (ICD)

⇒ Les caractéristiques de fonctionnement testées, les procédures d'essais associés et les critères ne sont **pas identiques pour tous les types**.

⇒ Les **exigences sont insuffisantes pour les mesures à faible dose (100 à 500  $\mu$ Sv)** sont faibles.

⇒ Les **exigences en terme tests en énergie sont peu contraignantes** (au plus, 4 énergies au choix à l'intérieur du domaine d'utilisation annoncée)

**3.a La norme 21909 – version actuelle**

**Exigences de fonctionnement**

	<b>émulsion nucléaire</b>	<b>DST</b>	<b>TLD albédo</b>	<b>Emulsion surchauffées (bulles)</b>	<b>chambre d'ionisation</b>
<b>Homogénéité du lot</b>	pour n dosimètres, max 30 % pour Hp(10) > 1 mSv.	pour n dosimètres, max 15 % pour Hp(10) > 1 mSv.	pour n dosimètres, max 20 %. (H apparent dû aux photons)	pour n dosimètres, max 25 % pour Hp(10) > 0,1 mSv.	pour n dosimètres, max 20 %. (H apparent dû aux photons)
<b>Linéarité (neutron)</b>	max de 20 % pour 0,5 mSv < Hp(10) < 20 mSv.	max de 10 % pour 1 mSv < Hp(10) < 10 mSv.	max de 10 % pour 1 mSv < Hp(10) < 100 mSv.	max de 25 % pour 0,1 mSv < Hp(10) < 1 mSv.	max de 10 % pour 1 mSv < Hp(10) < 100 mSv.
<b>Seuil de détection</b>	Hp(10) < 0,2 mSv.	Hp(10) < 0,3 mSv.	Le seuil de détection ne doit pas dépasser un <b>équivalent de dose apparent dû aux photons de 0,3 mSv.</b>	Hp(10) < 0,1 mSv.	Le seuil de détection ne doit pas dépasser un <b>équivalent de dose apparent dû aux photons de 0,3 mSv.</b>
<b>Dépendance de la réponse en fonction de l'énergie</b>	Max ± 50 % pour Hp(10) > 1 mSv.	Max ± 50 % pour Hp(10) > 1 mSv.	Sans objet (voir Annexe E.3)	Max 25 % en cas d'irradiation par des neutrons monoénergétiques (ISO 8529-1)	Max ± 50 % pour Hp(10) > 1 mSv.
<b>Dépendance de la réponse en fonction de l'angle d'incidence</b>	La moyenne arithmétique de la réponse d'un dosimètre aux angles d'incidence de 0°, 15°, 45° et 60° par rapport à la normale ne doit pas différer de plus de 30 % de la réponse correspondante à l'incidence normale.	La moyenne arithmétique de la réponse d'un dosimètre aux angles d'incidence de 0°, 15°, 45° et 60° par rapport à la normale ne doit pas différer de plus de 40 % de la réponse correspondante à l'incidence normale. Il convient que l'équivalent de dose individuel soit d'au moins 1 mSv.	La moyenne arithmétique de la réponse d'un dosimètre aux angles d'incidence de 0°, 15°, 45° et 60° par rapport à la normale ne doit pas différer de plus de 30 % de la réponse correspondante à l'incidence normale. Il convient que l'équivalent de dose individuel soit d'environ 1 mSv.	La moyenne arithmétique de la réponse d'un dosimètre aux angles d'incidence de 0°, 15°, 45° et 60° par rapport à la normale ne doit pas différer de plus de 30 % de la réponse correspondante à l'incidence normale. Il convient que l'équivalent de dose individuel soit tel qu'il se forme au minimum 100 bulles dans un détecteur.	La moyenne arithmétique de la réponse d'un dosimètre aux angles d'incidence de 0°, 15°, 45° et 60° par rapport à la normale ne doit pas différer de plus de 30 % de la réponse correspondante à l'incidence normale. Il convient que l'équivalent de dose individuel soit d'au moins 1 mSv.

# Sommaire

1. Synthèse des normes utiles pour la dosimétrie individuelle pour les neutrons
  - a. Les champs de neutrons de référence
  - b. La caractérisation des systèmes dosimétriques
2. Exposition des travailleurs aux neutrons
  - a. bilan du suivi dosimétrique individuel
  - b. La variété des spectres énergétiques
3. La norme 21909 pour la dosimétrie passive
  - a. La version actuelle
  - b. La version en préparation à l'ISO

**3.b La norme 21909 – version en préparation à l'ISO**

Révision de la norme 21909 au sein du **WG 19 « Individual monitoring for external radiations »** du SC2 (Radioprotection) de l'ISO

=> Projet proposé par la France fin 2011

=> Processus d'élaboration du nouveau document sur 3 ans :

- New Work Item Proposal (NWIP) accepté le 14 mai 2012
- Version “Comity Draft” (CD) acceptée le 18 mars 2013
- **Version “Draft International Standard” (DIS) en préparation pour mise au vote au premier trimestre 2014**
- Vote pour le “Final Draft International Standard (FDIS)” prévu au 1er trimestre 2015



### 3.b La norme 21909 – version en préparation à l'ISO

#### Objectifs de la révision de la norme 21909 :

- 1) Avoir des **exigences identiques quelque soit la technique dosimétrique** considérée
  
- 2) Définir des **tests de performance des dosimètres permettant de garantir qu'ils sont adaptés à la plus part des situations d'utilisation rencontrées aux postes de travail :**
  - Faire des tests de performance dans le domaine de dose proche du seuil d'enregistrement
  - Faire des test permettant de garantir l'adéquation du dosimètre quelque soit le spectre en énergie des postes de travail (tests obligatoires entre 100 keV environ et quelques MeV)

**=>Cela signifie tester les dosimètres dans les situations proches des utilisations habituelles qui sont souvent proches de leur limites :**

**Nécessaire pour assurer une dosimétrie individuelle pour les neutrons satisfaisante.**

**3.b La norme 21909 – version en préparation à l'ISO**

**Séries d'irradiation nécessaires pour effectuer les test de caractérisation des propriétés intrinsèques des systèmes dosimétriques**

Energy range	Thermal			fast											Fast	
	0°	60°	85° <sup>(1)</sup>	0°					30°			60°		0°		
Angle of incidence from normal	A	B	P	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Serie	A	B	P	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Dose (mSv)	Thermal spectra			144 keV	250 keV	565 keV	1.2 MeV	<sup>252</sup> Cf or <sup>241</sup> Am-Be with a 144 keV or 250 keV field (in dose H <sub>p</sub> (10) proportion of 50%)	<sup>252</sup> Cf or <sup>241</sup> Am-Be with a thermal field (in dose H <sub>p</sub> (10) proportion of 50%)	Moderate <sup>252</sup> Cf	<sup>252</sup> Cf or <sup>241</sup> Am-Be (or any energy between 2 and 10 MeV for linearity)	144 keV	250 keV	<sup>252</sup> Cf or <sup>241</sup> Am-Be (or any energy between 2 and 10 MeV for linearity)	<sup>252</sup> Cf or <sup>241</sup> Am-Be (or any energy between 2 and 10 MeV for linearity)	14.8 MeV
H <sub>min</sub>	E L				E					E	E L			A		
H <sub>min</sub> + 0.1 mSv	E L	A		E	E	E	E	E	E	E	E L	A	A	A	A	E
0.5	E L <sup>(2)</sup>	A <sup>(2)</sup>									L					
0.8 mSv < H <sub>HD</sub> < 2 mSv	E L <sup>(2)</sup>	A <sup>(2)</sup>	A <sup>(3)</sup>	E	E	E	E	E	E	E	E L	A	A	A	A	E
2	L <sup>(2)</sup>										L					
5											L					
10											L					
20											L					

**3.b La norme 21909 – version en préparation à l'ISO**

**Requirements for the dosimetric performances of the dosimetry systems**

No.	Characteristic under test	Personal dose equivalent (mSv)	Number of dosimeters	Performance requirement for $R_{s,j}/R_s$		Performance requirement for the standard deviation	Types of dosimetry systems and components		
				$r_{min}$	$r_{max}$			$r$	
1.1	Coefficient of variation and linearity	$H_s^0$							
		0.1	12			±40%	All		
		0.2 to 0.4	12			±35%			
		0.5	6	-20%	+25%	±25%			
		0.8	6			±20%			
≥ 1	6			±15%					
1.2	Energy and angle dependence of response	Personal dose equivalent (mSv)	Performance requirement at 0°		Performance requirement at 30°		Performance requirement at 60°		All
			$r_{min}$	$r_{max}$	$r_{min}$	$r_{max}$	$r_{min}$	$r_{max}$	
		0.1	-60%	+150%	-70%	+230%	-80%	+300%	
		0.2	-55%	+120%	-60%	+150%	-70%	+230%	
		0.3 ; 0.4	-50%	+100%	-55%	+120%	-65%	+190%	
≥ 0.5	-40%	+70%	-50%	+100%	-60%	+150%			

**3.b La norme 21909 – version en préparation à l'ISO**

**Performance requirements testing the evolution of the dosimetry systems in function of internal or external conditions**

No.	Performance characteristics	Performance requirements	Types of dosimetry systems and components
8.1	<b>Fading (stability of the latent image)</b>	The response of dosimetry systems irradiated at the beginning of a storage period shall not change by more than -20% +25% for a storage period under standard test conditions corresponding to the maximal period of storage irradiation and read-out in the laboratory. $D_{max}^{fading}$	All
8.2	<b>Ageing</b>	The response of dosimetry systems irradiated at the end of a storage period shall not vary by more than -20% +25% for a storage period under standard test conditions. $D_{max}^{ageing}$	All but the definition of $D_{max}^{ageing}$ before irradiation storage depends if the dosimeters are disposable or reusable
8.3	<b>Effect of storage for non-exposed dosimeters</b>	A maximum of 10 % of non-irradiated dosimeters presents a measured dose equivalent higher than $H_{min}$ . Moreover, no dosimeter must present a measured dose equivalent higher than $H_{min} + 0.1$ mSv.	All
8.4	<b>Exposure to radiation other than neutrons: photon radiation</b>	The measured dose equivalent shall not change by more than the value of $H_{min}$ for dosimetry systems exposed to 10 mSv with a $^{137}Cs$ source compared to the measured dose equivalent for dosimetry systems which are non-irradiated and stored in standard test conditions.	All
		The measured dose equivalent shall not change by more than the value of 0.1 mSv for dosimetry systems exposed to $^{137}Cs$ photons and to an 241Am-Be or 252Cf neutron source compared to the measured dose equivalent for dosimetry systems expose to an 241Am-Be or 252Cf neutron source, in the different configurations in term of n/g ratio: n/g = 0.3, 1 and 3.	Photon sensitive dosimetry systems
	<b>Exposure to radiation other than neutrons: radon</b>	The measured dose equivalent shall not change by more than than 0.5 mSv for dosimetry systems exposed to 3 MBq·h/m <sup>3</sup> of radon at 50 % equilibrium with daughters (F = 0.5), compared to the measured dose equivalent of dosimeters stored in standard test conditions.	All

**3.b La norme 21909 – version en préparation à l'ISO**

**En pratique, 2 situations de dosimétrie individuel pour les neutrons possibles :**

**1) Les dosimètres neutron sont fournis aux travailleurs **sans étude approfondie des conditions d'irradiation aux postes de travail** où ils sont utilisés.**

**2) Une étude des conditions d'exposition aux postes de travail (détermination des spectres de neutron, hétérogénéité, directionnalité de l'exposition...) poussée est réalisée.**

Dans le **cas 1**, la nouvelle norme vise à apporter les garanties pour que le système dosimétrique utilisé soit **satisfaisant quelques soient les caractéristiques des champs de neutrons**.

Dans le **cas 2**, la norme laisse la possibilité d'utiliser des systèmes dosimétriques qui ne peuvent être adaptés au cas 1 du fait d'une variabilité importante de leur réponse en fonction de l'énergie. Dans ce cas des **exigences sur l'adaptation des dosimètres pour les postes de travail** où ils sont utilisés sont demandées.

Elles impliquent des caractérisations des postes de travail et éventuellement la mise en place de "corrections" du système de dosimétrie individuelle pour ces postes de travail.

=> Un deuxième volet de la norme 21909 (part 2) est prévu pour donner des recommandations sur la façon de faire des études des champs de neutrons au postes de travail et de déterminer d'éventuelles corrections.

**MERCI POUR VOTRE ATTENTION !**