



IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Facteurs de protection de l'habitat

Jérémy BEZ & Alain THOMASSIN

IRSN/PRP-HOM/SER

Congrès SFRP

Reims - juin 2015



SOMMAIRE

- Problématique
- Connaissances ?
- Méthodologie
- Discussion
- Perspectives

Problématique

➤ Réalisme ?

- Une mission de l'IRSN : « Évaluer l'exposition du public aux rejets chroniques ou accidentels de radionucléides. »
- Public : considéré à l'extérieur
- Or, budget temps réel essentiellement à l'intérieur
- Directive EURATOM 2013/59 : « [...] cette évaluation doit être menée de manière réaliste [...] »

- Quelle est la protection apportée par les bâtiments ?

Problématique

➤ Définition du facteur de protection

■ Voies d'atteinte influencées par la protection des bâtiments:

- ~~▪ Ingestion~~
- Transcutanée
- Inhalation
- Irradiation :
 - Panache
 - Dépôts

Problématique

➤ Définition du facteur de protection

$$F_p = \frac{DED_{avec\ bâtiment}}{DED_{sans\ bâtiment}}$$

- $F_p \approx 1$ ➔ protection peu efficace
- $F_p \approx 0$ ➔ protection très efficace

- un facteur de protection pour le panache
- un facteur de protection pour le dépôt

Connaissances ?

Connaissances ?

➤ Littérature

■ Peu : 3 études

	Le Grand, 1986	Mück, 1996	Salimas, 2006
Type	Calcul	Mesures	Calcul
Énergie ou radionucléide	500 keV 4 MeV	¹³⁷ Cs (Tchernobyl)	300 keV 662 keV 3 MeV
Bâtiments considérés	3 types de bâtiment français	9 types de bâtiment viennois	3 types de maison brésilienne
Intervalle de F _p	0,07 - 0,72	0,004 - 0,11	0,17 - 0,58

Connaissances ?

➤ Littérature

■ Federal Guidance 12, 1993

- Synthèse de différents travaux
- Recommande :
 - F_p entre 0,01 et 0,7 pour des maisons individuelles pour l'exposition externe au panache
 - $F_p = \underline{0,005}$ pour le rez-de-chaussée d'immeuble et pour l'exposition externe au dépôt

Connaissances ?

➤ Bilan

- Données limitées à quelques énergies ou radionucléides
- Données pour certains habitats (pour la plupart : non transposables aux habitations françaises)
- Grand intervalle de valeurs

➔ Calculs de F_p par l'IRSN pour l'habitat français

Méthodologie

Méthodologie

- Calculs avec MCNPX
- Habitat français
- Deux voies d'atteinte :
 - Dépôts
 - Panache
- ~ 800 radionucléides
- γ

Méthodologie

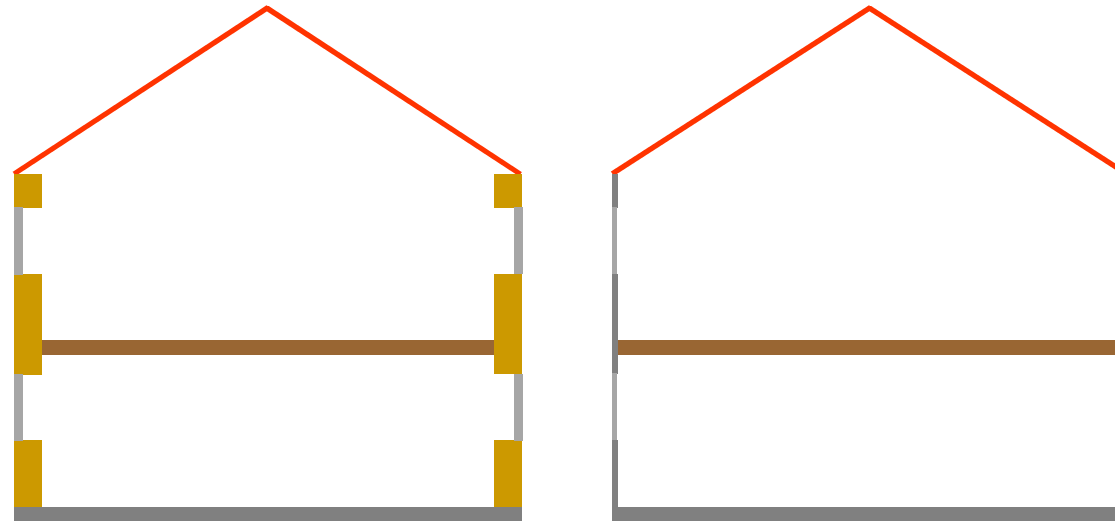
➤ Typologie de l'habitat

- Pas d'habitat unique régional

- La littérature sur ce sujet a permis de faire ressortir 4 grands types d'habitation :
 - individuel :
 - ancien
 - récent
 - collectif :
 - ancien
 - récent

Méthodologie

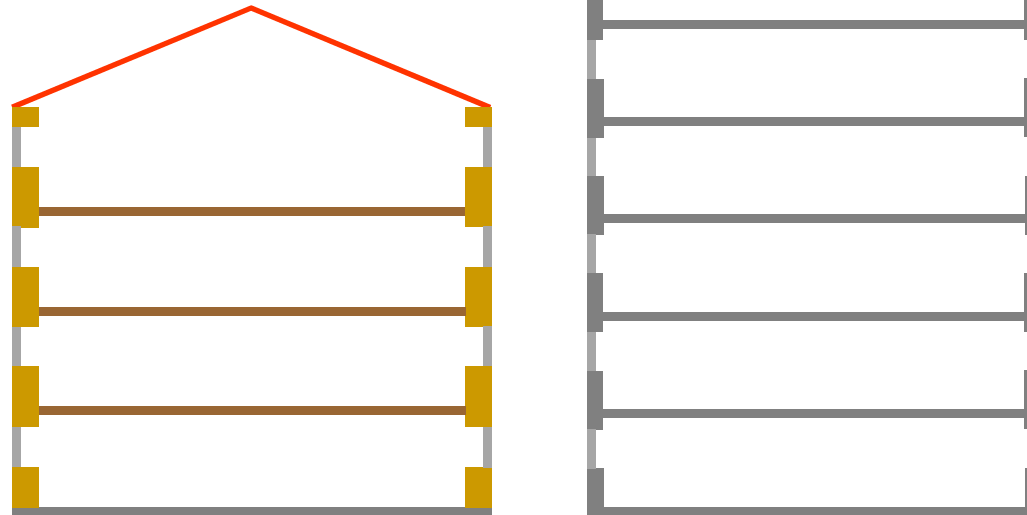
➤ Typologie de l'habitat



		Individuel ancien	Individuel récent
Murs	Épaisseur	40 cm	5 cm
	Matériaux	pierre	béton

Méthodologie

➔ Typologie de l'habitat

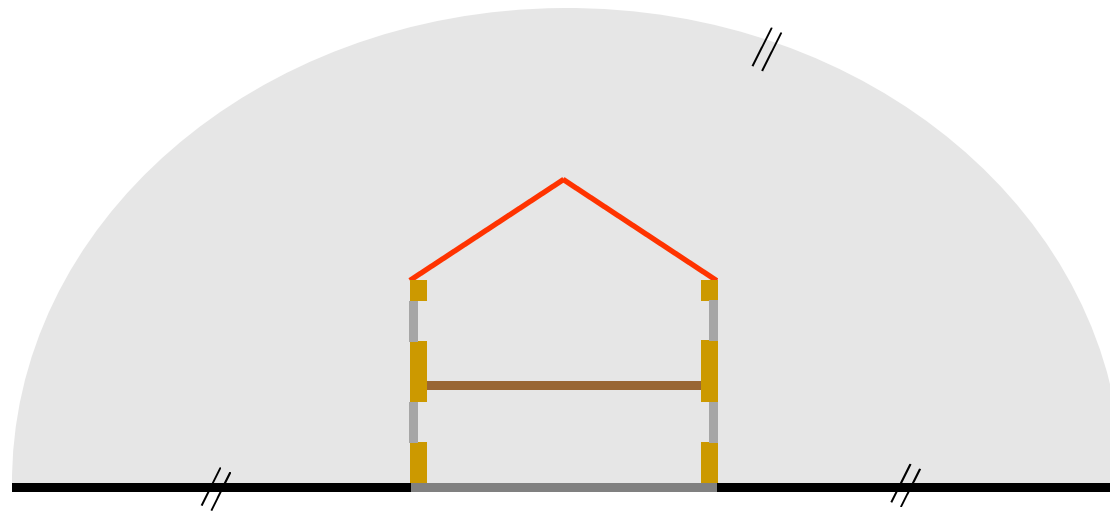


		Collectif ancien	Collectif récent
Murs	Épaisseur	40 cm	20 cm
	Matériaux	pierre	béton
Toits	Épaisseur	3 cm	20 cm
	Matériaux	tuiles	béton

Méthodologie

➤ Modélisation

■ Habitation dans un hémisphère d'air de 700 m de rayon



■ Sols de 20 cm d'épaisseur

Méthodologie

➔ Modélisation

■ But : calculer un $DED_{\text{intérieur}}$ représentatif par bâtiment

■ Problème : asymétrie du bâtiment



■ Solution :

- plusieurs détecteurs par étage
- moyenne sur tous les étages

Méthodologie

➤ Modélisation

■ Émissions γ de la CIPR107 ($E > 10$ keV)

■ Sources d'exposition :

- Panache :
 - Air extérieur
 - Air intérieur
- Dépôts :
 - Sol extérieur
 - Sol intérieur
 - Toit

■ ➔ 1 radionucléide = 22 calculs
(5 sources * 4 habitations + 2 calculs sans habitation)

Discussion

Discussion

➤ Préambule

- Possibilité de distinguer 2 cas de figure suivant le confinement considéré :

	Confinement total	Confinement nul
Panache	air extérieur	air extérieur + air intérieur
Dépôt	dépôt extérieur + toit	dépôt extérieur + toit + dépôt intérieur

Discussion

➤ Voie d'atteinte

■ Ba-137m, sans confinement

type d'habitat	voies d'atteinte	Valeur
individuel ancien	Panache	0,26
	Dépôts	0,50
collectif ancien	Panache	0,18
	Dépôts	0,68
collectif récent	Panache	0,07
	Dépôts	0,58

- Sans confinement, la protection apportée par l'habitat est plus, voire beaucoup plus efficace vis-à-vis du panache que du dépôt, quel que soit le radionucléide.

Discussion

➤ Confinement

■ Ba-137m

type d'habitat	voies d'atteinte	confinement	Valeur
individuel ancien	Panache	sans	0,26
		avec	0,24
	Dépôts	sans	0,50
		avec	0,11

■ Confinement peu influent sur le facteur de protection panache

■ Confinement influent sur le facteur de protection dépôt

Discussion

➤ Habitation

■ Ba-137m, sans confinement

type d'habitat	voies d'atteinte	Valeur
individuel ancien	Panache	0,26
individuel récent		0,44
collectif ancien		0,18
collectif récent		0,07

■ L'habitat individuel ancien est plus protecteur que le récent (murs moins épais)

■ *A contrario*, le collectif récent est plus protecteur que l'ancien :

- augmentation du nombre d'étages,
- augmentation de l'épaisseur du toit.

■ Quelles que soient la voie d'exposition et la mise en œuvre du confinement

Perspectives

Perspectives

➤ Bilan actuel

- Nos valeurs de F_p s'échelonnent de 0,01 à 0,93 pour tous les radionucléides calculés à ce jour

Perspectives

➤ Poursuite de l'étude

■ Actuellement :

- calcul par radionucléide,
- trop consommateur :
 - en ressources
 - en temps (≥ 3 semaines/radionucléide)

■ Court terme : calcul par énergie puis post-traitement par radionucléide à l'étude

■ Moyen terme :

- traitement des neutrons
- traitement des β

Perspectives

➤ L'usage des F_p : doctrine à construire

■ L'usage des F_p dépend :

- de la disponibilité d'informations sur l'habitation
- de la prise en compte du confinement
- du caractère prudent de l'évaluation à réaliser

Merci de votre
attention

Explications

➤ Influence du confinement

- Les deux sources internes (dépôts et panache) contribuent, la différence se fait sur les sources externes,
- La probabilité de rétrodiffusion d'une particule du panache et d'atteinte du détecteur est non nulle.
- La probabilité de rétrodiffusion d'une particule de dépôts et d'atteinte du détecteur est quasi nulle : environ la moitié des dépôts ne contribue pas au score
- À chemins identiques, une particule des dépôts a un événement de plus qu'une particule du panache. Elle a donc perdu plus d'énergie

[suite](#)

Méthodologie

➤ Typologie de l'habitat

Type		Ancien Individuel	Récent Individuel	Ancien collectif	Récent collectif
Etages	Nombre	1	1	3	5
	Épaisseur du plancher (cm)	20	20	20	20
	Matériaux du plancher	Bois + plâtre	Bois + plâtre	Bois + plâtre	Béton
Murs	Lxlh (m ³)	10x8x5	10x8x5	25x15x12	25x15x18
	Épaisseur (cm)	40	5	40	20
	Matériaux	Pierre	Parpaing (équivalent béton)	Pierre	Béton
Toit	Hauteur (m)	2,5	2,5	2,5	Terrasse
	Épaisseur (cm)	3	3	3	20
	Matériaux	Tuiles	Tuiles	Tuiles	Béton
Dalle au sol	Épaisseur (cm)	20	20	20	20
	Matériaux	Béton	Béton	Béton	Béton
Fenêtres	lxhx (m ³)	1x1x0,01	1x1x0,02	1x1x0,01	1x1x0,02
	Matériaux	verre	verre	verre	verre
Porte	lxhx (m ³)	1x2x0,05	1x2x0,05	1x2x0,05	1x2x0,05
	Matériaux	Bois	Bois	Bois	Bois