

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



ÉVALUATION DES PERFORMANCES DES MONITEURS DE LA CONTAMINATION RADIOACTIVE ATMOSPHERIQUE EN AÉROSOLS EN SITUATIONS RÉELLES D'UTILISATION

Congrès SFRP La Rochelle
18-20 juin 2019

Andry RATSIRAHONANA

www.cea.fr

La surveillance de la contamination radioactive atmosphérique par les aérosols des lieux de travail est mise en œuvre pour le maintien de la sécurité des travailleurs dans les installations où il y a un risque de dispersion de ce type de substances radioactives. Cette surveillance, selon le niveau de risque, peut être une vérification périodique de l'absence de contamination surfacique des locaux, un prélèvement en continu sur filtre suivi d'une mesure à posteriori de la radioactivité qui s'y est déposée ou une mesure en temps réel de l'activité volumique dans l'air avec seuils d'alarme au moyen de moniteur de la contamination radioactive atmosphérique lorsque le risque est important.

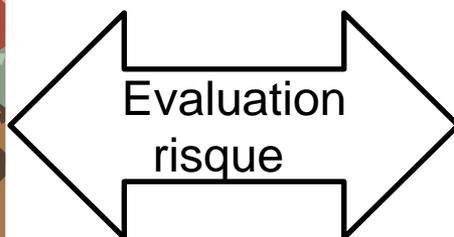


TABLEAU 1 : NF ISO 16639 – Surveillance de l'activité volumique des substances radioactives dans l'air des lieux de travail des installations nucléaires

Incorporation annuelle comme fraction de la LAI	Recommandations d'échantillonnage
< 0,02	L'échantillonnage n'est pas systématiquement nécessaire. Cependant, le prélèvement mensuel ou trimestriel d'échantillons instantanés ou d'autres mesurages (par exemple, contamination de surface) peut s'avérer approprié pour confirmer que les niveaux dans l'air sont effectivement bas.
≥ 0,02 et < 1,0	<p>L'échantillonnage est approprié. Le prélèvement d'échantillons irréguliers ou instantanés est approprié à proximité de l'extrémité inférieure de la plage, selon la nature du travail en cours.</p> <p>L'échantillonnage continu est approprié quand il est probable que les activités volumiques causent une exposition dépassant une moyenne de 12 LDCA-h sur une période d'au moins une semaine.</p> <p>La démonstration que les échantillons sont représentatifs de l'air de la zone respiratoire est appropriée si les incorporations enregistrées sont basées sur l'échantillonnage.</p> <p>Il est possible d'envisager une étude supplémentaire par l'application de méthodes d'analyse radiotoxicologique.</p>
≥ 1,0	<p>Effectuer la surveillance continue de l'air avec possibilité d'alarmes, si nécessaire, à condition qu'il existe une possibilité raisonnable que les concentrations causent une exposition dépassant 40 LDCA-h sur une période n'excédant pas une semaine.</p> <p>Il convient que les échantillons soient analysés avant de reprendre le travail le jour suivant, et il convient que les résultats soient disponibles avant la fin de l'équipe suivante. Les facteurs de protection doivent être pris en compte si une protection respiratoire est utilisée.</p>

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

- Rayonnements détectés : alpha, bêta et gamma
- Détecteur : double détecteur silicium grande surface (PIPS)
- Filtre : FSLW
- Fenêtre d'énergie typique :
 - Alpha : 2 MeV à 10 MeV
 - Bêta : 80 keV à 2,5 MeV
 - Gamma : 80 keV à 2,5 MeV
- Etendue de mesure typique :
 - Alpha : 10^{-2} à $3,7 \cdot 10^{+6}$ Bq/m³ ($2,7 \cdot 10^{-13}$ à 10^{-4} μ Ci/cc)
 - Bêta : 1 à $3,7 \cdot 10^{+6}$ Bq/m³ ($2,7 \cdot 10^{-11}$ à 10^{-4} μ Ci/cc)

LDCA ²³⁹Pu ~ 0,5 Bq.m⁻³

De $2 \cdot 10^{-2}$ à $7,4 \cdot 10^6$ LDCA

LDCA ¹³⁷Cs ~ 1200 Bq.m⁻³

De $8,3 \cdot 10^{-4}$ à $3,1 \cdot 10^4$ LDCA

prélèvement en continu sur filtre suivi
d'une mesure à posteriori



CARACTÉRISTIQUES AÉRAULIQUES

- Débit standard : 35 l/min (1,24 scfm)
- Perte de charge : 100 à 350 mbar (1,45 à 5,07 psi)

STANDARDS DE RÉFÉRENCE

- Nucléaire : CEI60761
- CEM : 2014/30/EU et 2014/35/EU, CEI61000-6-2 et CEI61000-6-4



Essai d'homologation



SIGNALISATION

- Affichage alphanumérique : mesure, statut...
- Alarme sonore : buzzer 90 dBA à 1 mètre
- Alarme visuelle : 3 voyants (rouge, jaune, vert)

cea CHOIX MATERIEL – CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

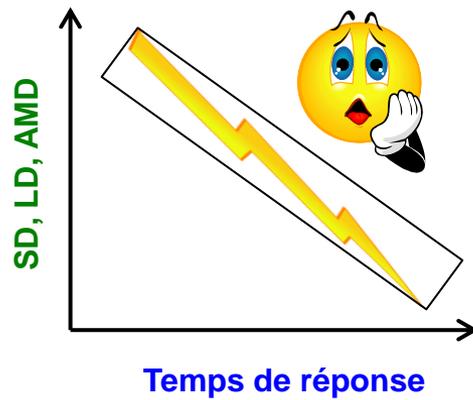
Activité Minimale Détectable en 1 h :
(fonction des conditions de mesure)

A_{radon} (Bq.m ⁻³)	Ambiance (μGy.h ⁻¹)	α (Bq.m ⁻³)	β (Bq.m ⁻³)
10	0,1	0,08	1,4
	10		5,0
100	0,1	0,21	3,9
	10		6,2

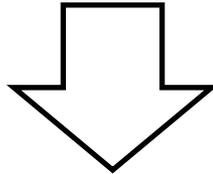
LDCA ²³⁹Pu ~ 0,5 Bq.m⁻³
De 0,16 à 0,42 LDCA

LDCA ¹³⁷Cs ~ 1200 Bq.m⁻³
De 1,2.10⁻³ à 5,2.10⁻³ LDCA

1 heure c'est un peu long, en 5min on a quoi ?, mesure ambiance radon préalable ?, définition activité minimale détectable? Optimisation réglage seuil d'alarme?, principe et domaine de fonctionnement?..



En situation réelle d'utilisation de ce type de moniteur, le mode de réglage ainsi que l'environnement radiologique ambiant sont le plus souvent différents de ceux établis lors des essais d'homologation. Dans ce cas, les performances du moniteur peuvent être différentes de celles obtenues dans le cadre de l'homologation, et il est important pour le radioprotectionniste de pouvoir en faire l'évaluation.



**Evaluating the performance of continuous air monitors — Part 1:
Air monitors based on accumulation sampling techniques**

Evaluation de la performance des dispositifs de surveillance de l'air en continu — Partie 1:
Moniteurs d'air basés sur des techniques d'échantillonnage par accumulation

Draft Technical Report stage

Ballot from 2019-02-16 to 2019-04-27

ISO/TC85/SC2 N 1881

ISO/DTR 22930-1:2019 (E)

ISO TC 85/SC 2/WG 14

Secretariat: AFNOR

ISO/TC 85, *Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection*,
SC 2, *Radiological protection*
WG14 *Contamination monitoring and control*



International Organization for Standardization
Organisation internationale de normalisation
Международная организация по стандартизации

TC85 Nuclear Energy, Nuclear Technology and Radiological Protection

SC2

Radiological Protection

WG14

Air control and monitoring

Groupe miroir

Français

Bureau de Normalisation
d'équipement nucléaires (BNEN)
Commission M60-1

Protection contre les
rayonnements ionisants

GTF 6

Mesurage de la
radioactivité

GTF 4

Confinement, protection
radiologique et surveillance des
installations nucléaires

RESULTATS VOTE

Envoyé : lundi 29 avril 2019 10:45

À : RATSIRAHONANA Andry

Objet : BNE/M601 Résultats du vote sur ISO/TS 22930-1 et 2

Bonjour,

Veillez trouver ci-joint les résultats des votes sur la publication des rapports techniques ISO/TR 22930-1 et 2 "Evaluation de la performance des dispositifs de surveillance de l'air en continu - Partie 1: Moniteurs d'air basés sur des techniques d'échantillonnage par accumulation et Partie 2: Moniteurs d'air basés sur des techniques d'échantillonnage par circulation sans accumulation".

ISO/TR 22930-1: 14 pays ont voté positivement (dont 2 avec commentaires: France et Japon) et aucun négativement

ISO/TR 22930-2: 13 pays ont voté positivement et aucun négativement.

Cordialement

Pour accéder directement au document, merci de cliquer sur son numéro.

N Number	Titre (Description)	Action	Date limite	Date
<u>702</u>	Résultats vote sur ISO DTR 22930-2	info	Aucune	2019/04/29
<u>701</u>	Résultats vote sur ISO DTR 22930-1	info	Aucune	2019/04/29

Vote à un tour



ISO → TR
AFNOR → FD

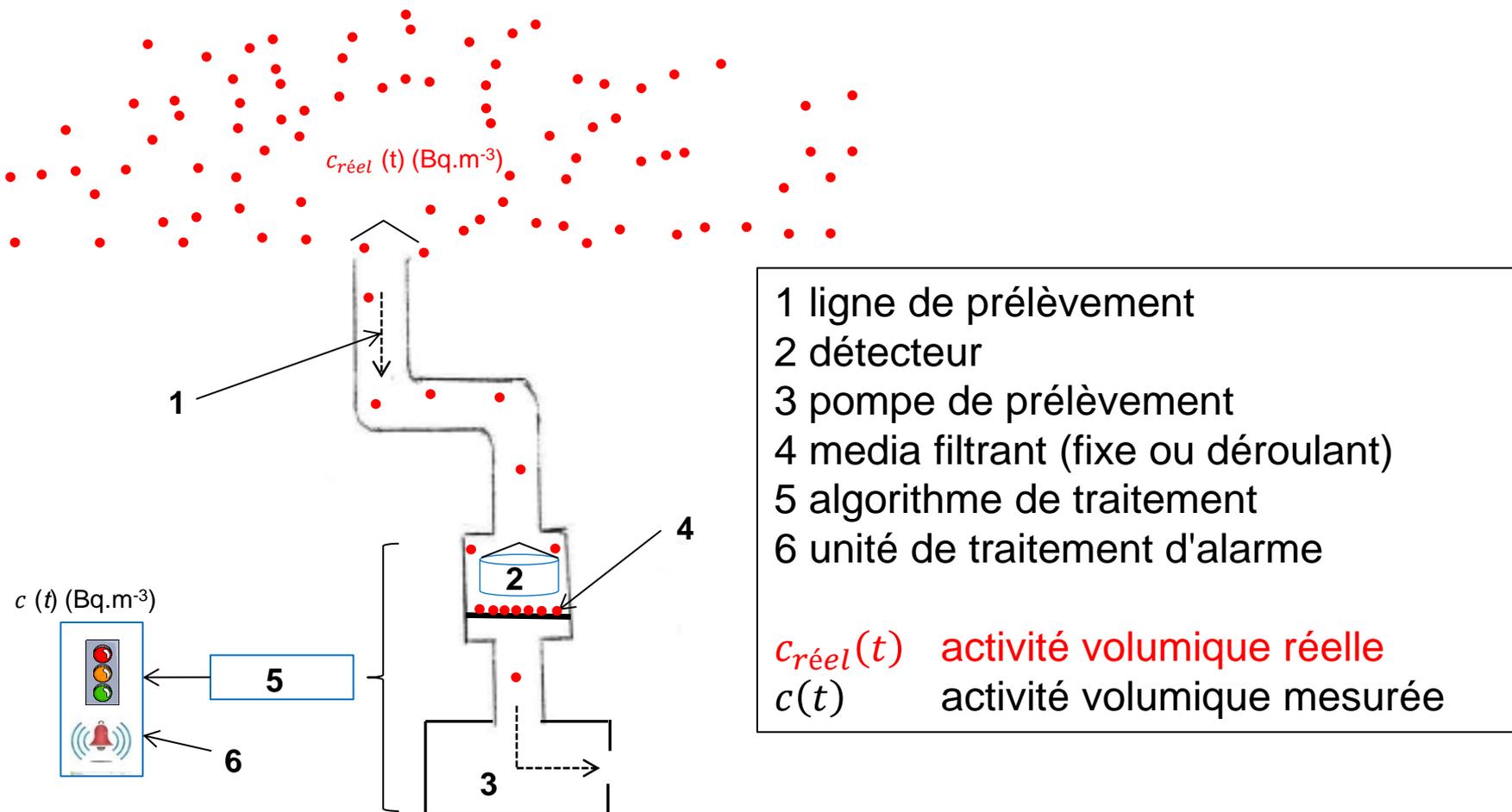
***RESOLUTIONS OF THE MEETING OF
ISO/TC 85/SC 2/WG 14 “AIR MONITORING AND CONTROL”
Held May 21-23, 2019 – Okayama, Japan***

Resolution 3 Okayama

TC85/SC2/WG14 reviewed and resolved the comments on TR-22930 parts 1 and 2, Evaluating the performance of continuous air monitors. The document will be submitted for publication by September 2019.

Mr. Andry Ratsirahonana is the Project Leader for this work.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT GENERAL



FACTEURS POUR EVALUER LA PERFORMANCE DYNAMIQUE

La connaissance de quelques facteurs est nécessaire pour interpréter la réponse de ce type de moniteur afin de sélectionner le plus approprié et de pouvoir en connaissance de cause, le cas échéant, régler les paramètres de fonctionnement et d'alarme correspondant à l'objectif de radioprotection

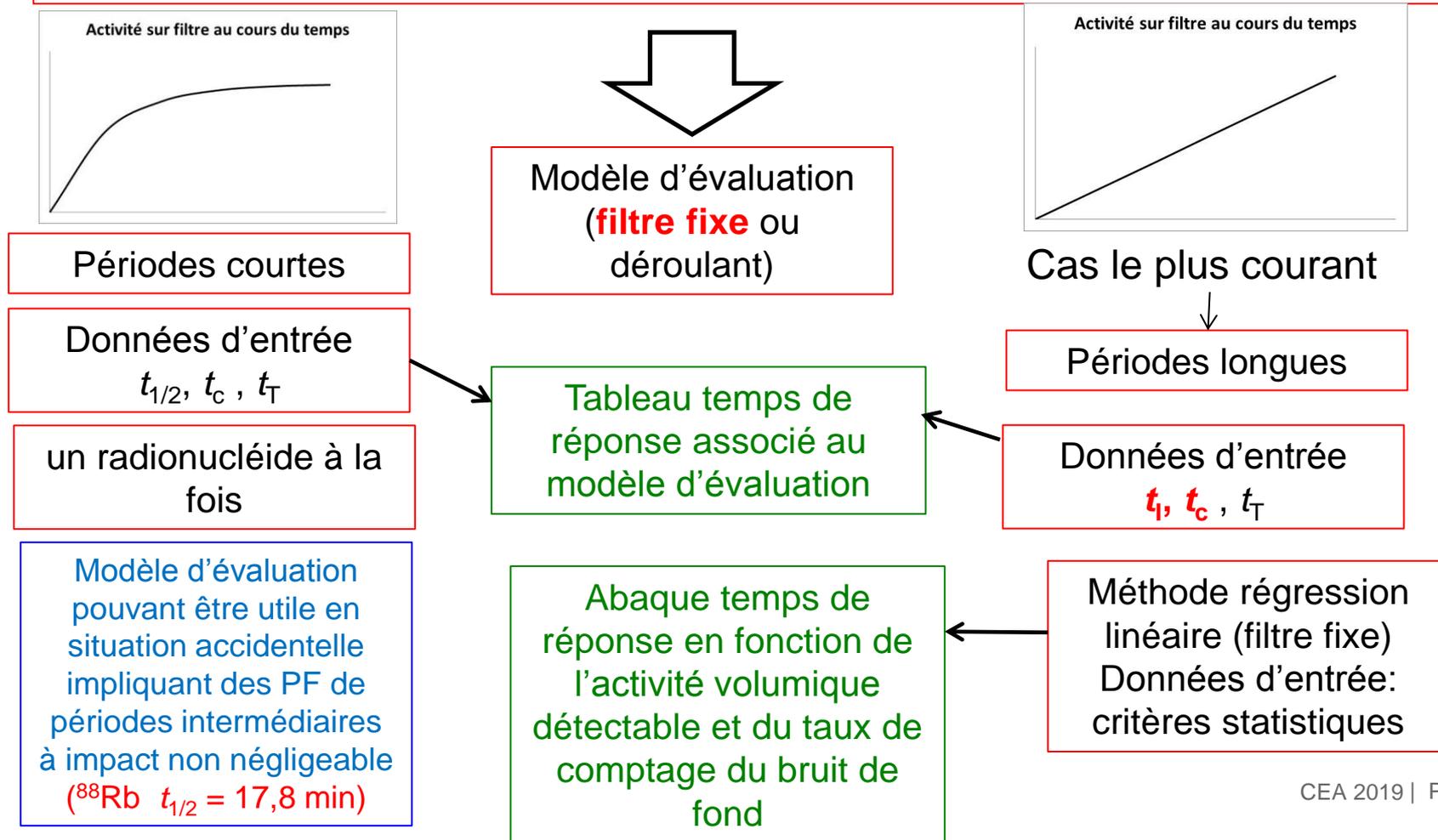
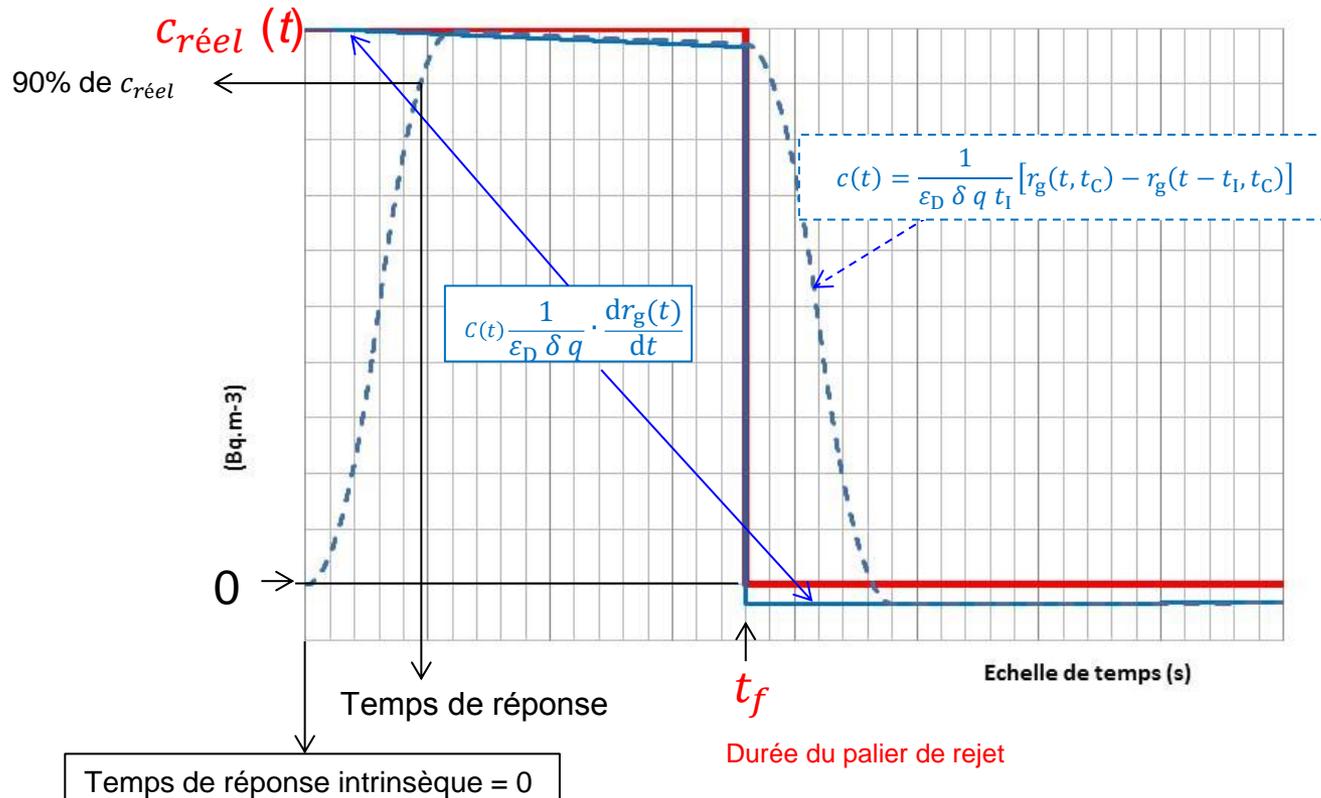


ILLUSTRATION PERFORMANCE DYNAMIQUE FILTRE FIXE PERIODES LONGUES

Modèle d'évaluation

$$c(t) = \frac{1}{\varepsilon_D \delta q} \cdot \frac{dr_g(t)}{dt} \quad \longrightarrow \quad c(t) = \frac{1}{\varepsilon_D \delta q t_I} [r_g(t, t_C) - r_g(t - t_I, t_C)]$$



- r_g Taux de comptage ($\text{c}\cdot\text{s}^{-1}$)
- t_C Temps de comptage (s)
- t_I Durée intervalle de temps (s)
- ε_D Rdt détection filtre ($\text{c}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}$)
- δ perméance
- q Débit prélèvement $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$

ILLUSTRATION PERFORMANCE DYNAMIQUE FILTRE FIXE PERIODES LONGUES

Cas ou la durée du palier de rejet est plus court que le temps de réponse

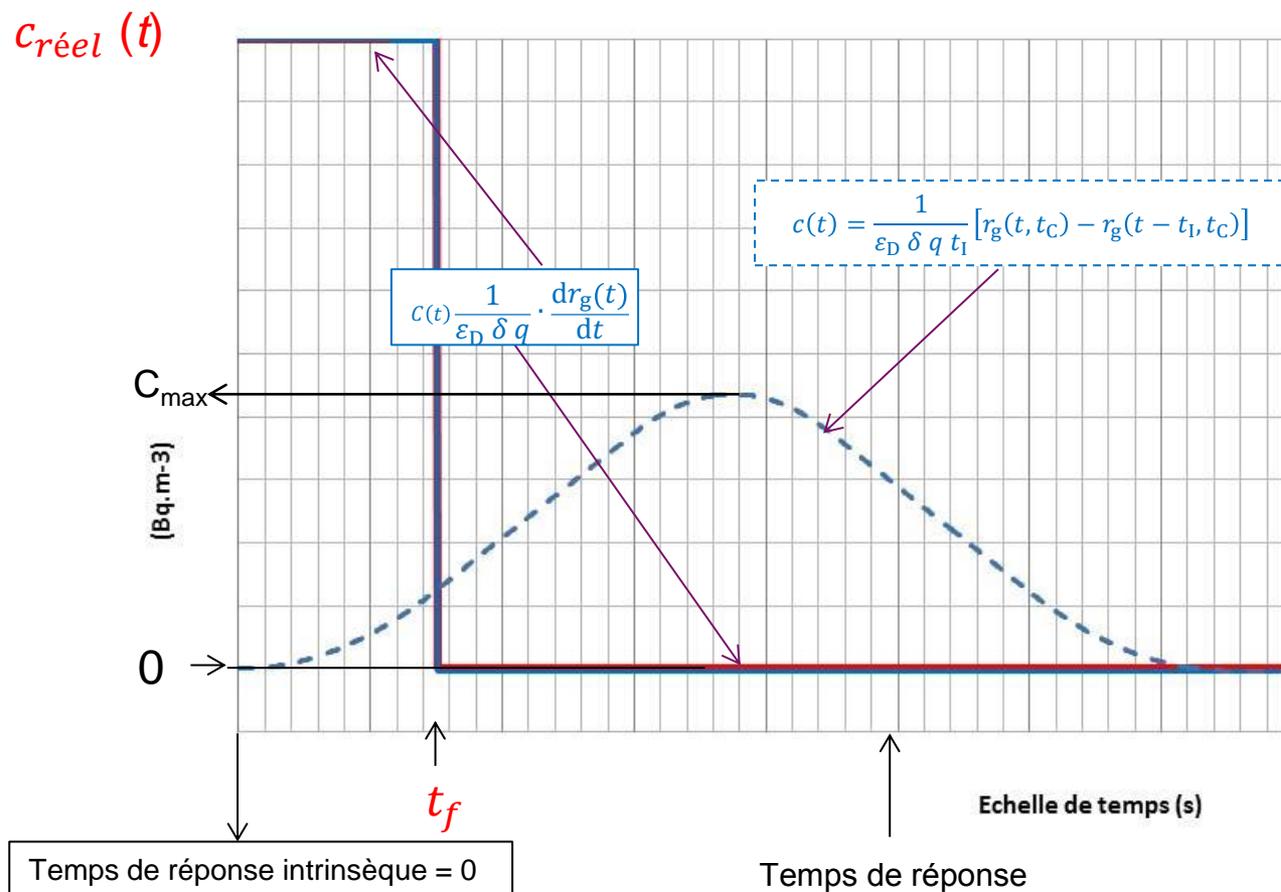


ILLUSTRATION PERFORMANCE DYNAMIQUE FILTRE FIXE PERIODES LONGUES

Modèle d'évaluation

$$c(t) = \frac{1}{\varepsilon_D \delta q t_I} [r_g(t, t_C) - r_g(t - t_I, t_C)]$$

Temps de réponse (min)

t_C min	t_I min								
	1	5	10	20	30	40	45	50	60
1	1,6	5,0	9,5	18,5	27,5	36,5	41,0	45,5	54,5
5	5,0	7,8	11,8	20,5	29,5	38,5	43,0	47,5	56,5
10	9,5	11,8	15,5	23,7	32,3	41,1	45,5	50,0	59,0
20	18,5	20,5	23,7	31,1	39,0	47,3	51,6	55,8	64,5
30	27,5	29,5	32,3	39,0	46,6	54,5	58,5	62,7	71,0
40	36,5	38,5	41,1	47,3	54,5	62,1	66,0	70,0	78,1
45	41,0	43,0	45,5	51,6	58,5	66,0	69,8	73,8	81,7
50	45,5	47,5	50,0	55,8	62,7	70,0	73,8	77,6	85,5
60	54,5	56,5	59,0	64,5	71,0	78,1	81,7	85,5	93,1

PERFORMANCES METROLOGIQUES

De manière générale pour le mesurage de la radioactivité, les performances métrologiques sont quantifiées par le **seuil de décision** (risque $\alpha=2,5\%$) et la **limite de détection** (risque β =risque $\alpha=2,5\%$)



seuil de décision $= k_{1-\alpha} \cdot u(0) - \text{Bq.m}^{-3}$

$$c^* = k_{1-\alpha} \cdot W \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot r_0}{t_c}}$$

Si les r_g sont accessibles



Taux de fausse alarme souvent inacceptable pour des raisons opérationnelles



Activité volumique minimale détectable = $K \cdot u(0) - \text{Bq.m}^{-3}$ correspondant à un taux de fausse alarme acceptable sur le plan opérationnel

K	X %
1,282	10
1,645	5
$k_{1-\alpha} = 1,960$	$\alpha = 2,5$
2,327	1
3,091	0,1
3,720	0,01
4,267	0,001
4,756	0,0001
5,203	0,00001

Key
 K Paramètre de configuration d'alarme
 X Taux de fausse alarme

ILLUSTRATION

Modèle d'évaluation:

$$c(t) = \frac{r_g(t, t_C) - r_g(t - t_I, t_C)}{\varepsilon_D \cdot q \cdot t_I \cdot \delta} = w \cdot (r_g(t, t_C) - r_g(t - t_I, t_C))$$

r_g Taux de comptage (c.s⁻¹)

t_C Temps de comptage (s)

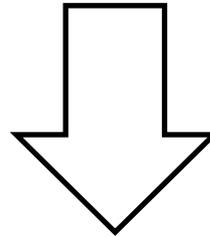
t_I Durée intervalle de temps (s)

ε_D Rdt détection filtre (c.s⁻¹.Bq⁻¹)

δ perméance

q Débit prélèvement m³.s⁻¹

Alpha artificiel LT (Bq/m3):	0.0027	→ $t_C = t_I = 60$ min
Bêta artificiel CT (Bq/m3):	6 595	
Alpha artificiel CT (Bq/m3):	0.403	→ $t_C = t_I = 10$ min

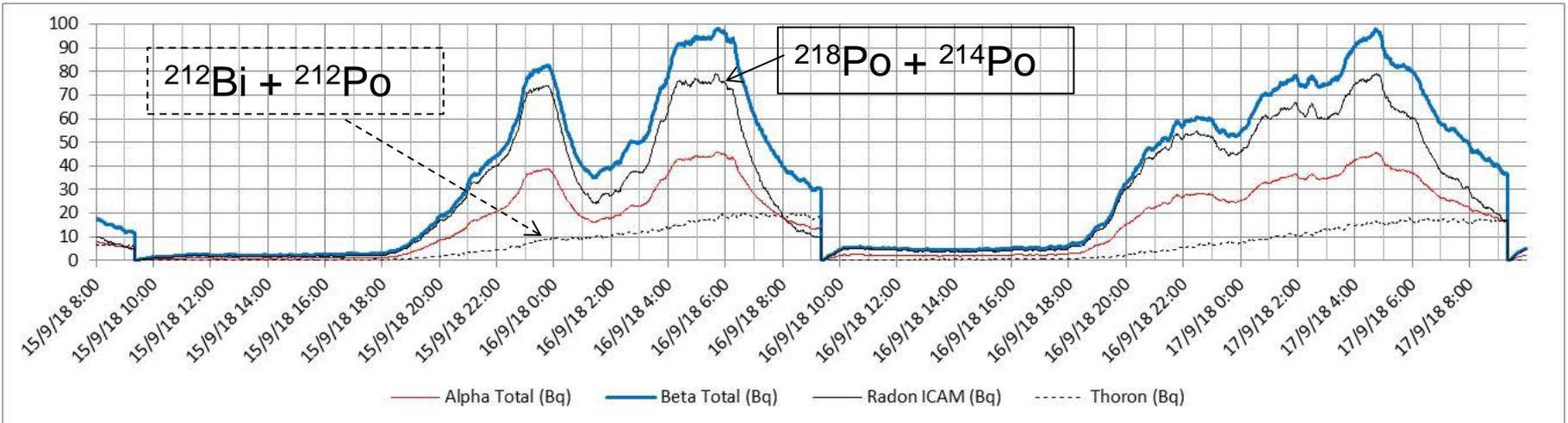
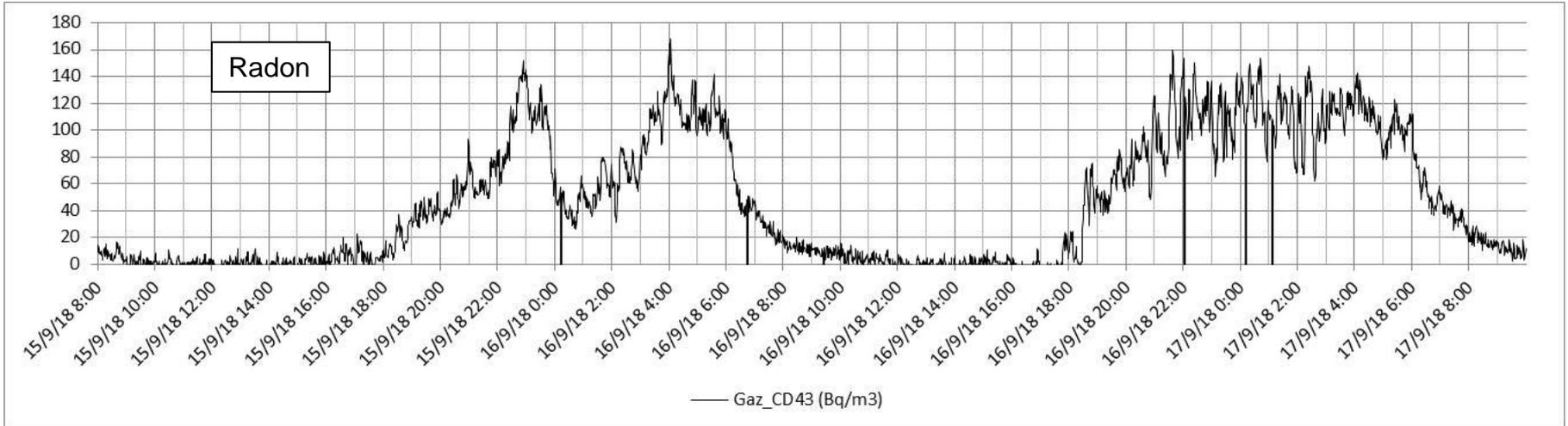


r_g inaccessibles car issus d'algorithmes de compensation radon (boîte noire)

Activité volumique minimale détectable: $K \cdot u(0) = K \cdot s_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{n - 1}{n \cdot (n - 3)}}$

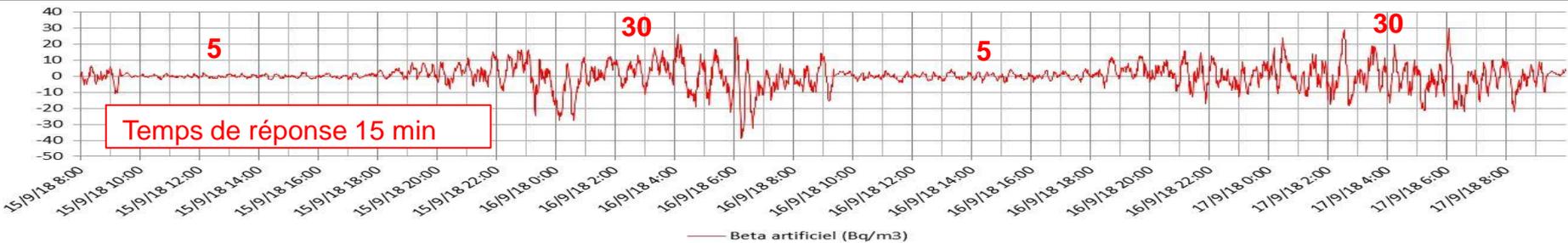
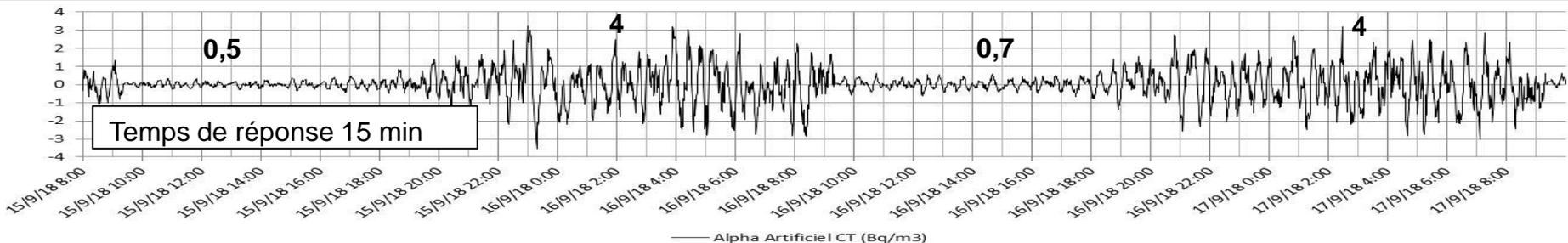
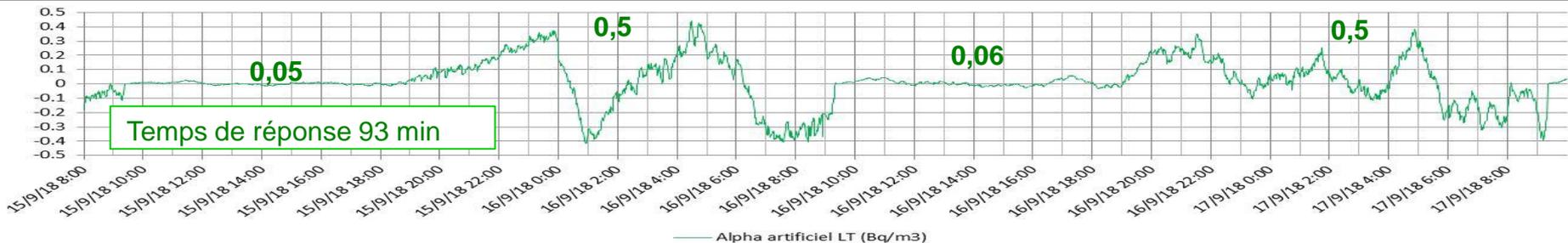
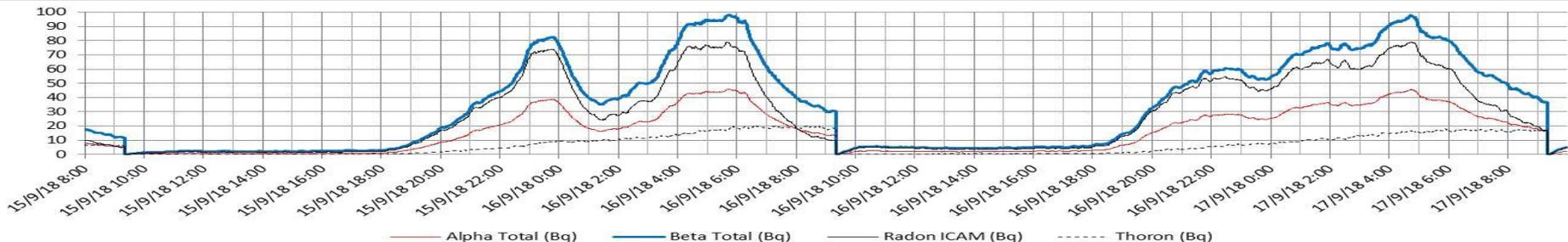
Temps de réponse (min)

t_c min	t_l min								
	1	5	10	20	30	40	45	50	60
1	1,6	5,0	9,5	18,5	27,5	36,5	41,0	45,5	54,5
5	5,0	7,8	11,8	20,5	29,5	38,5	43,0	47,5	56,5
10	9,5	11,8	15,5	23,7	32,3	41,1	45,5	50,0	59,0
20	18,5	20,5	23,7	31,1	39,0	47,3	51,6	55,8	64,5
30	27,5	29,5	32,3	39,0	46,6	54,5	58,5	62,7	71,0
40	36,5	38,5	41,1	47,3	54,5	62,1	66,0	70,0	78,1
45	41,0	43,0	45,5	51,6	58,5	66,0	69,8	73,8	81,7
50	45,5	47,5	50,0	55,8	62,7	70,0	73,8	77,6	85,5
60	54,5	56,5	59,0	64,5	71,0	78,1	81,7	85,5	93,1



VARIATION RADON MAIS PAS DE SUSPICION D'ACTIVITE ARTIFICIELLE

ILLUSTRATION



SYNTHESE POUR EVALUER LA PERFORMANCE

Modèle d'évaluation
(**filtre fixe** ou
déroulant)

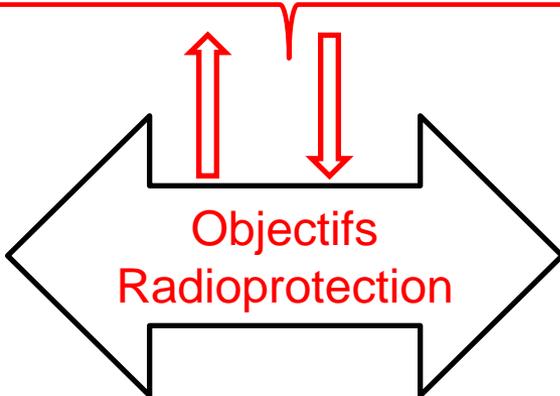
Performance
dynamique

Performance
métrologique



Tableau temps de
réponse associé au
modèle d'évaluation

Activité volumique minimale détectable:

$$K \cdot u(0) = K \cdot s_0 \cdot \sqrt{1 + \frac{n - 1}{n \cdot (n - 3)}}$$


Merci de votre attention

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Saclay | 91191 Gif-sur-Yvette Cedex
T. +33 (0)1 69 08 40 54 | F. +33 (0)1 69 08 80 44

DRF/PSAC
USPS
SPRE

Etablissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019