



# Utilisation de la simulation numérique pour valider l'échantillonnage de l'air du bâtiment réacteur

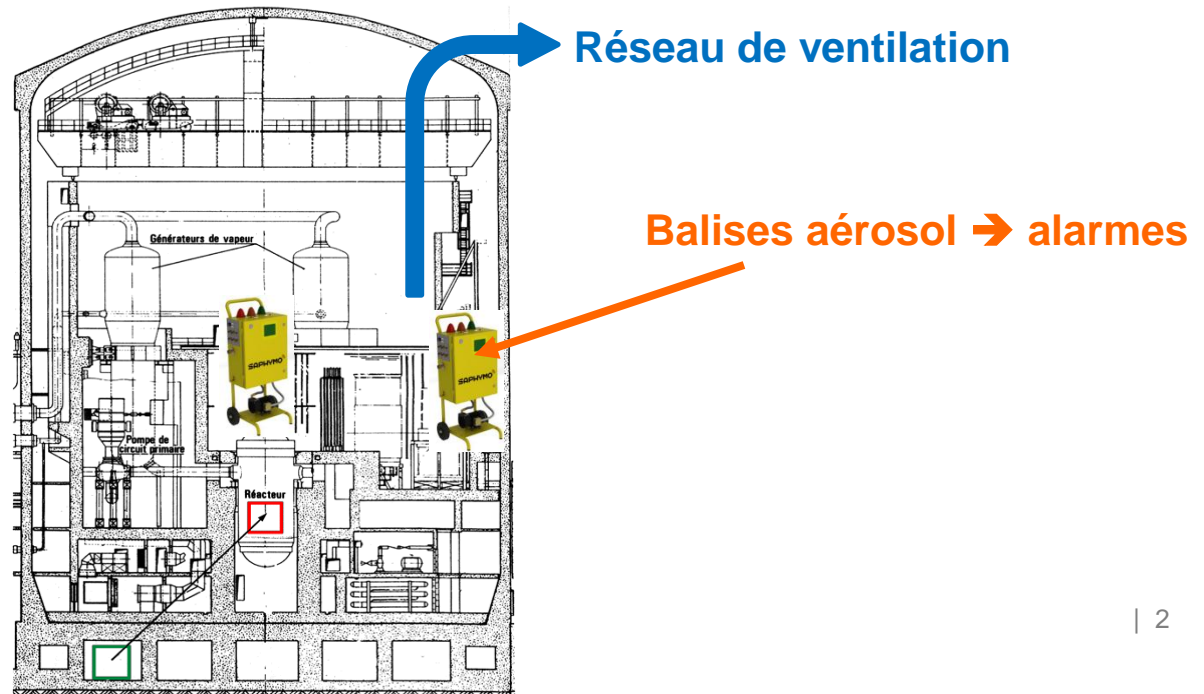
**H. Mohand-Kaci** – CS  
**E. Gaillard-Lecanu**, G. Le Meur, F. Drouet, (EDF)  
L. Bouilloux, C. Prevost, L. Ricciardi (IRSN)



# Contexte

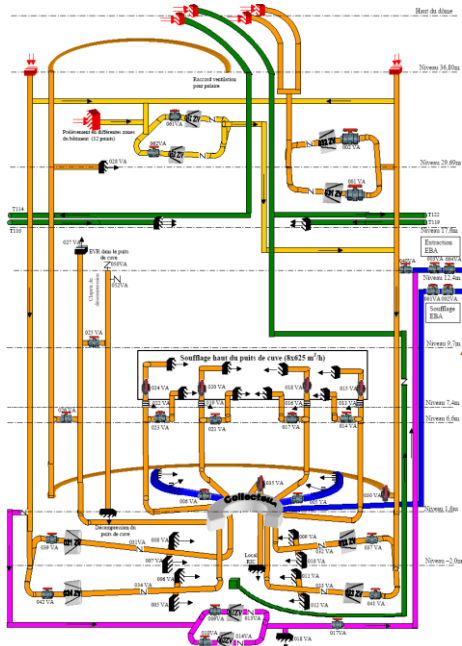
- **Contexte** : Dans un bâtiment réacteur (BR), en arrêt de tranche (AT), les intervenants réalisent les opérations de maintenance et ouvrent les circuits qui ont véhiculé le fluide primaire. Ces opérations sont confinées par la mise en place de déprimogènes mais un risque résiduel de dispersion de contamination persiste néanmoins.
- ➔ Pour détecter une éventuelle contamination de l'air du BR, un réseau de balises aérosol est déployé durant les AT
- **Objectif** : Optimiser l'échantillonnage ainsi réalisé (nombre et positionnement des balises) de l'atmosphère du BR pour détecter au plus tôt une éventuelle contamination atmosphérique
- **Méthode** : Exploiter un modèle numérique de transport et dépôt des aérosols, validé expérimentalement

Volume BR :  
70 000 m<sup>3</sup>

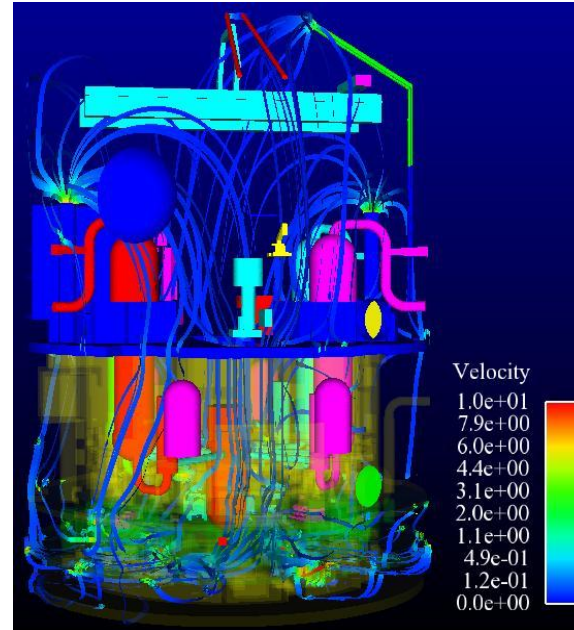


# Le modèle numérique : code CFD Code\_Saturne

Equation de transport de la concentration  
+ profil en proche paroi

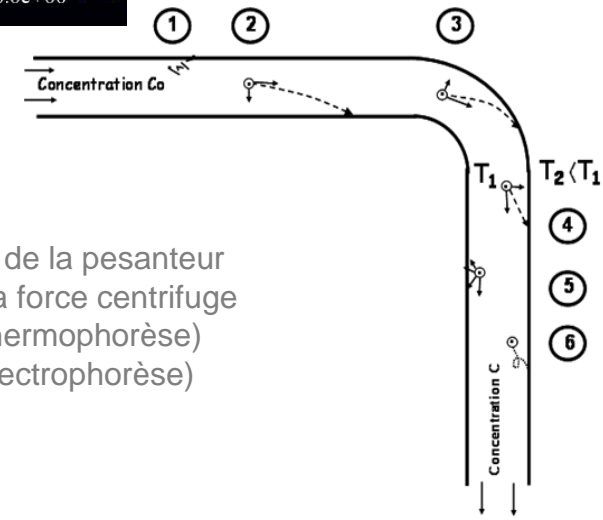
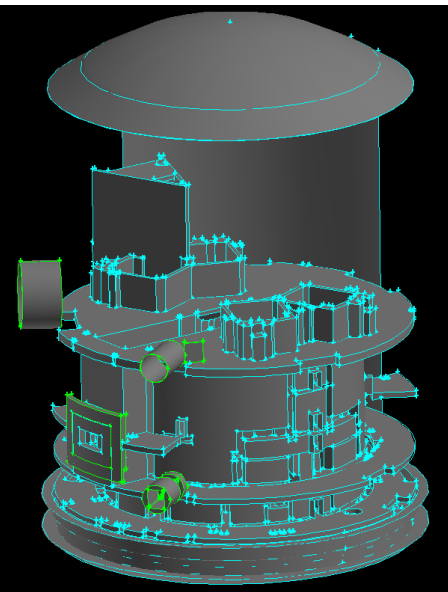


Données de ventilation



Velocity  
1.0e+01  
7.9e+00  
6.0e+00  
4.4e+00  
3.1e+00  
2.0e+00  
1.1e+00  
4.9e-01  
1.2e-01  
0.0e+00

Modèle CAO



- 1 – Dépôt par diffusion
- 2 – Sédimentation sous l'effet de la pesanteur
- 3 – Impaction sous l'effet de la force centrifuge
- 4 – Précipitation thermique (thermophorèse)
- 5 – Précipitation électrique (électrophorèse)
- 6 – Dépôt par turbophorèse

# Validation expérimentale du modèle numérique par des essais en réel

## Base de validation

Deux campagnes d'essais de traçage gazeux et particulaires effectués par l'IRSN dans un bâtiment réacteur (CNPE de Golfech) d'EDF

## Méthodologie

- Calcul/mesure du **renouvellement d'air** global du BR dans les conditions réelles
- Calcul/mesure des **coefficients de transfert** gazeux et particulaires (1  $\mu\text{m}$ , 5  $\mu\text{m}$ ) pour les différents points d'émission étudiés

### 1<sup>ère</sup> Campagne d'essai au CNPE de Golfech (mars 2010)

- **Traçage gazeux** (gaz SF6) : 6 points d'injection et 7 points de prélèvement
- **Traçage particulaire** : 2 points d'injection et 7 points de prélèvement. Injection de particules de fluorescéine sodée de 1 $\mu\text{m}$  et 5 $\mu\text{m}$  de diamètre

Validation du calcul du taux de renouvellement et de l'aéraulique du modèle en particulier pour les gaz

### 2<sup>ème</sup> Campagne d'essai au CNPE de Golfech (octobre 2012)

- **Traçage gazeux** : 3 points d'injection et 11 points de prélèvement.
- **Traçage particulaire** : 2 points d'injection et 11 points de prélèvement

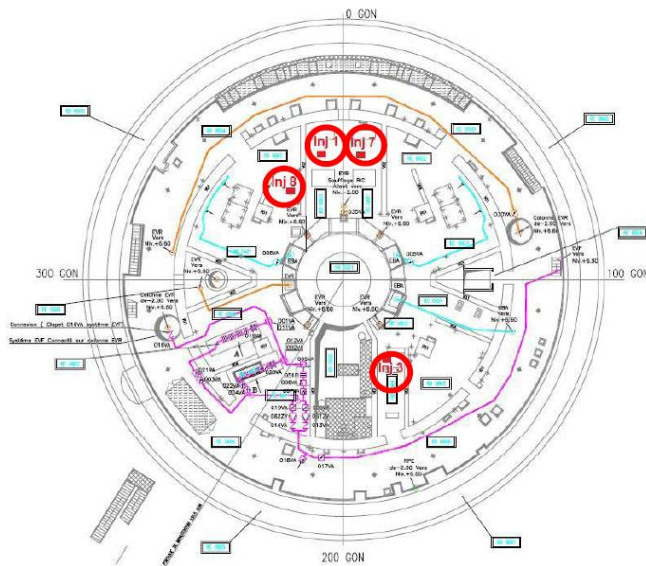
Consolidation de la validation du modèle, en particulier pour les aérosols.



# Exploitation du modèle : Emplacement optimisé des balises aérosol

## ■ Méthode :

- Définir **les scénarii de dispersion de contamination** intéressants pour la RP des opérations de maintenance
  - 10 points source identifiés correspondant à des lieux où les interventions peuvent générer une contamination volumique – analyse de sensibilité sur les positions des points source → jusqu'à 27 scenarii simulés
- **Déterminer, à l'aide du modèle, les activités volumiques en aérosols radioactifs** qui seraient détectées au niveau des balises, en fonction de l'activité dispersée au niveau du point source
- Définir un **indicateur pertinent pour évaluer l'efficacité du système** de balises en fonction du nombre total et du positionnement de chaque balise



- Échangeur RRA - refroidissement à l'arrêt - (Voie B) au niveau +1,60 m
- PRESSURISEUR au niveau +32,57 m
- PISCINE au niveau +22,85 m
- Échangeur régénérateur au niveau +1,60 m
- Générateur de vapeur 2 au niveau +6,60 m
- RPE - système de purges et événements du réacteur - au niveau -2,00 m
- Échangeur RRA (Voie A) au niveau +1,60 m
- Moteur RRA (voie B) au niveau +1,60 m
- Générateur de vapeur 1 au niveau +6,60 m
- RPE au niveau -2,00 m

Postions des injections au niveau du plancher 1,6 m

# Exploitation du modèle : Etude de l'échantillonnage de l'air du BR par le réseau des balises aérosol

- Indicateur : **Facteur d'exposition EF**

facteur d'exposition EF

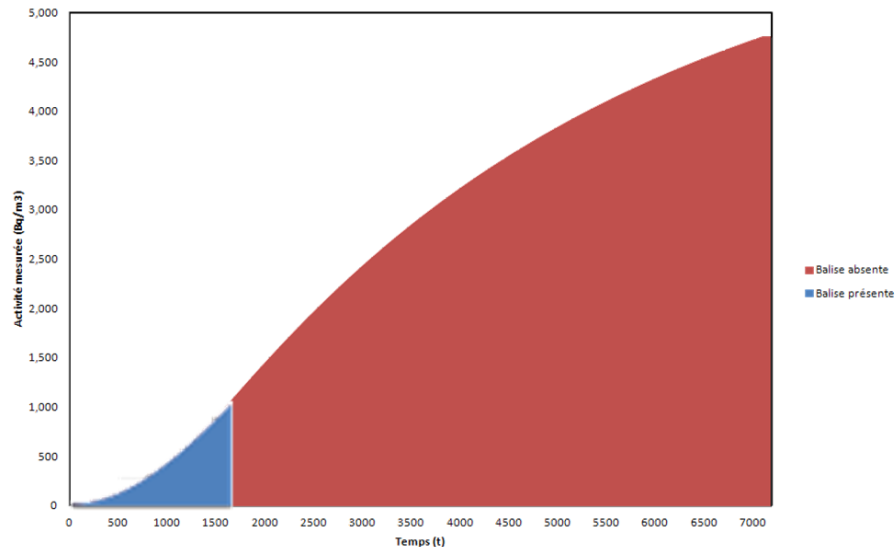
$$EF(i, j) = \frac{\int_0^{AT(i)} C_{bz(j)} dt}{\int_0^T C_{bz(j)} dt}$$

source →      ← balise

**AT** : temps au bout duquel l'alarme déclenche  
**T** : temps total de présence de l'intervenant

- Suivi temporel de l'évolution de la concentration en aérosol au point d'échantillonnage (50 cm du point d'injection) :

**A<sub>alarme</sub> = 350 Bq.m<sup>-3</sup>**  
**T = 2h**



Whicker, J.J., J.C. Rodgers, C. Fairchild, R.C. Scripsick, and R.C. Lopez, Evaluation of continuous air monitor placement in a plutonium facility. Health Phys, 1997. 72: p. 734-743.

# Exploitation du modèle : Etude de l'échantillonnage de l'air du BR par le réseau des balises aérosol

- **Les sources considérées :**

- Aérosol : 3  $\mu\text{m}$

- Composition massique en radionucléides :

	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$^{60}\text{Co}$	$^{58}\text{Co}$	$^{124}\text{Sb}$	$^{51}\text{Cr}$	$^{95}\text{Nb}$	$^{95}\text{Zr}$	$^{54}\text{Mn}$	Total
<b>Mélange 1</b>	1	25	15	2	45	5	5	2	100

- Débit d'émission au niveau du point d'injection ( $\Leftrightarrow$  activité) : représentatif de la réalité

Mélange M1 :  $Q_s = 8,97 \times 10^{-14} \text{ kg.s}^{-1}$

# Exploitation du modèle : Etude de l'échantillonnage de l'air du BR par le réseau des balises aérosol

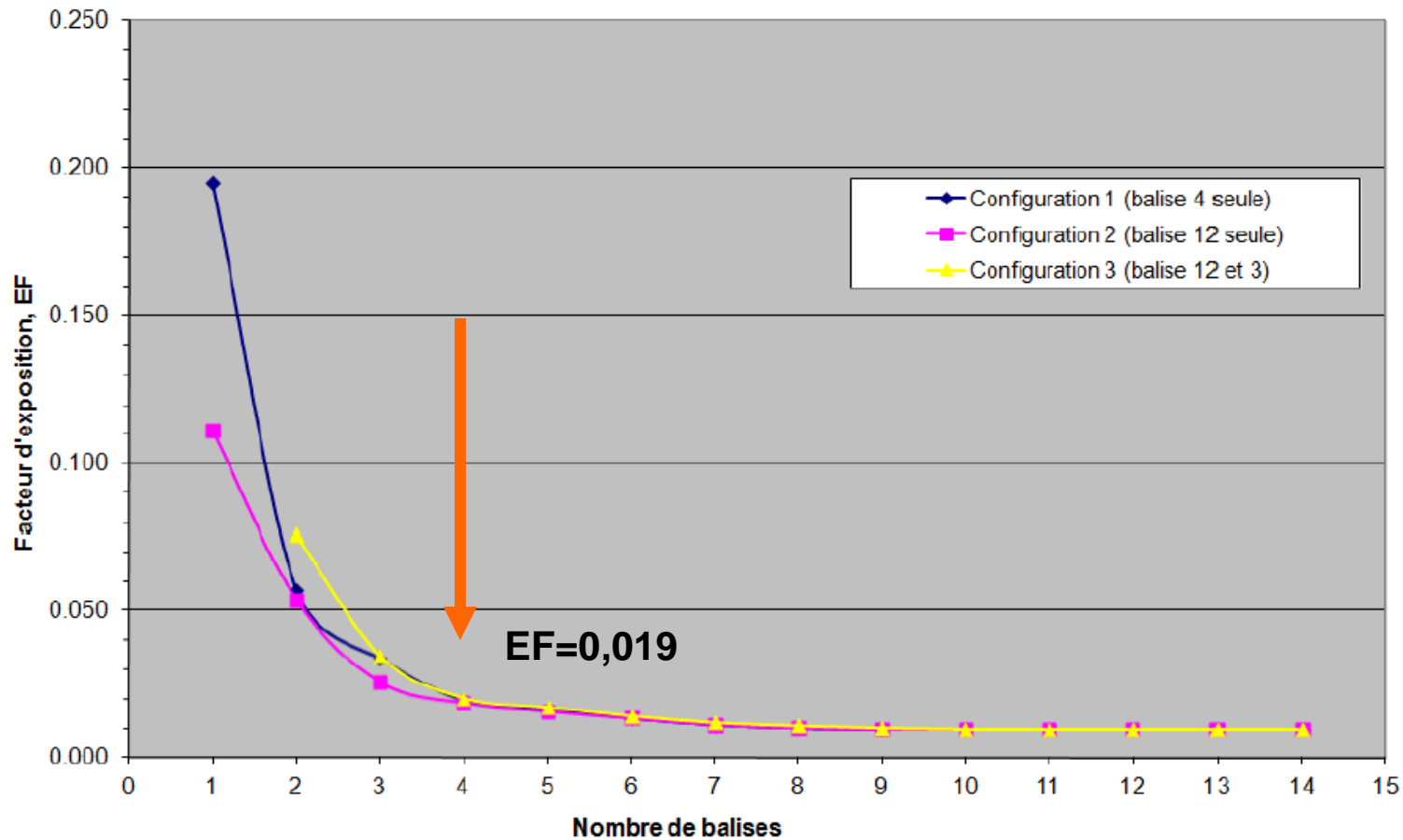
## ■ Résultat :

- On considère l'ensemble des balises potentiellement disposées dans le BR lors de l'arrêt de tranche, soit 14 balises
  
- **Les simulations d'injection** (10 points) permettent de déterminer , pour chaque point d'injection :
  - les concentrations en aérosols mesurées par chacune des balises du réseau
  - le temps d'alarme de chacune des balises
  - La concentration en aérosol au point d'échantillonnage
  - le facteur d'exposition,  $EF$ , pour un couple balise/injection.
  
- **Méthode : déterminer la combinaison des balises  $j$  qui minimise  $EF(i,j)$  pour chacune des sources  $i$** 
  - De manière indépendante, la balise 11 – niveau 12,40 m ( $EF_{\text{moyen}} = 0,09$ ) occupe la position la plus optimale
  - Puis on minimise  $EF$  pour une combinaison de 2 à 14 balises, pour l'ensemble des scénarios



# Exploitation du modèle : Etude de l'échantillonnage de l'air du BR par le réseau des balises aérosol

## ■ Résultat :



**Le réseau optimal déterminé ainsi pour chacune des sources comprend les mêmes 4 balises (une augmentation du nombre de balises n'amène pas d'amélioration significative)**

# Conclusion

- **Etude de long terme** (initiée en 2005) menée au sein d'EDF, en partenariat avec IRSN
- Basée sur un **modèle numérique validé expérimentalement**
- **Etude d'optimisation** d'un réseau de balises aérosol – données d'entrée... et **limites de validité** :
  - Géométrie du BR (P'4 – 1300 MWe)
  - Système de ventilation de l'arrêt de tranche
  - Scénarios de contamination choisis
- **Méthode** : minimisation du facteur d'exposition
- **Perspectives** :
  - Extension de cette étude à d'autres géométries de bâtiment réacteur en cours à DPN
  - Faisabilité de l'exploitation du modèle en mode inverse

# MERCI