

Les principales thématiques de l'instruction de l'IRSN sur les accidents graves

Patrice GIORDANO
Chef du service des accidents graves

**Dialogue technique sur le
4^{ème} réexamen périodique
des réacteurs 900 Mwe**

*Réunion n° 3 : Accident grave
et noyau dur post-Fukushima*

26 juin 2018

@ IRSN

SOMMAIRE

- Limitation du risque de percement du radier
- Évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte de confinement sans éventage
- Amélioration du dispositif d'éventage-filtration de l'enceinte

NB : d'autres thèmes d'instructions sont programmés, mais non présentés ce jour : conséquences radiologiques des AG, impact de l'implantation grappes Hafnium sur les AG, risque de rejets par la voie eau, liste des fonctions et matériels nécessaires en AG, ...

Limitation du risque de percement du radier

Suite au GP de principes de juillet 2016, l'IRSN examinera plus avant pour le GP de mars 2019 les dispositions prévues par EDF pour le refroidissement du corium après la rupture de la cuve, *notamment en termes* :

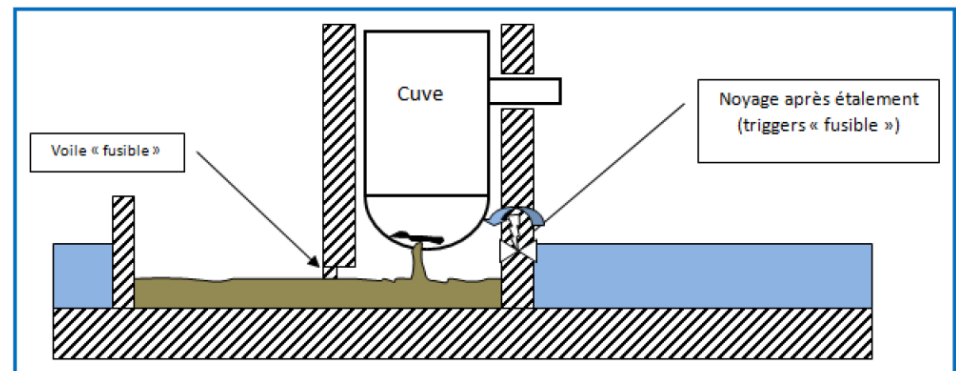
- de maîtrise de l'étalement à sec du corium dans sa zone d'étalement
- de fiabilité des dispositions de noyage du corium;
- de capacité de refroidissement et de stabilisation du corium.

1 - Étalement à sec

■ Les enjeux de l'étalement à sec

- Permettre la dispersion d'énergie sur une plus grande surface => limitation de l'érosion en profondeur
- Disposer en fin d'ICB d'une surface d'échange avec l'eau suffisante pour évacuer la puissance résiduelle

- Eviter l'explosion vapeur



■ Des phénomènes physiques à bien modéliser :

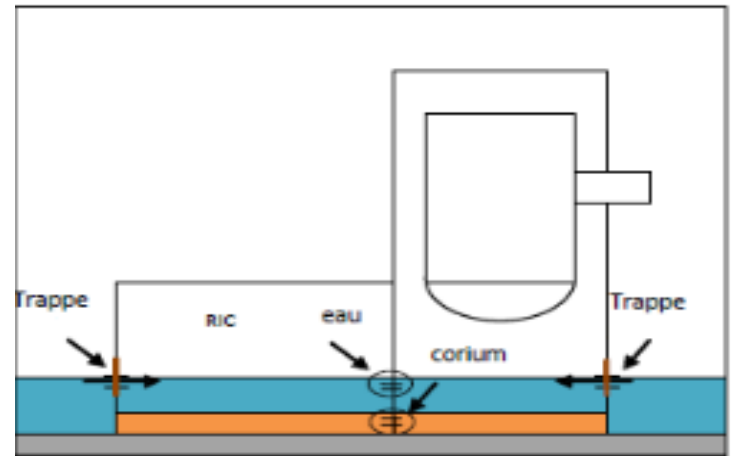
- dégradation du cœur => propriétés physiques (composition, T,...) : impact/écoulement
- cinétique des coulées
- écoulement du mélange corium + béton + gaz

■ *Les questionnements IRSN portent sur la prise en compte de ces phénomènes, leur modélisation, et leur extrapolation à la situation « réacteur »*

2 - Noyage passif du corium étalé

I Les enjeux

- Disposer d'un niveau d'eau pour avoir un écoulement d'eau sur le corium (via les puisards s'ils sont pleins et via l'injection en cuve sinon)
- S'assurer que le niveau de corium « permette » le noyage



I Des situations physiques à bien considérer :

- **hauteur d'eau minimale** dans les puisards du BR en situation d'AG :
 - rétention d'eau dans les volumes supérieurs,
 - disponibilité du PTR (scénario dépendant)...
- **hauteur de corium « gonflé »** dans le puits de cuve (conditions initiales de l'attaque du béton par le corium)

I Les questionnements IRSN portent sur la prise en compte de ces situations

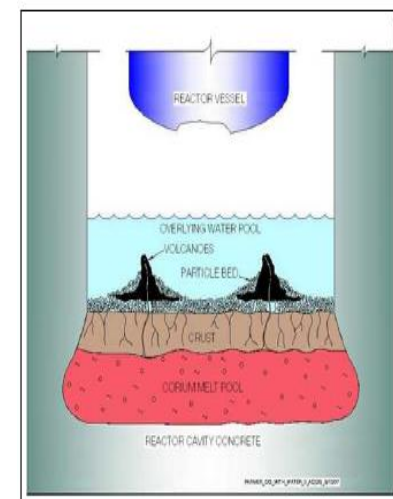
3 - Evacuer la puissance résiduelle grâce à l'eau

I L'enjeu

- S'assurer de l'efficacité des échanges de chaleur entre l'eau et le corium pour permettre l'arrêt de l'érosion du béton
 - le corium produit une puissance thermique due aux produits de fission radioactifs qui décroît au cours du temps
 - Cette puissance est dissipée via l'érosion du béton et via l'échauffement de l'eau

I Les phénomènes physiques à bien modéliser :

- Echanges de chaleur corium-eau :
 - Ébullition nucléée
 - Eruption de corium
 - Imbibition



I *Les questionnements IRSN portent sur la modélisation de ces phénomènes, et leur extrapolation à la situation « réacteur »*

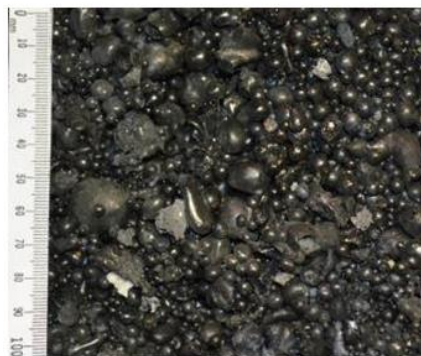
Refroidir le corium pour arrêter l'érosion du béton

■ Les expériences disponibles :

- MACE
- CCI

■ Les outils de simulation :

- EDF : TOLBIAC
- IRSN : ASTEC (module MEDICIS)



Vue du lit de débris



Vue du dessus du volcan principal

■ Dans les simulations EDF, la valorisation des échanges par imbibition permet d'éviter le percement du radier ; les tranches ayant des radiers siliceux présentent moins de marges

- Instruction de la robustesse de la modélisation par EDF de cet échange de chaleur
- Questionnement IRSN sur l'opportunité d'épaissir le radier des tranches qui présentent moins de marges



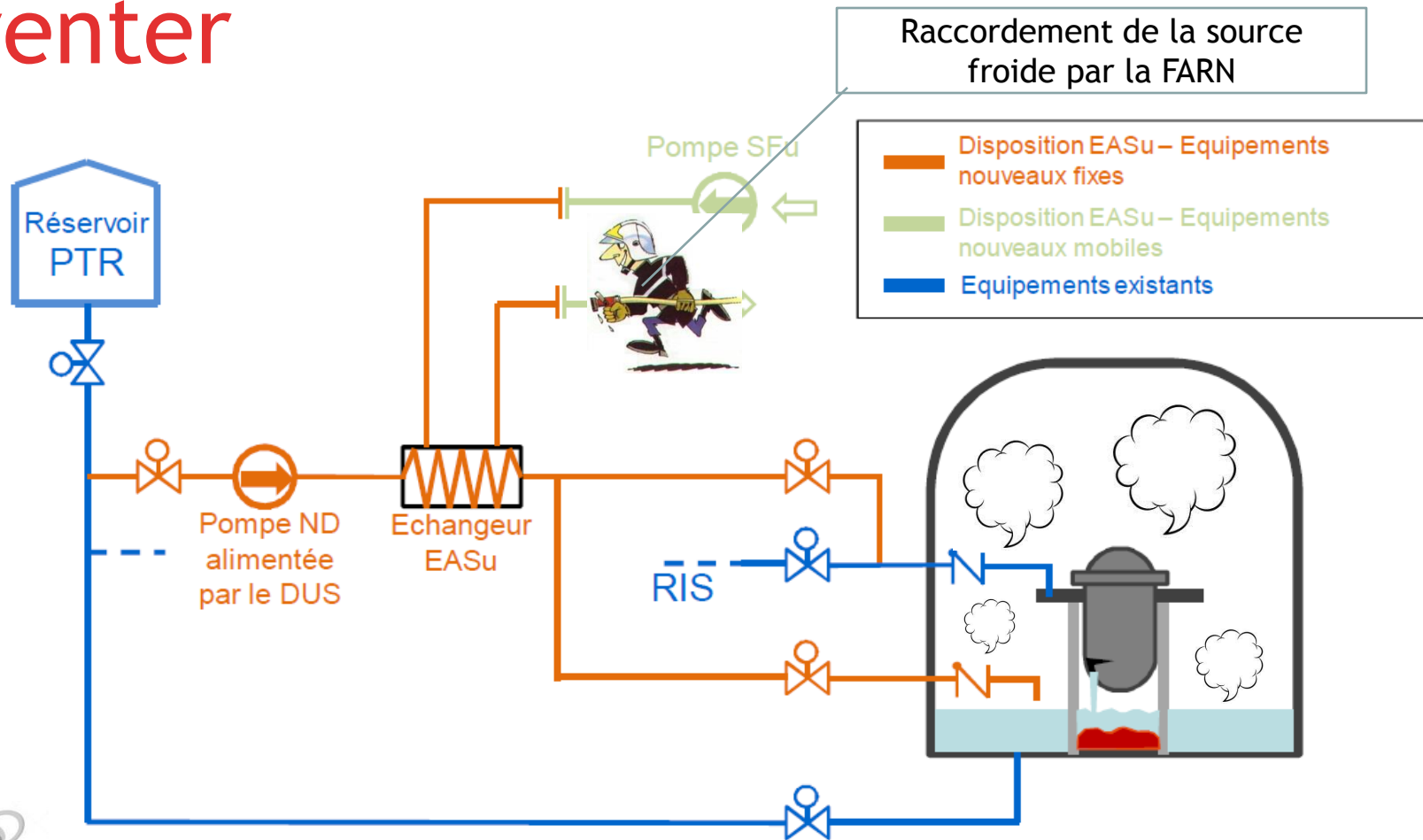
L'épaississement des radiers puits de cuve et des zones d'étalement du corium pour certains sites est un sujet de discussion ...

Évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte de confinement sans éventage

Suite au GP de principes de juillet 2016, l'IRSN va examiner plus avant la disposition EAS ultime prévue par EDF pour l'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte de confinement sans avoir besoin de recourir au dispositif d'éventage-filtration, *notamment* en termes de :

- suffisance des **délais** de mise en service par la FARN de la source froide,
- capacité de recirculation du fluide, via les systèmes de **filtration** RIS/EAS,
- gestion des éventuelles **fuites** du circuit EASu.

Evacuer la puissance résiduelle sans éventer



Enjeu = raccorder la source froide avant d'atteindre 5 bar dans l'enceinte

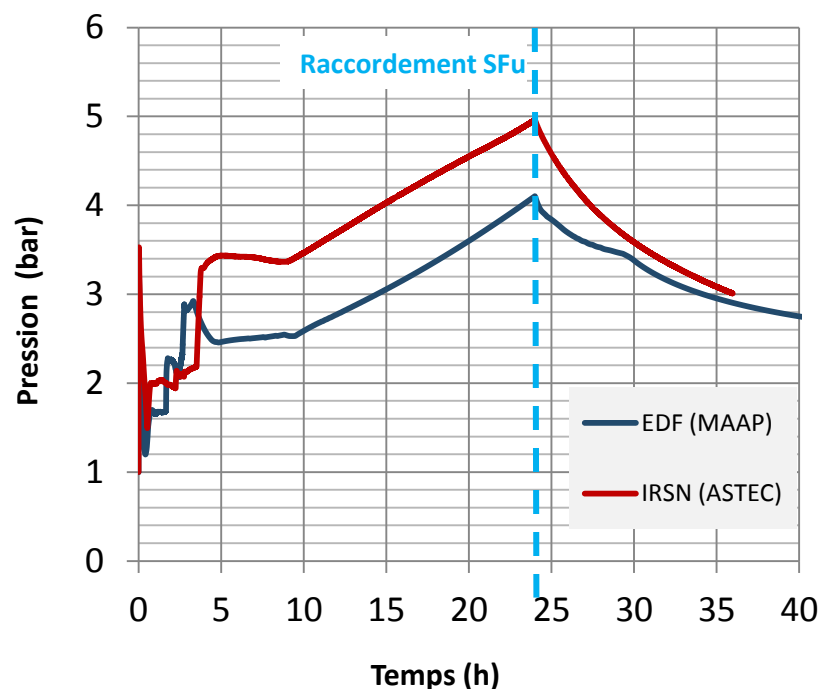
Raccorder la source froide avant d'atteindre 5 bar dans l'enceinte ?

■ Phénomènes/incertitudes impactant la cinétique de pressurisation enceinte :

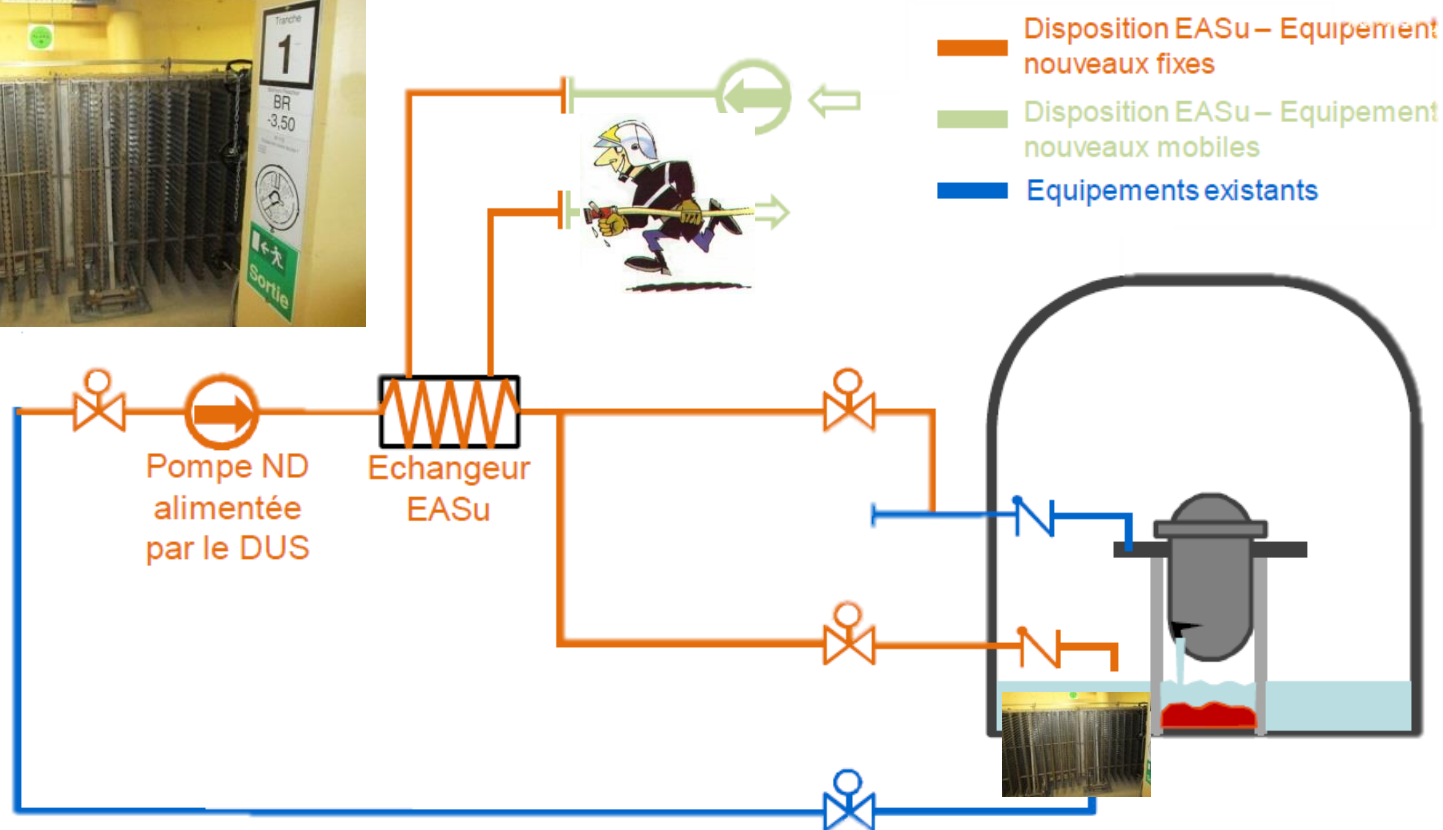
- Transfert de chaleur corium/eau, transfert de PF (porteurs de puissance) dans l'eau des puisards et dans l'enceinte, échanges de chaleur avec les parois de l'enceinte, taux de fuite enceinte...

■ Robustesse du système face à un grand nombre de scénario

Exemple illustratif de comparaison de calculs de pression enceinte



La recirculation via les filtres RIS/EAS : risque de colmatage ?



Le risque de colmatage des filtres en recirculation

I Des spécificités de l'accident grave à bien prendre en compte :

- Des débris particuliers à filtrer:
 - Particules de béton et de corium
 - Dose importante dans l'enceinte et dans les puisards => coulures de peintures
- Des conditions particulières :
 - Haute température
 - Longue durée de fonctionnement nécessaire (plusieurs mois)
 - Doses dans l'eau et dans l'atmosphère enceinte

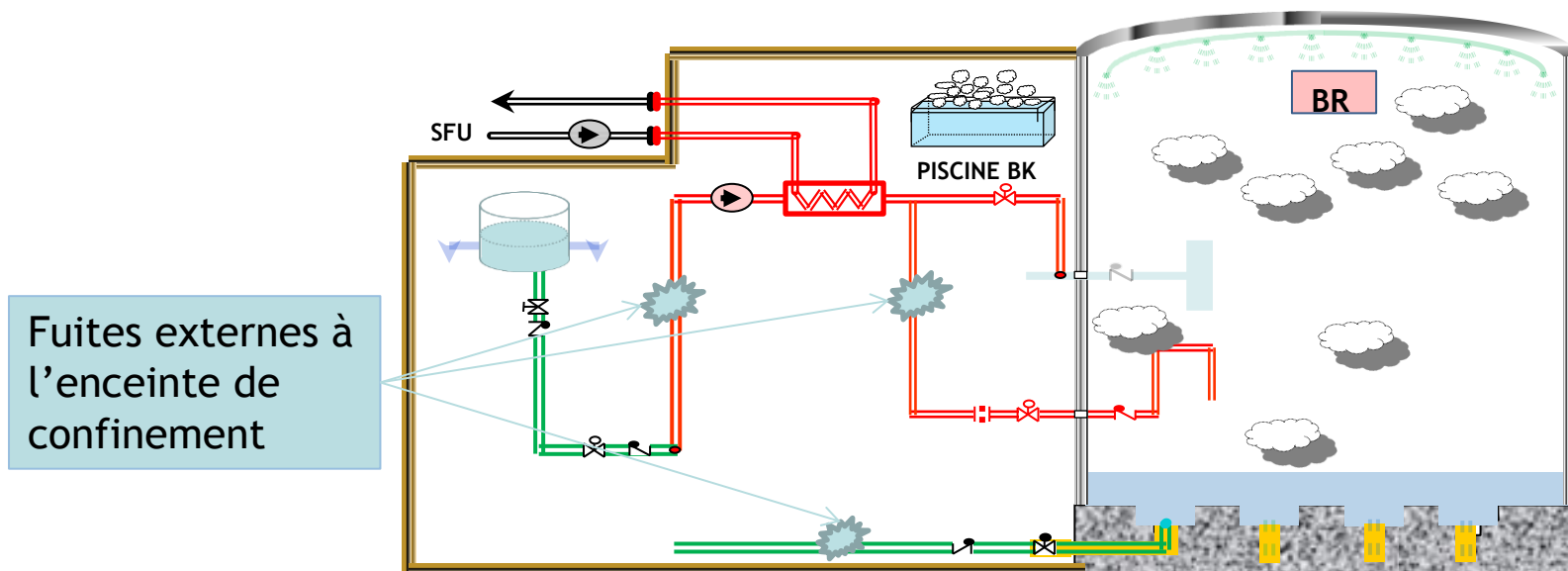
I La démonstration est basée sur des essais

- Essai EDF (boucle CEMETE)
- Essai IRSN (juillet 2018) à Vuez



Le risque de colmatage des filtres RIS/EAS en AG est *potentiellement* un sujet de discussion...

La question des fuites de l'eau circulant en dehors de l'enceinte



- Enjeu : risque de bipasse de la troisième barrière (parties hors BR)
- EDF : identification des zones de fuite potentielle et dispositif de collecte adapté, sans réinjection des fuites collectées vers BR ;



La réinjection des effluents contaminés (en cas de fuite sur le circuit EAsu) depuis le BK vers le BR est un sujet de discussion...

Amélioration du dispositif d'éventage-filtration de l'enceinte

L'IRSN examinera pour le GP de mars 2019 la démonstration d'EDF de l'efficacité de la disposition U5, et les améliorations envisageables, *notamment en termes* :

- de tenue au **séisme**

- de **filtration des radionucléides**



Rappel : EDF base sa démonstration de sûreté sur la disposition EASu. U5 sera activée uniquement au titre d'une défense en profondeur en cas de défaillance de l'EASu.

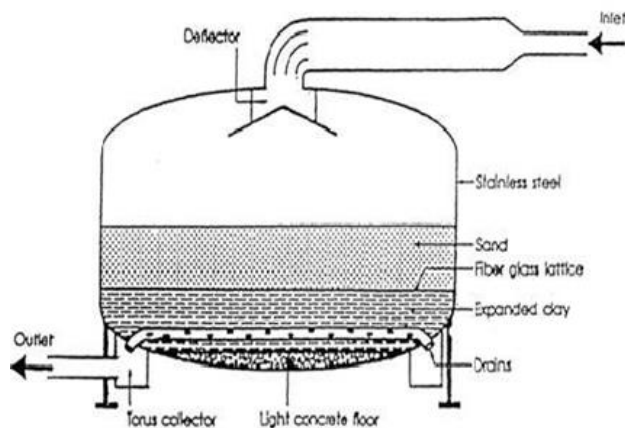
Amélioration du dispositif d'éventage-filtration de l'enceinte

Tenue au séisme



EDF a planifié les travaux de renforcement au séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV)

Pour le séisme majoré de sûreté (SMS), les études EDF (par site) sont en cours (identification des travaux de renforcements qu'ils seraient nécessaires de faire le cas échéant).

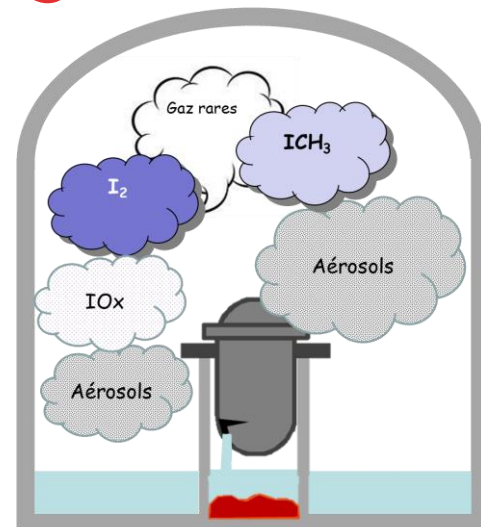


Amélioration du dispositif d'éventage-filtration de l'enceinte

Amélioration de la filtration des radionucléides

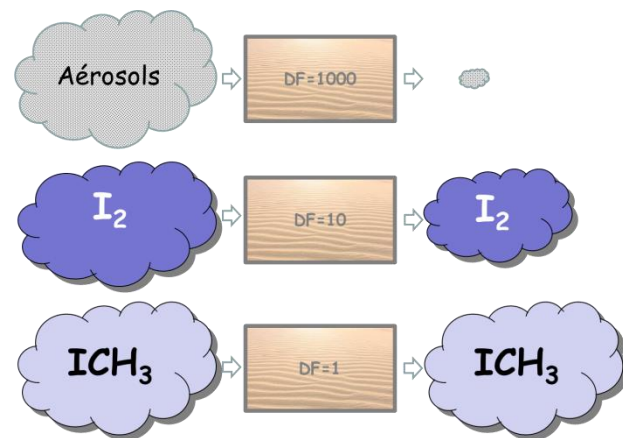
Les rayonnements dans l'atmosphère du BR proviennent

- des gaz rares
- des particules en suspension (aérosols)
- et des iodes : formes gazeuses (I_2 et ICH_3), et fines particules (IOx)



La filtration U5 permet de réduire les rejets dans l'environnement :

- Des aérosols : $DF = 1000$
- Filtration faible de l'iode moléculaire I_2 : $DF = 10$
- Pas de filtration de ICH_3 ($DF = 1$)
- Pas de filtration des gaz rares



Les iodes ont un poids très important dans les conséquences radiologiques à court-terme => l'amélioration de leur filtration est un enjeu.

Amélioration du dispositif d'éventage-filtration de l'enceinte

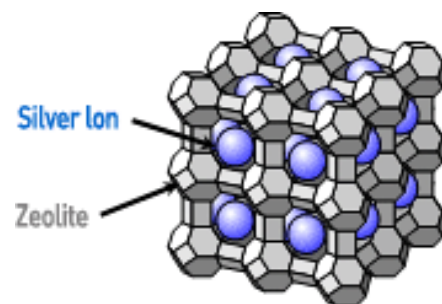
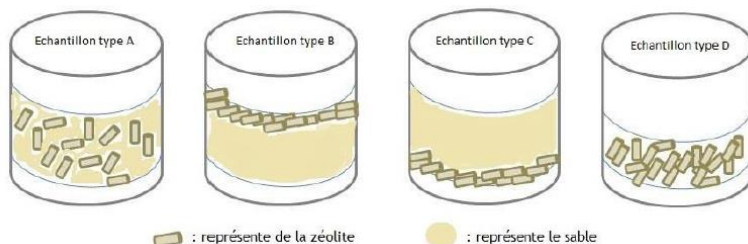
Amélioration de la filtration des radionucléides



Exploiter les avancées récentes de la R&D pour renforcer l'efficacité de la filtration des iodes

■ R&D impulsée par IRSN (projet européen PASSAM, programme ANR MIRE -en cours...), suivie par EDF : 2 pistes prometteuses :

- Imprégnation du sable par une solution de nitrate d'Ag
- Introduction de zéolithe dans le sable (plusieurs options étudiées)



L'amélioration du système de filtration est un sujet de discussion...

En résumé, les gros sujets de discussion :

-  L'épaississement des radiers puits de cuve et des zones d'étalement du corium pour certains sites
-  La réinjection des effluents contaminés (en cas de fuite sur le circuit EASu) depuis le BK vers le BR
-  L'amélioration de la filtration des iodes par le filtre à sable (U5)

Et *potentiellement*...

-  Le risque de colmatage des filtres RIS/EAS en AG
-  La suffisance des modalités FARN de mise en service de l'EASu/SFu

Merci pour votre attention

«Se rapprocher des objectifs de sûreté d'EPR» : quelle distance parcourue ?

VD3 900

- Evacuation de la P résiduelle : assurée par éventage (U5);
- Limitation des rejets voie aérienne : assurée pour les AE, par filtration (U5);
- limitation percée du radier : pas assurée (injection d'eau en cuve pour éviter la rupture de cuve)

VD4 900

- Evacuation de la P résiduelle : assurée par injection/recirculation (EASu) (et réinjection si fuite?);
- Limitation des rejets voie aérienne : assurée si pas de rejets « volontaires » ; si rejets, assurée pour les AE + les iodes ? par filtration (U5);
- limitation percée du radier : assurée par disposition étalement (épaississement ?)+ refroidissement via EASu

EPR

- Evacuation de la P résiduelle : assurée par aspersion/recirculation (EVU)
- Limitation des rejets voie aérienne : assurée car pas de rejets « volontaires »
- limitation percée du radier : assurée par le «core-catcher » (récupérateur de corium) + refroidissement via EVU