

**THÉMATIQUE « SITUATIONS
PRISES EN COMPTE ET
MESURES COMPENSATOIRES »**

SYNTHÈSE DES QUESTIONS DE LA SOCIÉTÉ CIVILE

- Par Coralie Pineau (ANCCLI)

• + SITUATIONS PRISES EN COMPTE ET MESURES

○ COMPENSATOIRES

- Est-il contradictoire de demander de maintenir l'eau d'injection de sécurité à une température supérieure à 20°C pour certains réacteurs, alors que les études effectuées lors des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) préconisaient de refroidir le réacteur avec de l'eau plus froide ?
- Quel impact sur la sûreté du préchauffage de l'eau de l'injection de sécurité ?
- La montée progressive de la température à laquelle leur acier peut devenir fragile nécessite-t-elle dans certains cas, pour éviter un choc froid, le préchauffage de l'eau injectée dans le circuit primaire en cas de brèche ? Cette situation est-elle considérée du point de vue de la sûreté comme parfaitement équivalente à celle d'une cuve neuve préservée de ce risque ?
- Quelles sont les mesures compensatoires en termes de température de l'eau de la bêche du circuit de refroidissement de secours et du réacteur à l'arrêt ?
 - Pour chaque réacteur concerné avant la VD4 (il doit y avoir 3 réacteurs concernés, 1 à Fessenheim, Tricastin 1 et 1 à Saint-Laurent).
 - Pour chaque réacteur au-delà de la VD4, au cas où ils seraient prolongés (information très intéressante en particulier pour ceux dont la température de transition à la VD4 serait déjà proche de 80°C).
- Est-il possible de s'intéresser à toutes les situations de fonctionnement, y compris les transitoires dont il serait intéressant d'avoir l'historique pour chaque réacteur ?

PROBLÉMATIQUE ET TERMES UTILISÉS

- Par Caroline HEIB (IRSN)

Thématique « Situations prises en compte et mesures compensatoires »

[PROBLÉMATIQUE ET TERMES UTILISÉS

Les **situations** de fonctionnement, identifiées dans le **dossier des situations**, sont classées en catégorie en fonction de leur fréquence estimée d'occurrence :

2^e catégorie

Fonctionnement normal et incidents courants de fonctionnement

- Situations de démarrage et arrêt de la tranche
- Dépressurisation intempestive du primaire
- ...

3^e catégorie

Circonstances accidentelles très peu fréquentes

- Petite brèche primaire
- Rupture d'un tube de générateur de vapeur
- ...

4^e catégorie

Circonstances accidentelles hautement improbables

- Rupture d'une tuyauterie vapeur
- Rupture d'une tuyauterie primaire
- ...

Thématique « Situations prises en compte et mesures compensatoires »

[PROBLÉMATIQUE ET TERMES UTILISÉS

Une situation se traduit par :

- un/(des) événement(s) initiateur(s),
- un scénario
- et un classement

Caractérisée par **un transitoire**, défini en considérant un jeu d'hypothèses pénalisants vis-à-vis du risque mécanique

Chaque **transitoire** est caractérisé par l'évolution temporelle des paramètres thermohydrauliques suivants :

- La pression primaire
- La température du fluide à la paroi interne de la cuve
- Le coefficient d'échange thermique fluide/paroi, à la paroi interne de la cuve

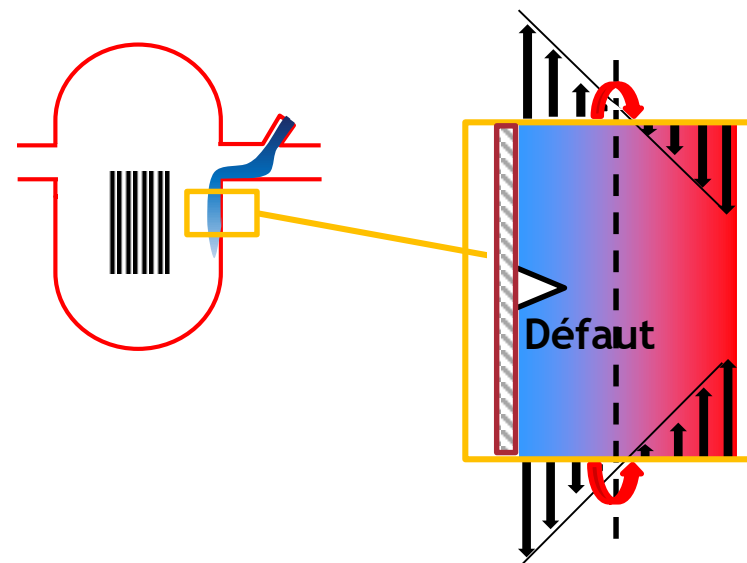
Thématique « Situations prises en compte et mesures compensatoires »

[PROBLÉMATIQUE ET TERMES UTILISÉS

- Les **transitoires pénalisants** vis-à-vis du risque d'amorçage d'un défaut sont ceux qui pourraient conduire à solliciter le défaut
- La nocivité d'un transitoire dépend principalement de la **variation de température, du sens de cette variation** et **de la localisation du défaut**
- Pour l'essentiel, il s'agit des transitoires associés aux **chocs thermiques froid** qui sollicitent des défauts sous revêtement de la cuve.

Choc thermique froid

Défaut sous revêtement situé en peau interne du composant



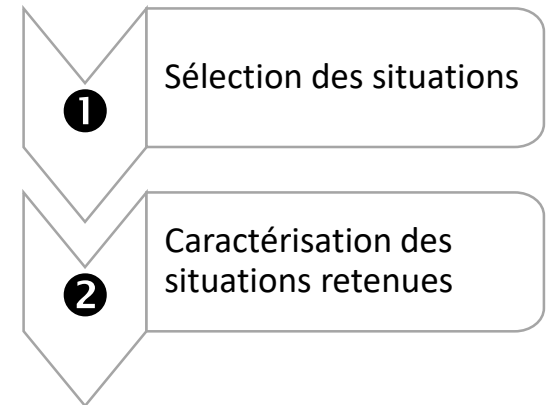
DOSSIER D'EDF

- Par Nicolas JARDIN (EDF)

SITUATIONS PRISES EN COMPTE – DOSSIER EDF (1/3)



- Les situations possibles vues par le Circuit Primaire Principal, dont la cuve, sont décrites dans le dossier des situations (DDS). Elles sont complétées par des situations spécifiques (transitoires additionnels et domaine complémentaire)
- Pour chaque catégorie, les situations les plus pénalisantes sont identifiées et caractérisées
- Pour la zone de cœur, les situations les plus pénalisantes sont celles des chocs froids. Ces situations ont fait l'objet d'une description détaillée lors de l'instruction, en particulier celles conduisant à un dénoyage puis à un renoyage
- Situations dimensionnantes : petites brèches primaires



SITUATIONS PRISES EN COMPTE – DOSSIER EDF (2/3)

Phénoménologie d'une situation de petite brèche primaire

➔ Circuit primaire initialement à 155 bar et 286°C (branche froide)

➔ Ouverture de la brèche

➔ Vidange et dépressurisation du circuit primaire

➔ Arrêt automatique du réacteur

➔ Arrêt des pompes primaires

➤ La circulation naturelle s'instaure

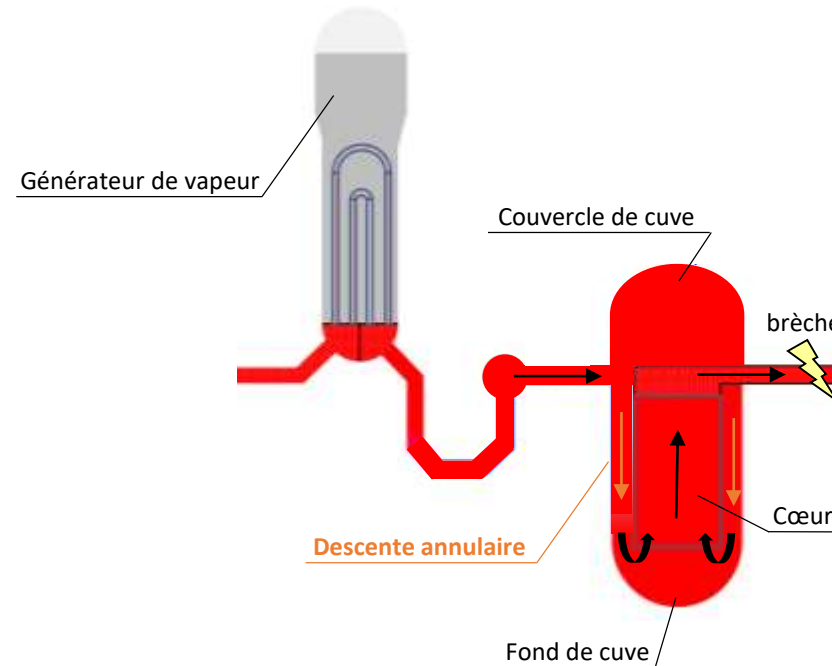
➔ Démarrage de l'injection de sécurité



Eau froide injectée
dans la branche froide et la descente annulaire

Spécifications techniques d'exploitation

$T^{\circ} IS \in [7^{\circ}C ; 40^{\circ}C]$



SITUATIONS PRISES EN COMPTE – DOSSIER EDF (3/3)

- Apport d'eau par l'injection de sécurité (IS) :
débit injecté par l'IS < débit perdu à la brèche
- Vidange du circuit primaire continue

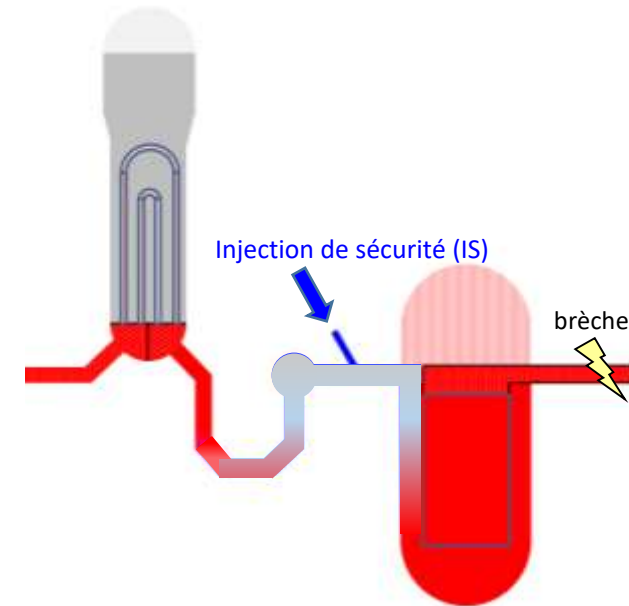


Arrêt de la circulation naturelle
=
Stratification thermique

- Formation d'une **langue froide** due à l'IS qui progresse vers l'entrée de la cuve et la descente annulaire



Choc froid
=
Sollicitation mécanique de la cuve



PRINCIPAUX SUJETS AYANT FAIT L'OBJET D'UNE EXPERTISE TECHNIQUE ET CONCLUSIONS TIRÉES

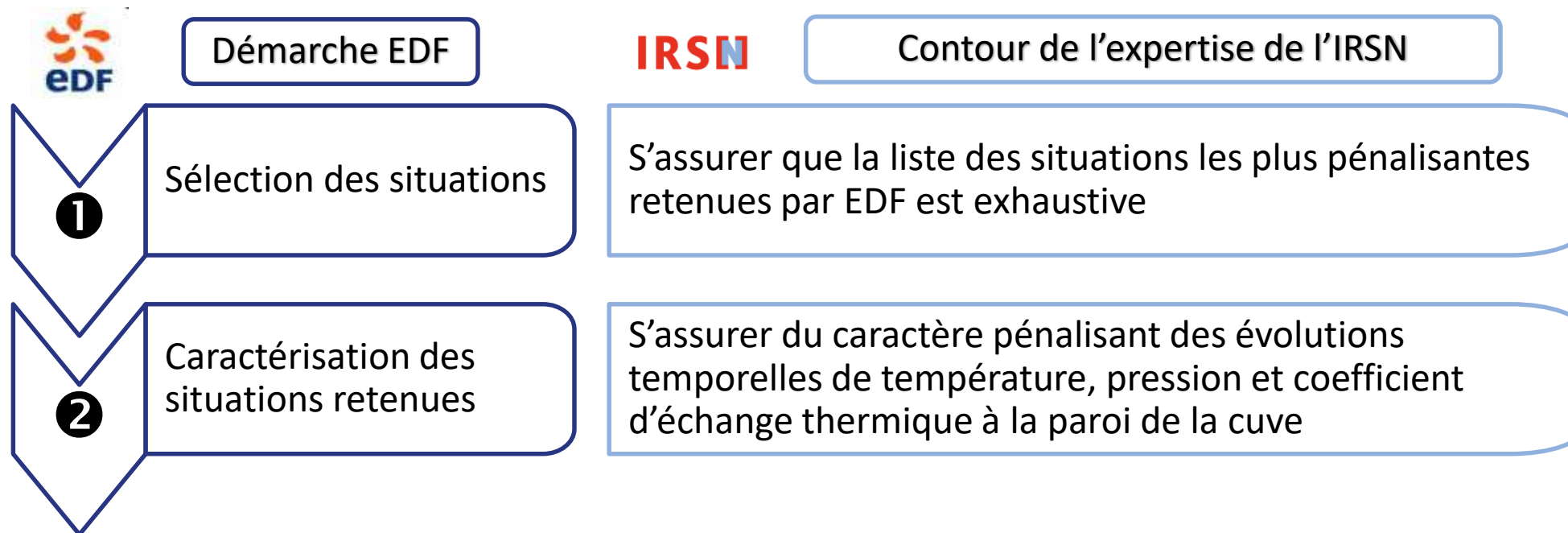
- Par Caroline HEIB (IRSN)

Thématique « Situations prises en compte et mesures compensatoires »

[CONTOUR DE L'EXPERTISE DE L'IRSN

■ Pour la démonstration de la tenue en service des cuves :

⇒ Nécessité d'identifier les situations les plus pénalisantes pour chaque catégorie.



Thématique « Situations prises en compte et mesures compensatoires »

[SELECTION DES SITUATIONS

■ Objectif de l'analyse de l'IRSN

Vérifier que **les transitoires les plus sévères dans chaque catégorie** ont été retenus comme données d'entrée de l'analyse de rupture brutale

Complexité de l'analyse : couverture de *toutes les situations possibles* de fonctionnement du réacteur

■ Expertise menée

- Analyse de la démarche retenue par EDF
- L'IRSN a interrogé EDF sur la prise en compte d'autres transitoires que ceux identifiés par le biais de sa démarche, en particulier :
 - Prise en compte du REX des expertises relatives aux anomalies de ségrégation de carbone (fonds primaires GV parc, calottes cuve EPR FA3)
 - Scénarios de chocs froids en peau externe de cuve
 - Exhaustivité des situations de surpression associées à un choc froid
 - Comparaison des scénarios prépondérants retenus à l'International, notamment aux Etats-Unis

■ Conclusions de l'IRSN

- ✓ **Identification des transitoires susceptibles d'être les plus pénalisants** pour le risque de rupture brutale de la zone de cœur, pour chaque catégorie de situations considérée

Thématique « Situations prises en compte et mesures compensatoires »

[CARACTÉRISATION DES SITUATIONS

■ Objectif de l'analyse de l'IRSN

Vérifier le **caractère conservatif** de la description thermohydraulique (**ou caractérisation**) retenue pour chaque situation précédemment identifiée

- La caractérisation décrit l'évolution des paramètres thermohydrauliques dominants du chargement thermomécanique

Température + Pression + $h_{\text{échange}}$

- Le caractère conservatif est assuré notamment en :

- maximisant l'amplitude du choc thermique
- maximisant la pression
- maximisant le transfert thermique entre la paroi et le fluide



Température fluide finale = paramètre prépondérant

- Complexité de la démarche : couplage des phénomènes physiques



Thématique « Situations prises en compte et mesures compensatoires »

[IMPACT DE LA TEMPÉRATURE DE L'INJECTION DE SÉCURITÉ SUR LA SÉVÉRITÉ DU CHOC FROID

- Dans l'analyse : paramètre considéré constant à la valeur minimale des STE = 7°C (gamme autorisée par les STE [7°C ; 40°C]) → **Illustration du conservatisme associé**
 - Pour les réacteurs de **Fessenheim 2, Tricastin 1, et Saint Laurent B1**
 - Disposition permettant d'assurer une température minimale de **20°C** pour la bâche PTR
 - **Atténuation du choc froid** en cas de brèche primaire, car la température du fluide primaire s'écoulant le long de la cuve en paroi interne est sensiblement égale à la température de l'IS **en fin de transitoire**
 - **Gain direct** sur le facteur de marge minimal, car il est obtenu **en fin de transitoire**, donc pour une température fluide égale à la température de l'injection de sécurité
- Ordre de grandeur : +1% de marge pour +1°C, soit un gain sur le Fm de 10 à 15% (pour +13°C)**
- Ne joue « que » sur la caractérisation du transitoire : propriétés mécaniques inchangées



Thématique « Situations prises en compte et mesures compensatoires »

[CARACTÉRISATION DES SITUATIONS

■ Expertise menée

- Conservatisme de la mise à jour de la caractérisation des transitoires pour chaque catégorie du DDS
 - *Modifications matérielles et de conduite depuis la VD3 prises en compte ?*
- Caractérisation des transitoires de petite brèche primaire, induisant un dénoyage de la descente annulaire et son renoyage par de l'eau froide : l'analyse de l'IRSN a conduit EDF à faire évoluer leur caractérisation
- Analyse de l'impact de l'allongement du délai opérateur de 20 minutes à 30 minutes (référentiel EPR) sur les transitoires
- Un des moyens mis en œuvre : **Réalisation d'études support à l'expertise**, avec une chaîne de calculs développée par l'IRSN, notamment pour la caractérisation des transitoires de petites brèches primaires (3^e catégorie)

Thématique « Situations prises en compte et mesures compensatoires »

[CARACTÉRISATION DES SITUATIONS

■ Conclusions de l'IRSN

- Nombreux échanges au cours de l'instruction (questionnaires, réunions d'instruction technique)
- Plusieurs caractérisations reprises par EDF, notamment pour des situations de 3^e et 4^e catégorie
- Travail conséquent d'EDF pour le développement d'une méthode de caractérisation des transitoires de petite brèche primaire « dénoyés-renoyés »
- Les caractérisations comportent des conservatismes :
 - Caractérisation basée sur des approches simplifiées : courbes enveloppes, outils 1D et corrélations expérimentales enveloppes
 - Pénalisation déterministe des paramètres dominants, par exemple :
 - Température minimale de l'injection de sécurité et des accumulateurs
 - Débits d'injection de sécurité maximaux

⇒ Les caractérisations ont été jugées acceptables pour l'ensemble des situations, compte tenu des compléments apportés par EDF

Thématique « Situations prises en compte et mesures compensatoires »

MERCI POUR VOTRE ATTENTION