



IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

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

Réunion 3 «- Accident grave et noyau dur post-
Fukushima »

26 juin 2018

Maitrise des accidents



SOMMAIRE

- Les objectifs du « noyau dur »
- Conduite ND ultime réacteur en RP ou AN/GV
- Conduite ND ultime réacteur hors RP ou AN/GV
- Conduite ND ultime piscines BR ou BK pleine(s)
- Instructions à venir

Les objectifs du « noyau dur »

L'ASN fixe au noyau dur des REP (Décisions n° 2012-DC-274 à 292 du 26 juin 2012), pour les situations extrêmes étudiées dans le cadre des ECS, les objectifs suivants :

- prévenir un accident avec fusion du combustible ou en limiter la progression ;
- limiter les rejets radioactifs massifs ;
- permettre à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une crise.



Les objectifs du « noyau dur »

I pour la stratégie de refroidissement du cœur et d'évacuation de la puissance hors de l'enceinte de confinement, le noyau dur doit d'abord viser à prévenir la fusion du cœur en privilégiant les solutions permettant de conserver l'intégrité des barrières le plus longtemps possible et limiter le risque de bypass de l'enceinte ;

⇒ Amener le réacteur dans un état stabilisé en maîtrisant les trois fonctions de sûreté (réactivité, refroidissement, confinement)

⇒ Absence de brèche sur le circuit (étude de sensibilité)

I pour les piscines des bâtiments réacteur et combustible, les dispositions visant à maintenir l'inventaire en eau doivent être particulièrement robustes.

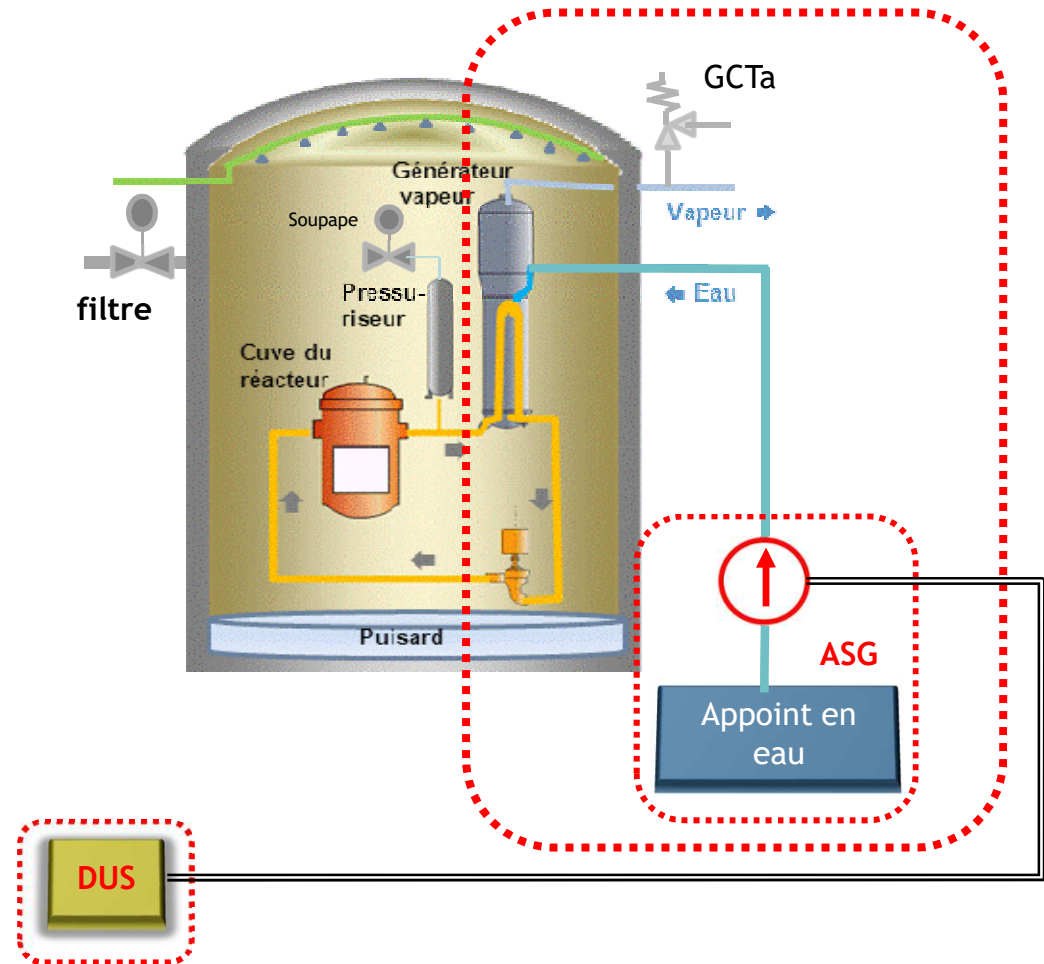
⇒ Garantir un appoint suffisant et un exutoire pour la vapeur

Conduite ND ultime réacteur en RP ou AN/GV

➤ Phases de conduite

PHASE 0 : Automatismes et état

- ➔ Chute de toutes les grappes
- ➔ Intégrité des joints GMPP
- ➔ Régulation de la pression GV
- ➔ Démarrage du **DUS** et alimentation en eau des GV par l'**ASG**



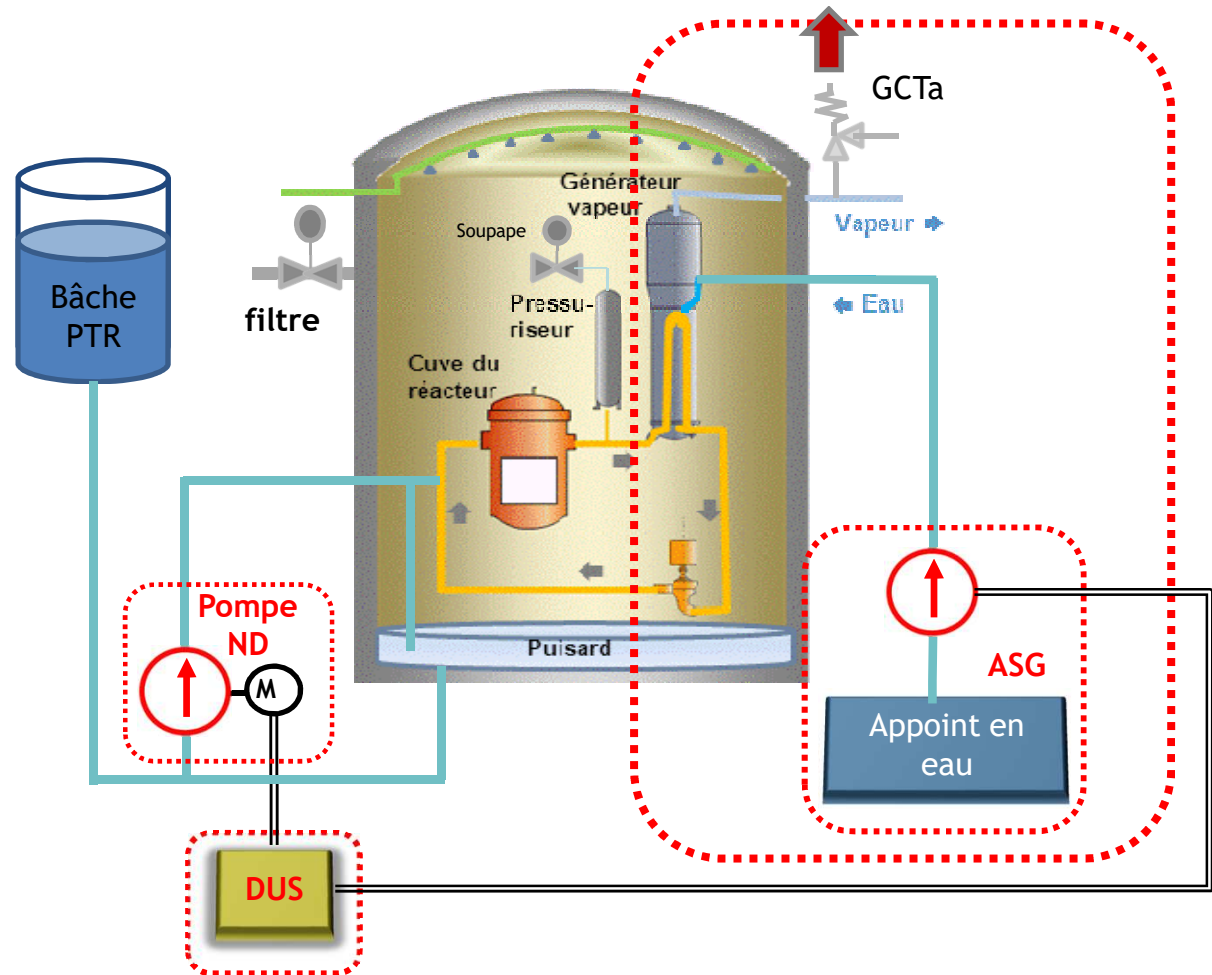
Conduite ND ultime réacteur en RP ou AN/GV

➤ Phases de conduite

PHASE 0 : Automatismes et état

PHASE 1 : Refroidissement avec les générateurs de vapeur (-56 °C/h) et démarrage de la pompe ND

- ➔ Baisse de la température et de la pression du circuit primaire
- ➔ Injection dans les puisards
- ➔ Formation de la bulle sous le couvercle de la cuve (vers 75 bar) ralentissant fortement la dépressurisation



Conduite ND ultime réacteur en RP ou AN/GV

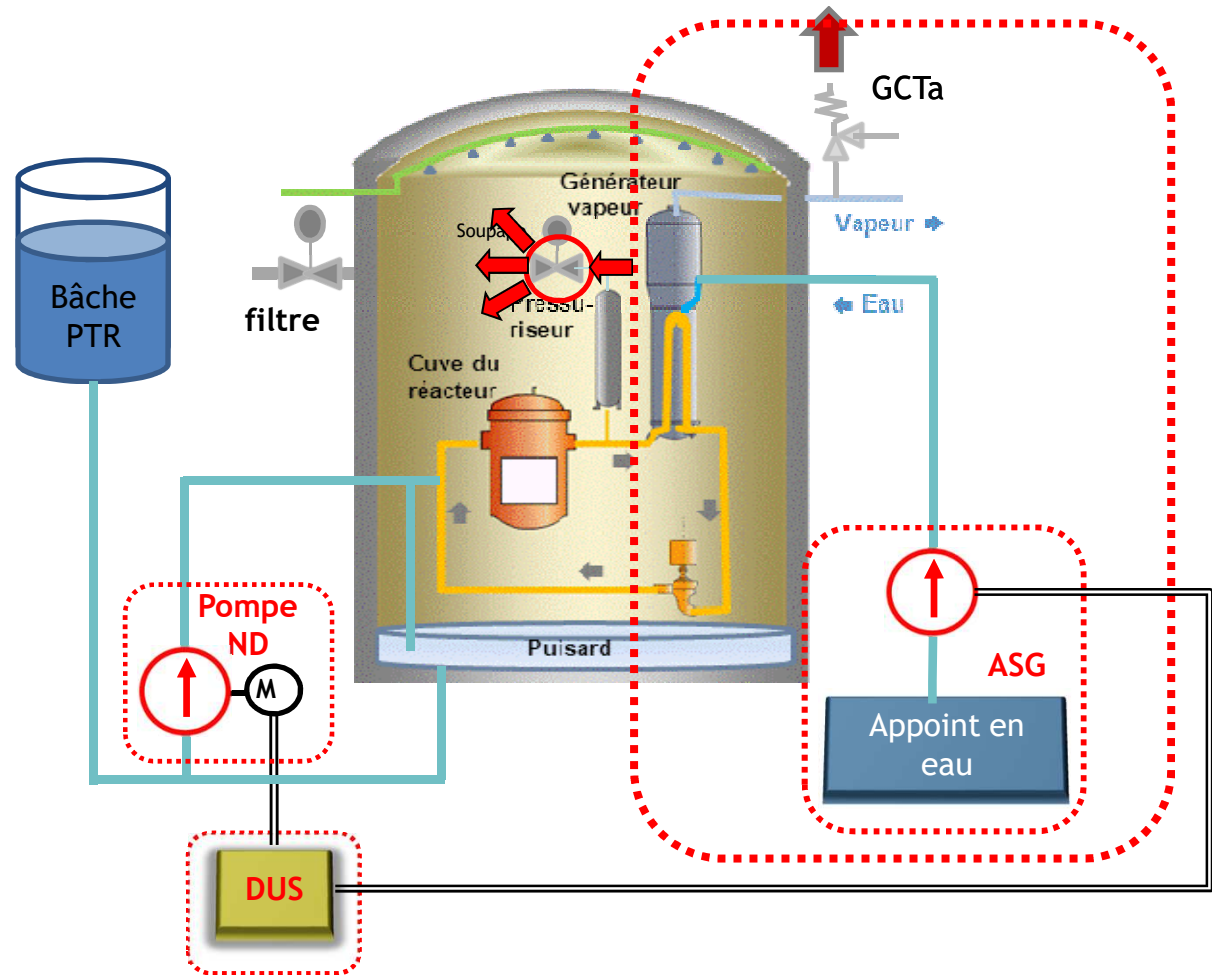
➤ Phases de conduite

PHASE 0 : Automatismes et état

PHASE 1 : Refroidissement avec les générateurs de vapeur (-56 °C/h) et démarrage de la pompe ND

PHASE 2 : Ouverture d'une LDP sur seuil de pression GV

➔ Baisse rapide de la pression du circuit primaire



Conduite ND ultime réacteur en RP ou AN/GV

➤ Phases de conduite

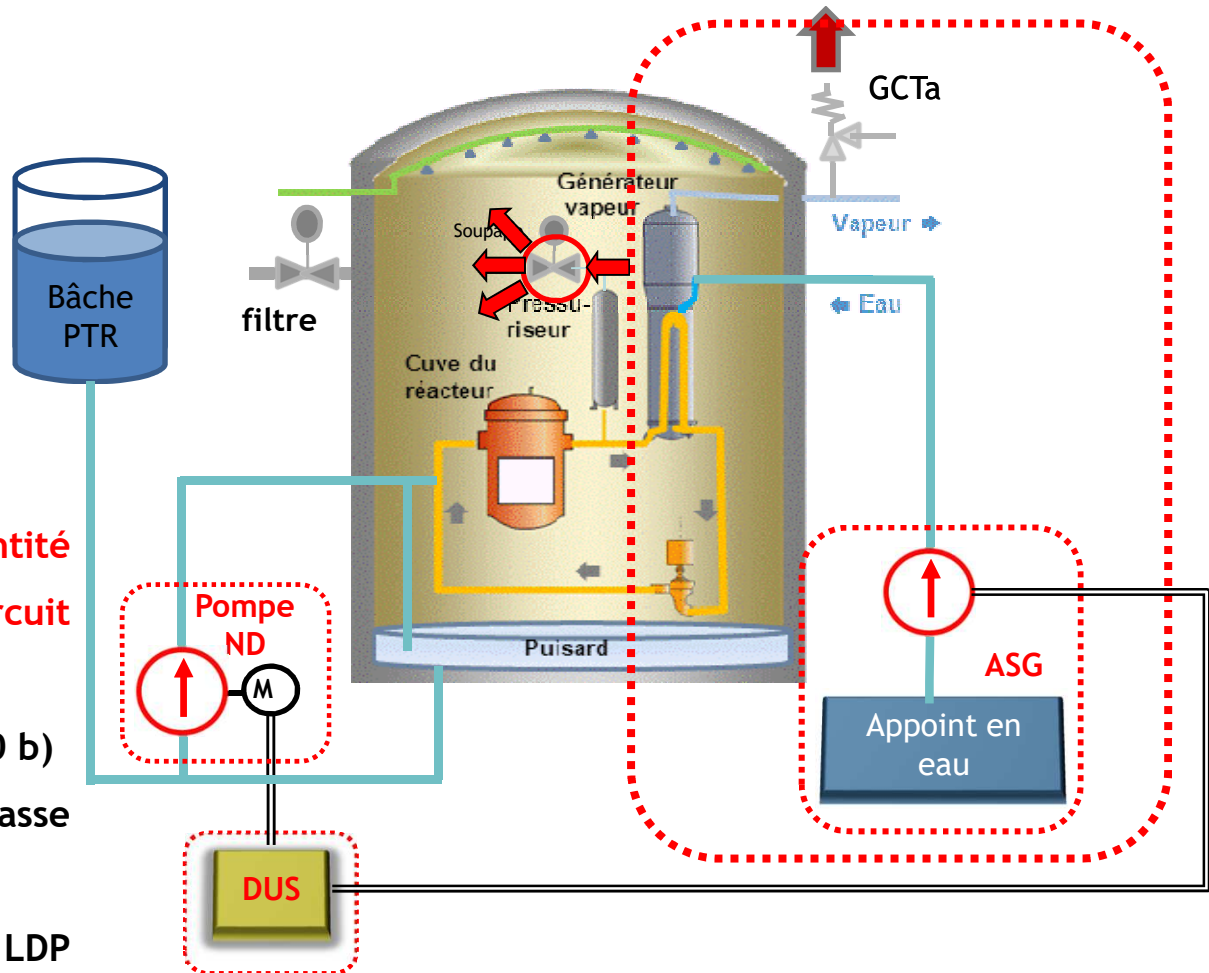
PHASE 0 : Automatismes et état

PHASE 1 : Refroidissement avec les générateurs de vapeur (-56 °C/h) et démarrage de la pompe ND

PHASE 2 : Ouverture d'une LDP sur seuil de pression GV

PHASE 3 : Injection d'une quantité d'eau borée suffisante dans le circuit primaire

- ➔ Par les accumulateurs RIS (40 b)
- ➔ Puis par la pompe ND à basse pression (15 b)
- ➔ Maintien ouvert de la LDP (exutoire primaire)
- ➔ Poursuite du refroidissement



Conduite ND ultime réacteur en RP ou AN/GV

➤ Phases de conduite

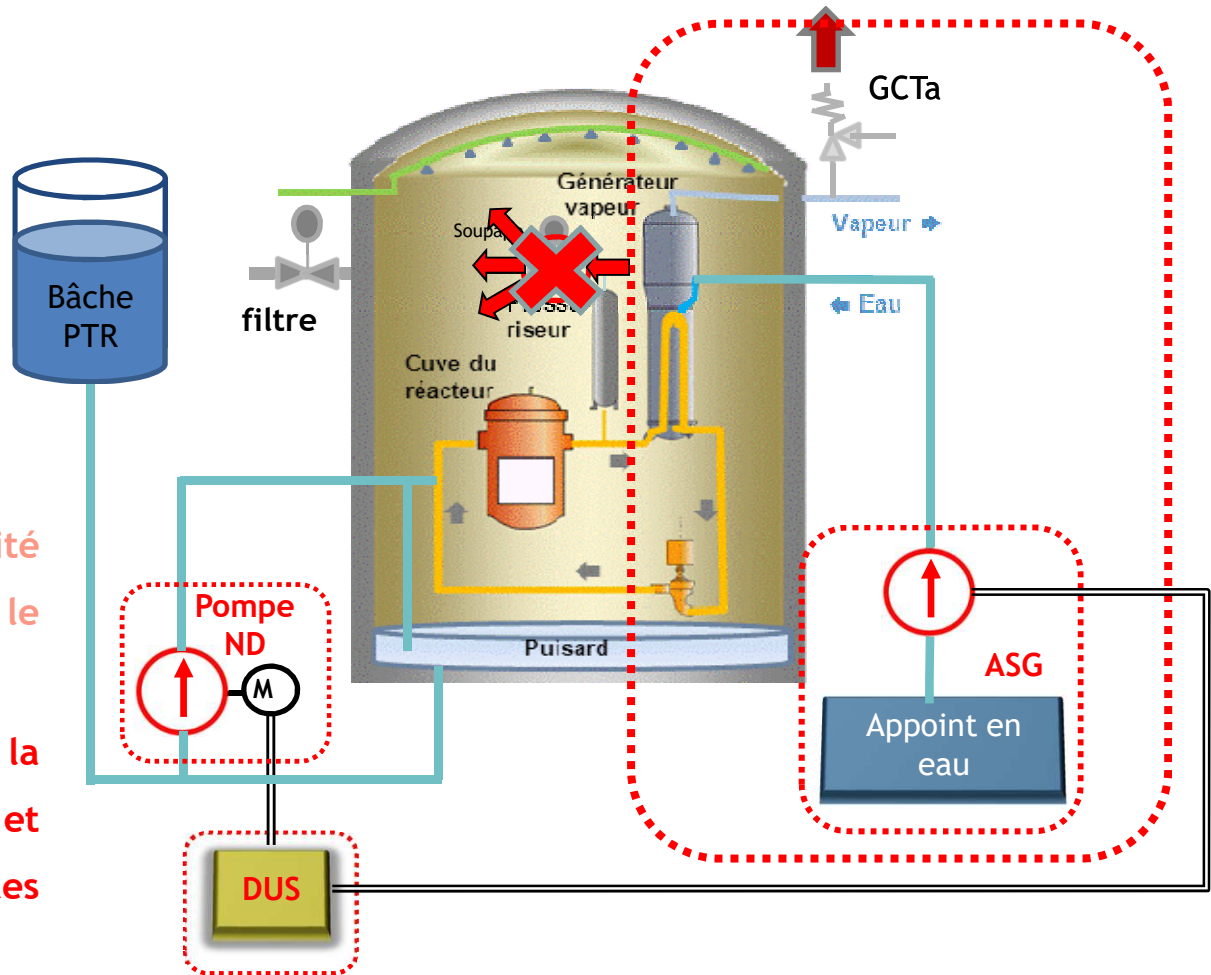
PHASE 0 : Automatismes et état

PHASE 1 : Refroidissement avec les générateurs de vapeur (-56 °C/h) et démarrage de la pompe ND

PHASE 2 : Ouverture d'une LDP sur seuil de pression GV

PHASE 3 : Injection d'une quantité d'eau borée suffisante dans le circuit primaire

PHASE stabilisée : Fermeture de la soupape du circuit primaire et poursuite du refroidissement par les GV



Conduite ND ultime réacteur en RP ou AN/GV

➤ D'un point de vue matériel



Un repli rapide est favorable pour :

- rejoindre un moyen efficace d'appoint au primaire
- réduire la durée de la sollicitation en température et pression des joints des GMPP

➤ D'un point de vue facteur humain



Un repli immédiat est rassurant :

- éviter l'inaction des opérateurs

➤ D'un point de vue stratégique



Conduite **robuste** à une brèche de 1 pouce mais nécessite alors :

- le passage en recirculation
- à terme, la mise en œuvre de l'échangeur EASu (FARN)

Conduite ND ultime réacteur en RP ou AN/GV



La **conduite ND ultime** permet la **maîtrise** des **trois fonctions de sûreté** si **toutes les grappes de commande chutent intégralement**

Toutefois la **maîtrise de la réactivité** induit des **contraintes fortes** sur la stratégie de conduite : **ouverture volontaire d'une LDP**



Garantir la chute de **toutes** les grappes est **non atteignable**

L'IRSN considère qu'EDF doit étudier la conduite ND et les moyens associés pour **éviter une ouverture volontaire du circuit primaire et assurer des marges en réactivité vis-à-vis notamment de la problématique de chute partielle de grappes.**

Conduite ND ultime réacteur hors RP ou AN/GV

- La concentration en bore est supérieure à la Cb d'arrêt à froid : la maîtrise de la réactivité est donc assurée sur le long terme
- L'évacuation de la puissance résiduelle est assurée :
 - Par les GV dans les états fermés ;
 - Par les GV plus l'injection par la pompe ND avec recirculation sur les puisards BR et mise en service à terme de l'échangeur EASu (FARN) dans l'état entrouvert.
 - Par l'injection par la pompe ND avec recirculation sur les puisards BR et mise en service à terme de l'échangeur EASu (FARN) dans l'état ouvert
- Le confinement est assuré (hors quelques phases d'exploitation) par au moins deux barrières de confinement (enceinte et gaines)

Conduite ND ultime piscine BR ou BK pleine

- La concentration en bore est supérieure à la C_b requise pour la manutention du combustible :
 - la maîtrise de la réactivité est donc assurée sur le long terme
- L'évacuation de la puissance résiduelle est assurée :
 - Par un appoint depuis la source froide ultime (moyen de pompage en nappe ou par des réservoirs),
- Le confinement est assuré par les gaines du combustible et le maintien sous eau des assemblages

Instructions à venir

- **Résistance des installations aux agressions.**
 - **Atteintes des exigences fonctionnelles requises sur les moyens ND (séisme, inondation, grand chaud, environnement industriel ...)**
 - **Protection contre les événements induits (incendie, chute de charge, inondation interne, ...)**

- **Consolidation des stratégies de gestion des situations**
 - **Maitrise de la réactivité**
 - **Résistance des joints des pompes primaires**
 - **...**

- **Conception/fiabilité des dispositions noyau dur ;**

- **Faisabilité des actions nécessaires**
 - **Salle de commande ; en local ; FARN**
 - **Isolement du site - équipe d'exploitation situation extrême**
 - **Organisation, gestion de crise ...**