



ACCIDENTS GRAVES : DISPOSITIONS POUR LE 4^{ÈME} RÉEXAMEN

Dialogue Technique
ANCCLI/IRSN/ASN/EDF dans cadre
du quatrième réexamen périodique
(« RP4 ») des réacteurs 900 MWe

S. SALVATORES (DIPDE/Design Authority)



SOMMAIRE

- 1. ELÉMENTS SUR LES ACCIDENTS GRAVES**
- 2. OBJECTIFS DE SÛRETÉ**
- 3. DISPOSITIONS PROPOSÉES PAR EDF**
- 4. SYNTHÈSE**

1.

Éléments sur les Accidents Graves

PRINCIPES DE CONCEPTION

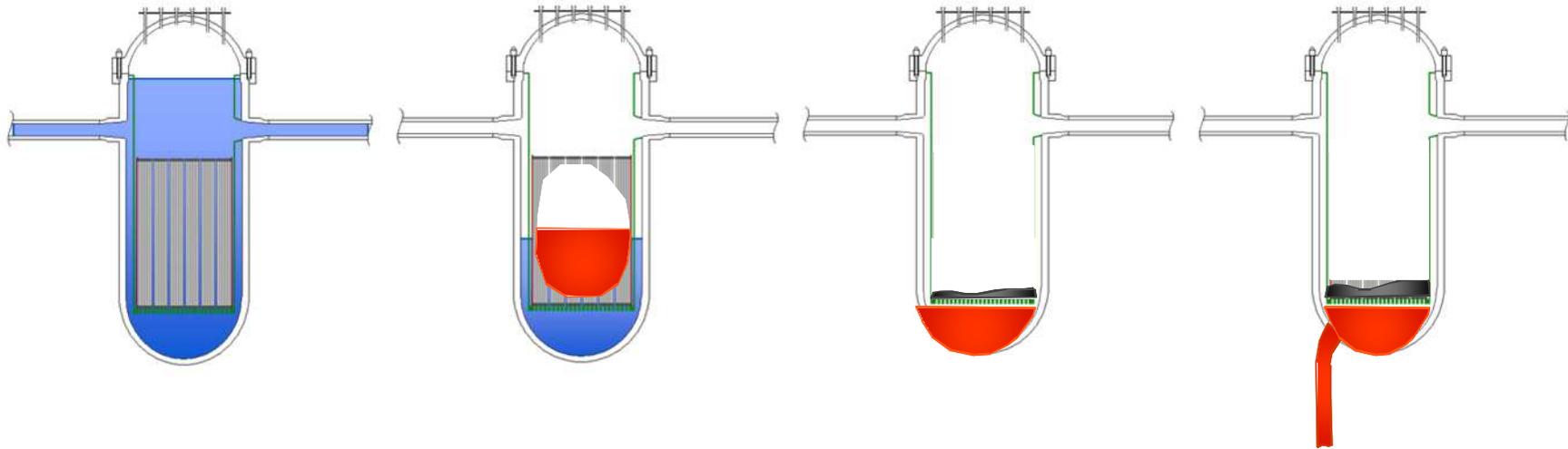
- ❑ **Le dimensionnement des centrales nucléaires en fonctionnement est basé sur une liste de situations incidentelles / accidentelles qui a permis la mise en place à la conception de systèmes pour permettre le maintien dans ces situations des fonctions de sûreté :**
 - ✓ **Maîtrise de la réactivité,**
 - ✓ **Refroidissement du combustible,**
 - ✓ **Maintien du confinement**
- ❑ **Exemple : petite brèche sur le circuit primaire => injection de sécurité haute ou moyenne pression**
- ❑ **La démarche de sûreté à la conception pour les réacteurs d'EDF se base sur une stratégie de prévention d'un accident pouvant conduire à la fusion du combustible**
- ❑ **Au delà des moyens de prévention mis en place à la conception initiale, les réacteurs en fonctionnement ont fait l'objet de modifications pour intégrer des dispositions de mitigation des accidents graves, et ce tout au fil des réexamens et de l'intégration du REX événementiel**

DISPOSITIONS AG

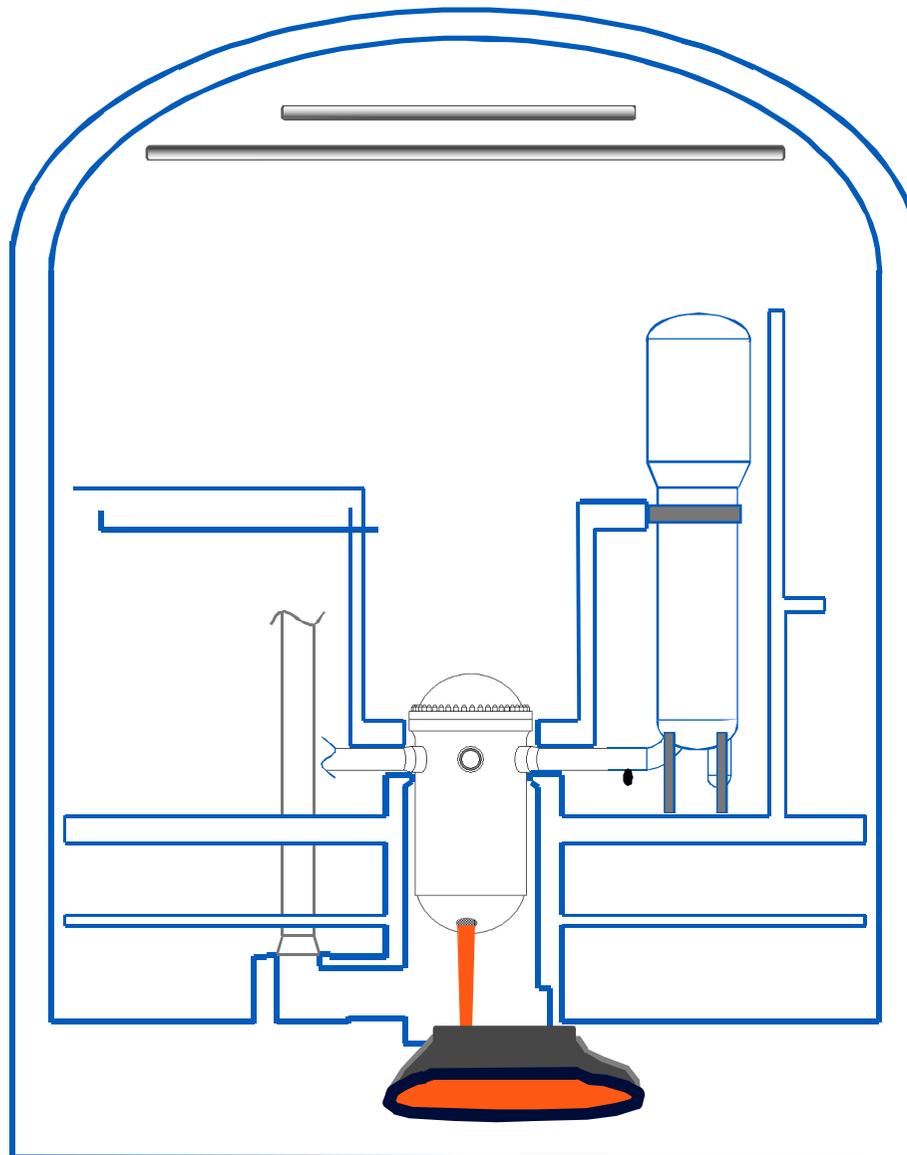
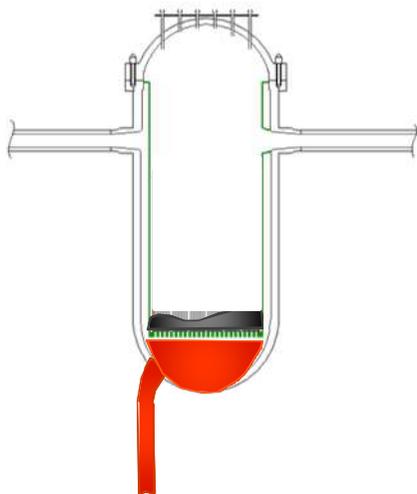
- ❑ **EDF a mis en place au fil du temps des dispositions de mitigation des accidents graves**
- ❑ **Pour ce faire, EDF a postulé des scénarios d'études d'AG vis-à-vis desquels des dispositions de mitigation ont été étudiées**
- ❑ **Les scénarios de dimensionnement de ces dispositifs postulent un accident (ex : APRP, perte totale des sources électriques) et l'absence de parade au niveau des systèmes de sauvegarde ou des interventions humaines**
- ❑ **Si les « accidents graves » sont hautement hypothétiques, ils sont pris en compte dans la démarche de sûreté au titre d'un ultime niveau de défense en profondeur**
 - ✓ Dispositif d'éventage de l'enceinte (U5)
 - ✓ Recombineurs auto-catalytques passifs (« RAP »), vis-à-vis du risque H2

DÉROULEMENT D'UN AG

4 phases



PHASE « CORIUM HORS CUVE »



2.

Objectifs de Sûreté

DÉMARCHE

- ❑ Lettre ASN à EDF dans le cadre de la durée de fonctionnement du parc nucléaire (2010) : « L'ASN considère que les études de réévaluation doivent être conduites au regard des objectifs de sûreté applicables aux nouveaux réacteurs tels que ceux proposés au niveau européen par l'association WENRA ou ceux applicables au réacteur EPR »
- ❑ Objectif EDF pour le quatrième réexamen périodique du palier 900 (RP4-900)

Objectif AG RP4-900	Préconisations WENRA Nouveaux Réacteurs (2015)
Réduire les rejets précoces ou importants afin d'éviter des effets durables dans l'environnement	<i>Vis-à-vis des situations avec fusion du cœur non pratiquement éliminées, des dispositions de conception doivent être prises afin que des mesures limitées de protection dans l'espace et dans le temps soient nécessaires pour les populations et qu'il y ait assez de temps disponible pour mettre en œuvre ces mesures</i>

CONVERGENCE ND/OBJECTIF RP4-900

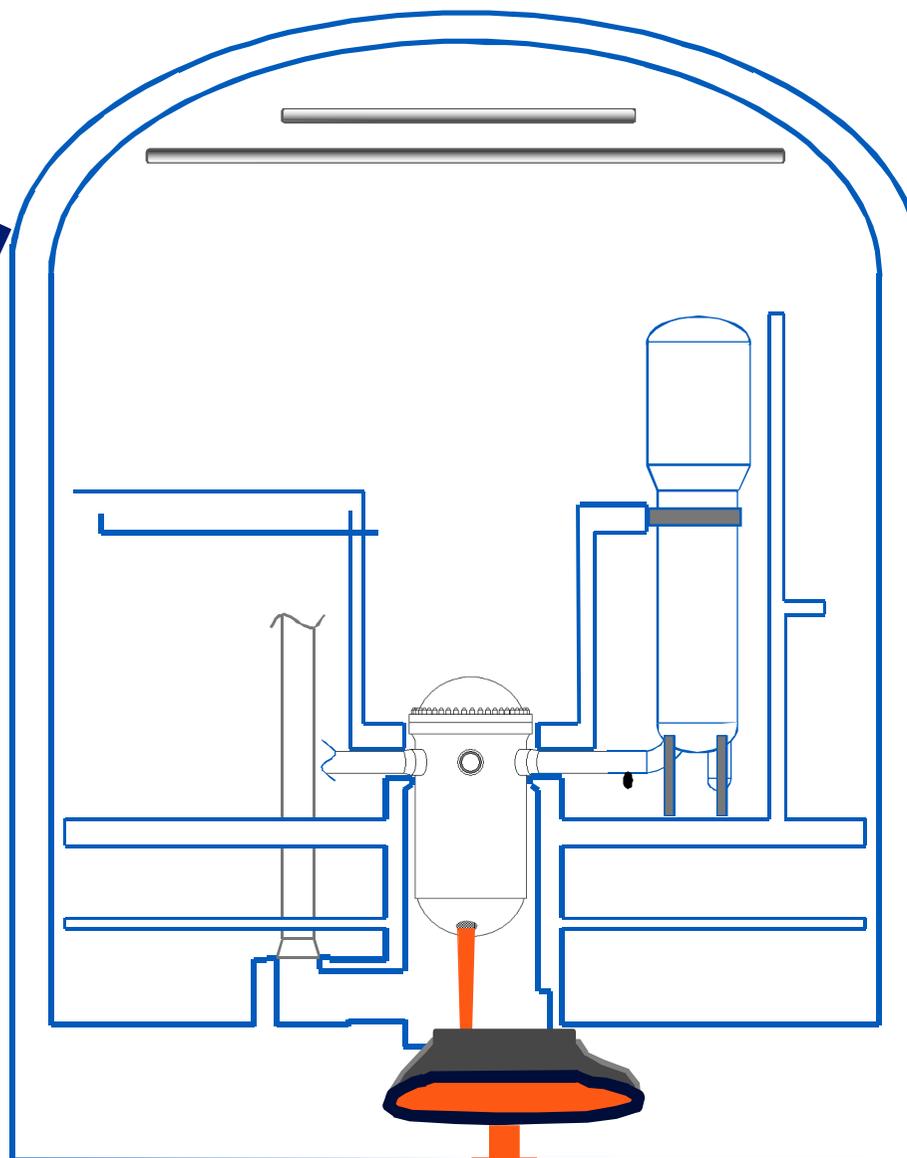
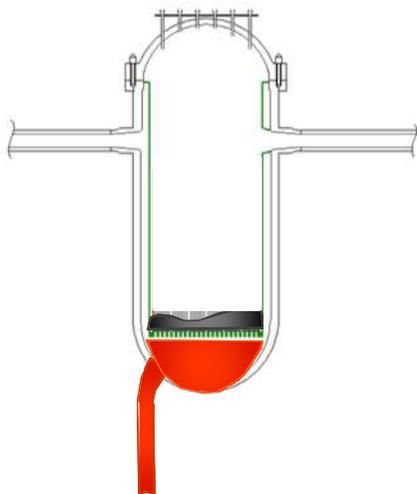
Objectif AG RP4-900	Préconisations WENRA Nouveaux Réacteurs (2015)	PT-ASN ND 2014
<p>Réduire les rejets précoces ou importants afin d'éviter des effets durables dans l'environnement</p>	<p><i>Vis-à-vis des situations avec fusion du cœur non pratiquement éliminées, des dispositions de conception doivent être prises afin que des mesures limitées de protection dans l'espace et dans le temps soient nécessaires pour les populations et qu'il y ait assez de temps disponible pour mettre en œuvre ces mesures</i></p>	<p><i>Pour limiter les rejets radioactifs massifs en situations noyau dur, le noyau dur permet l'isolement de l'enceinte de confinement et la prévention des situations de bipasse de la troisième barrière. Le noyau dur vise à préserver l'intégrité de cette barrière sans ouverture du dispositif d'éventage de l'enceinte de confinement</i></p>

3.

Dispositions proposées par EDF

2 AXES D'AMÉLIORATION

② Viser la non ouverture U5



① Rendre résiduel le risque de percée radier

1. PERCÉE RADIER

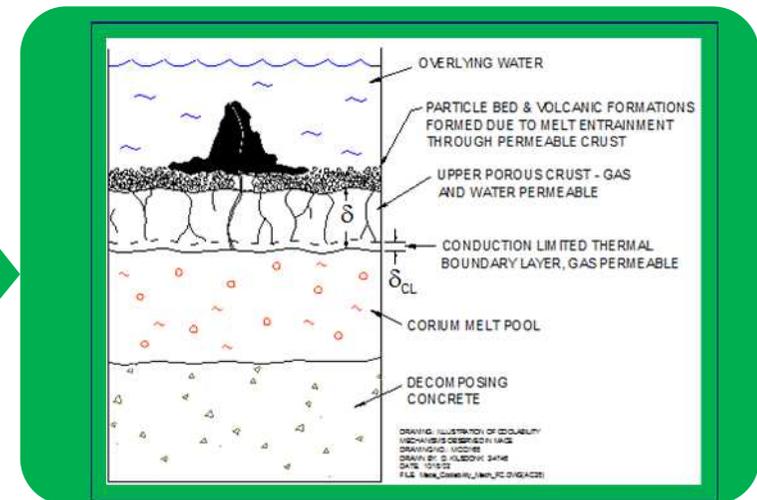
- ❑ Compréhension des phénomènes physiques à partir d'essais ; simulations
- ❑ Développement et qualification de codes dédiés
- ❑ Utilisation des codes pour la transposition des phénomènes physiques à l'échelle réacteur
- ❑ Exploitation des enseignements du design EPR-FLA3
- ❑ Dimensionnement des dispositions pour répondre à l'objectif

COMPRÉHENSION DES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES

- Participation des programmes de R&D internationaux : MACE, CCI, SARNET
- Collaboration avec des organismes de R&D, exploitants, régulateurs (ANL, Tractebel, IRSN, NRC)



- Identification des phénomènes clé pour les échanges thermiques entre l'eau et le corium
 - ✓ Formation d'un lit de particules par éjection de corium (« melt ejection »)
 - ✓ Fissuration dans la croûte à l'interface corium / eau (« water ingressión »)

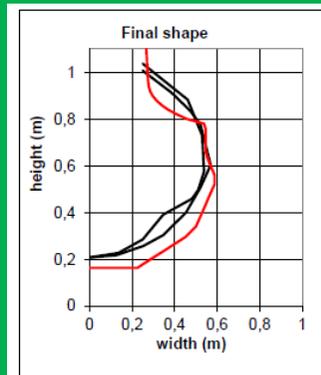
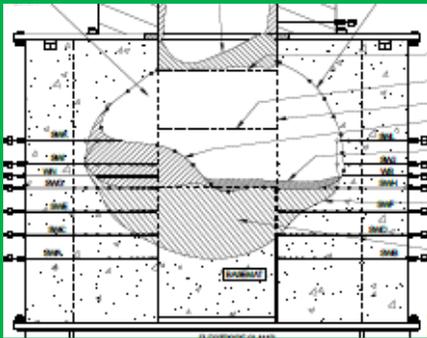


DÉVELOPPEMENT D'OUTILS

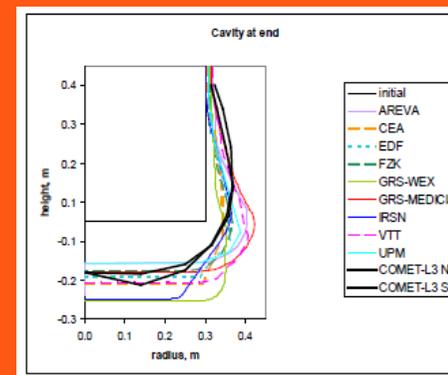
- Développement de codes d'ICB (pour EDF : TOLBIAC-ICB - CEA)
- Qualification de modèles et comparaison aux données expérimentales (ACE, MACE, CCI, BETA, ARTEMIS, etc.)
- Benchmarks internationaux entre codes



Qualification sur les essais CCI



Codes Benchmarking



DESIGN EPR-FLA3 (“CORE CATCHER”)

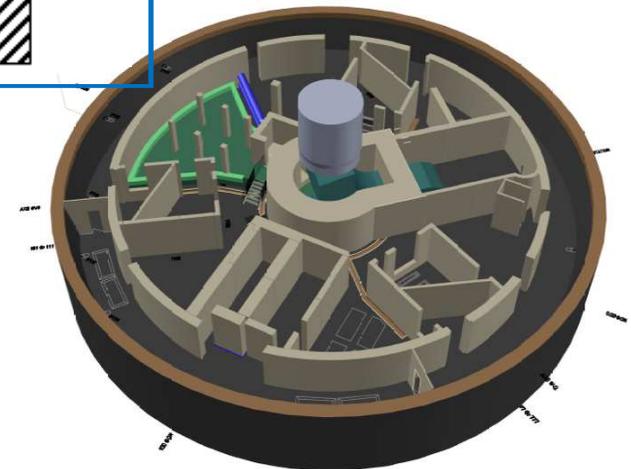
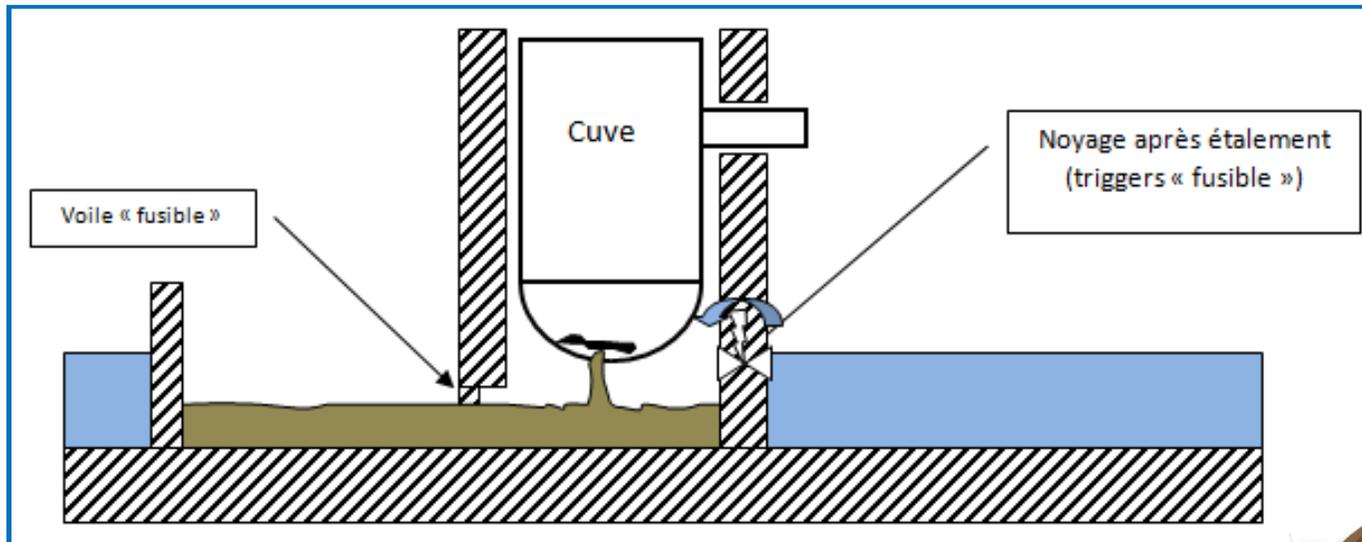


TRANSPOSITION DU CONCEPT EPR : STABILISATION DU CORIUM SUR LE RADIER

Principe :

Étalement à sec dans le Puits de Cuve + le local RIC attendant

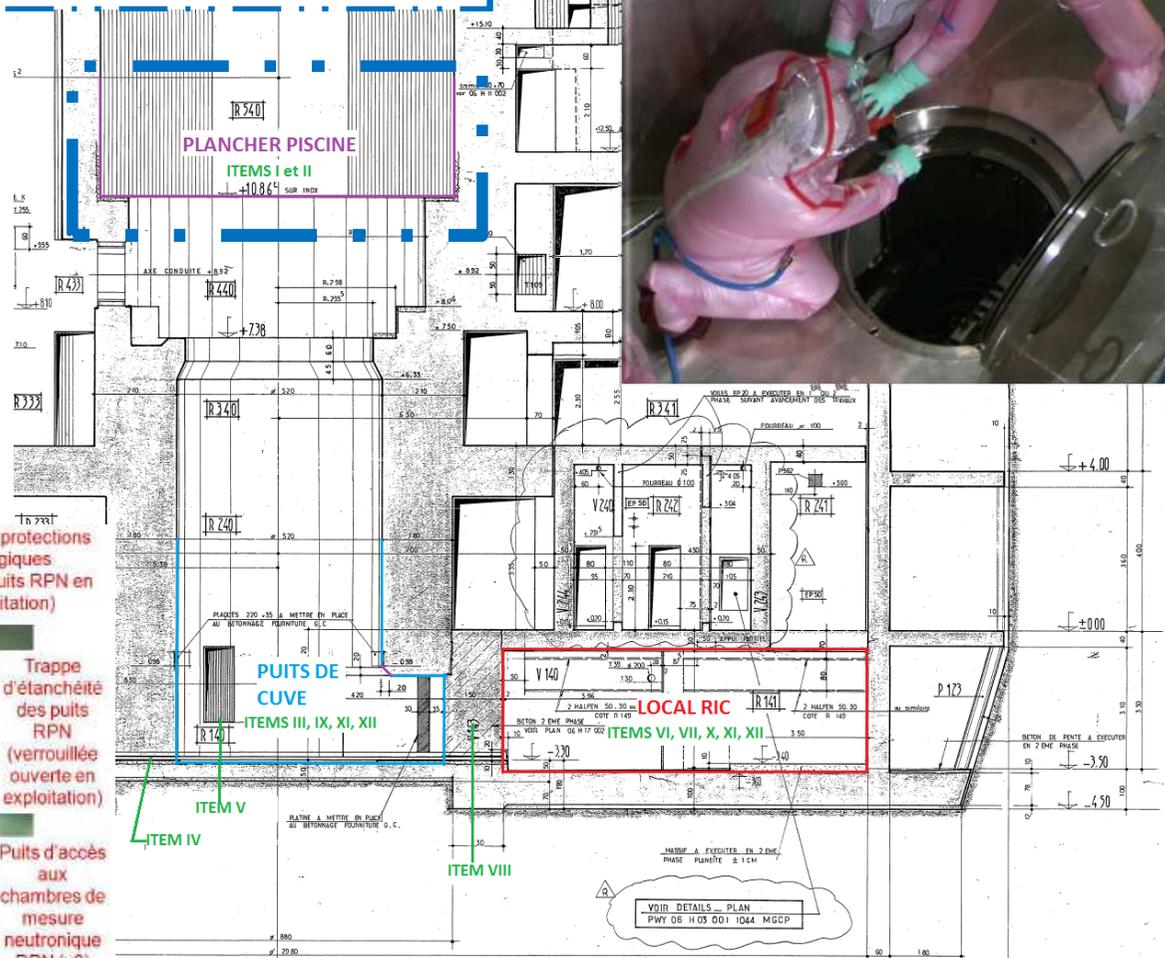
Renoyage passif après étalement par mise en communication avec les puisards du BR



STABILISATION DU CORIUM SUR LE RADIER : ÉTANCHÉIFICATION DU FOND DE PISCINE RÉACTEUR



Etanchéification du fond de piscine-cuve



Fond de piscine BR niveau cuve – palier CPY



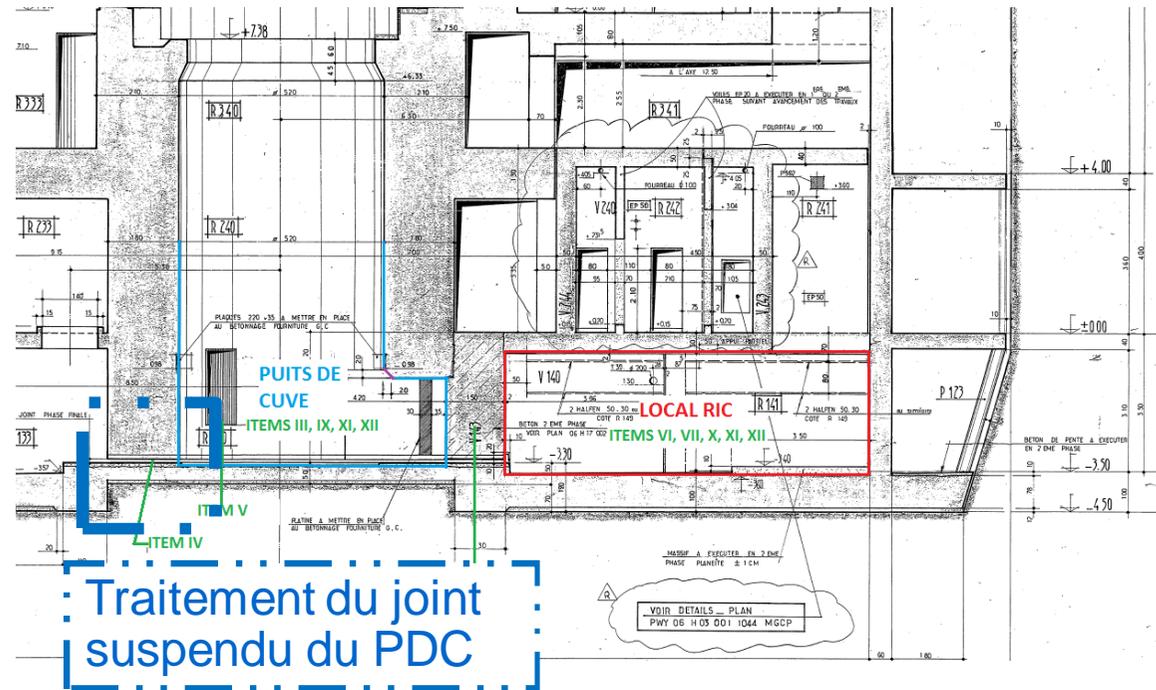
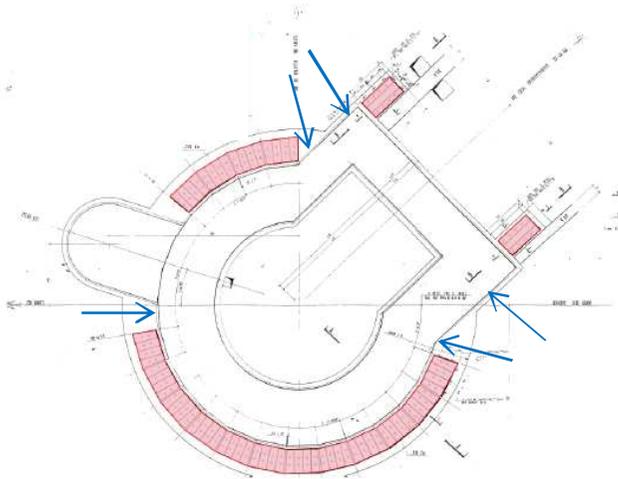
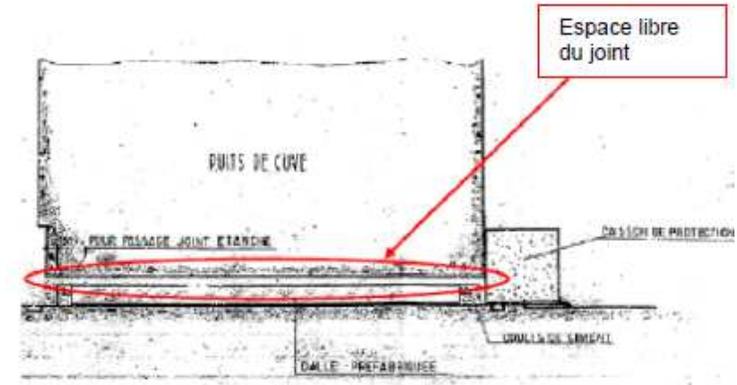
Banier de protections biologiques (dans le puits RPN en exploitation)

Trappe d'étanchéité des puits RPN (verrouillée ouverte en exploitation)

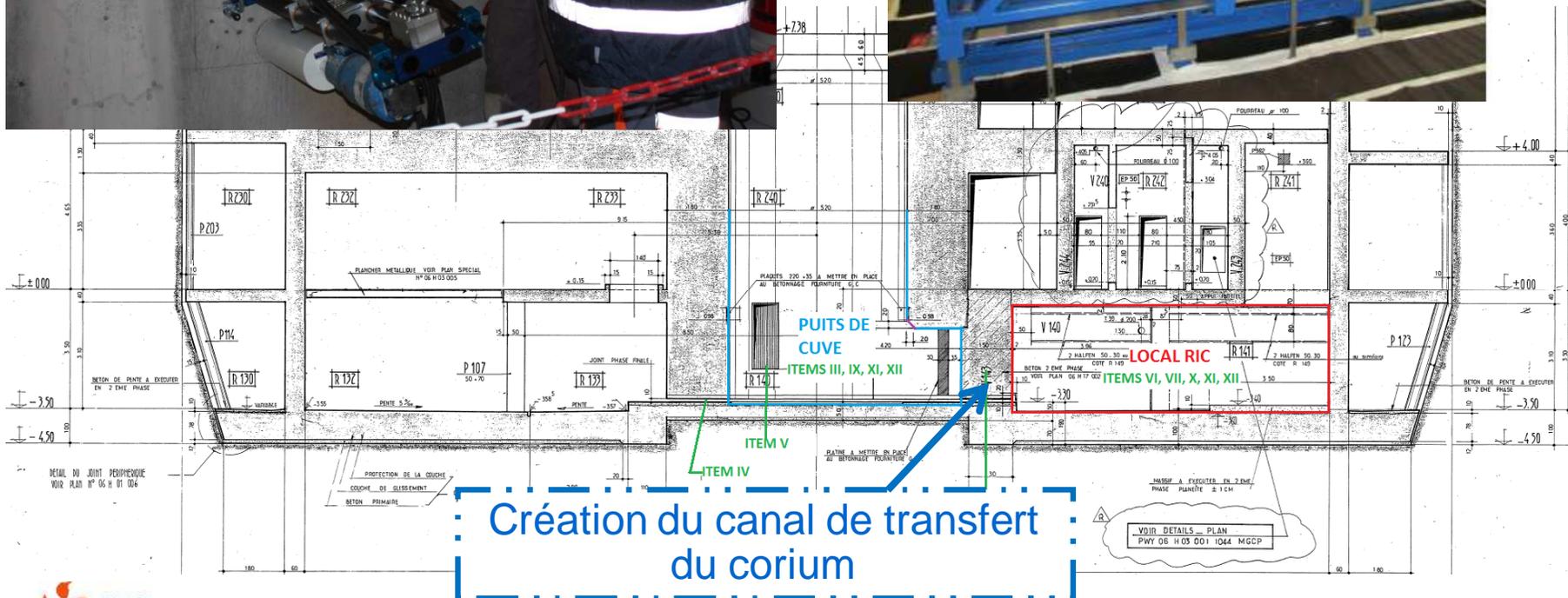
Puits d'accès aux chambres de mesure neutronique RPN (x8)

Protections du haut de la cuve

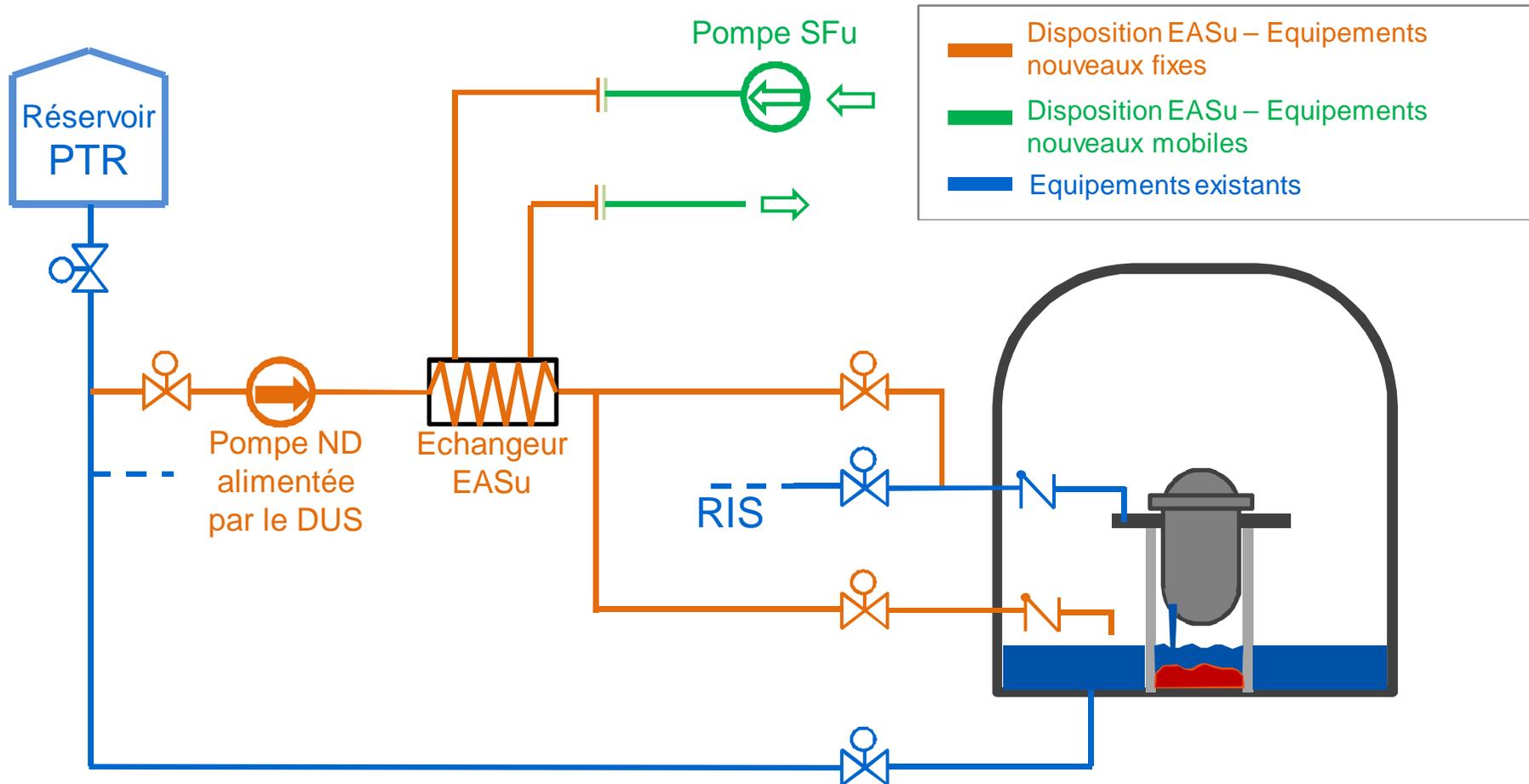
STABILISATION DU CORIUM SUR LE RADIER : TRAITEMENT DU JOINT SUSPENDU DU PUIIS DE CUVE



STABILISATION DU CORIUM SUR LE RADIER : CRÉATION DU CANAL DE TRANSFERT DE CORIUM



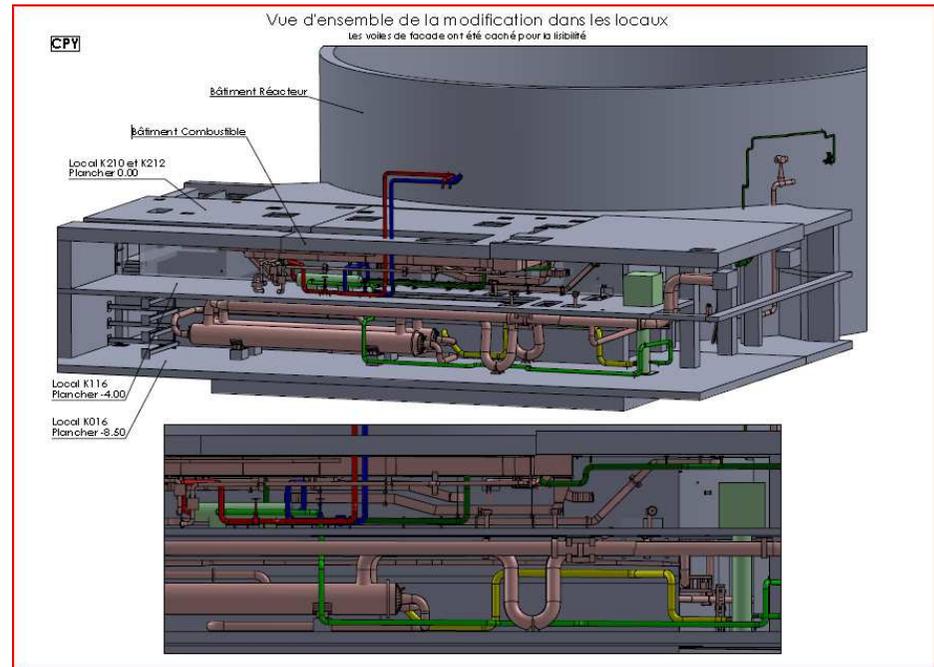
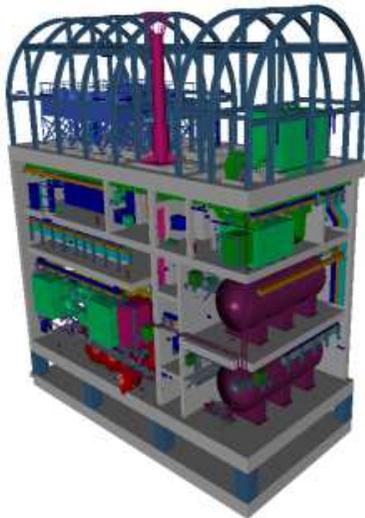
2. PRIVILÉGIER LE NON ÉVENTAGE DE L'ENCEINTE : CIRCUIT EAS-ND



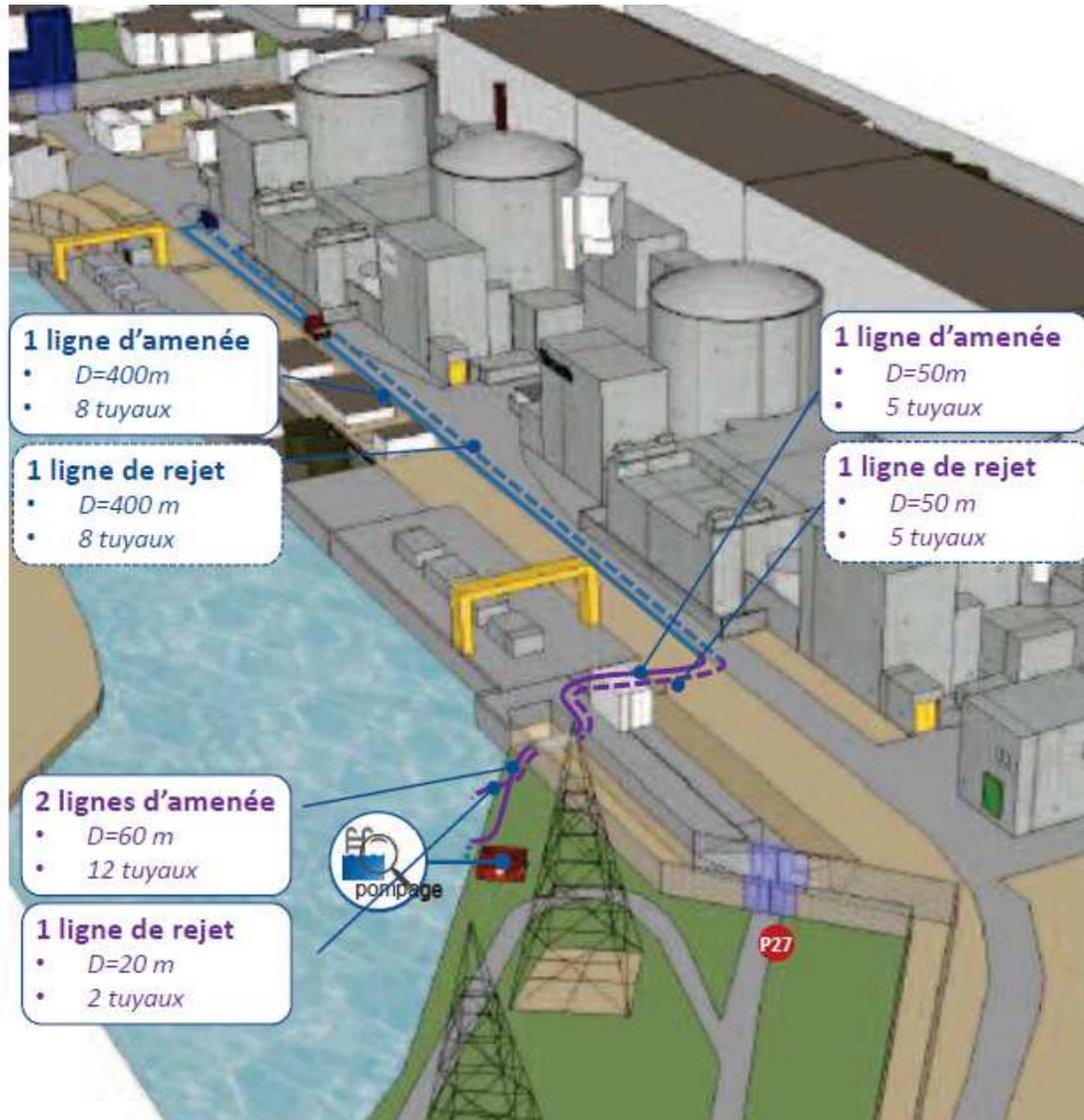
La disposition EAS-ND est qualifiée pour un fonctionnement en conditions d'accident avec fusion du cœur et est robuste à un niveau d'agression très au-delà des niveaux d'agressions de dimensionnement (« noyau dur »)

EAS-ND : UN ENSEMBLE MODULAIRE

- ❑ Circuit fixe installé dans le BK
- ❑ Alimentation électrique assurée par le DUS
- ❑ Partie mobile mise en place par la FARN



EXEMPLE DE DÉPLOIEMENT DE LA SOURCE FROIDE À TRICASTIN



Type de flexible	Besoin en nombre
DN 200 10m	24
DN 200 50m	16

Flexibles

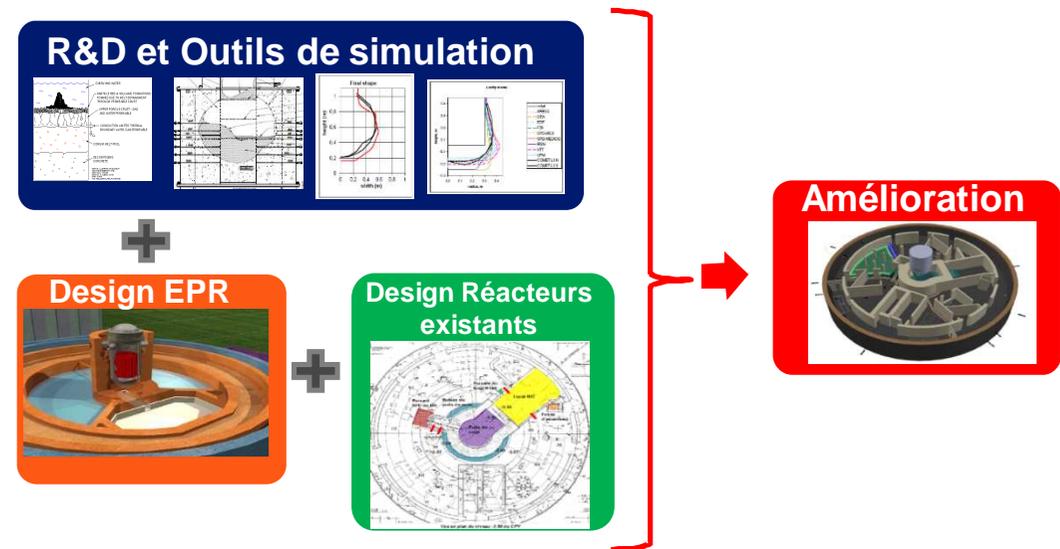
- Tuyaux DN200 10m
- Tuyaux de rejet DN200 10m
- Tuyaux d'amenée DN200 50m
- Tuyaux de rejet DN200 50m

4. Synthèse

AMBITIONS AG : 1 OBJECTIF - 2 AXES D'AMÉLIORATION

- Objectif : Réduire le risque de rejets massifs ou précoces
- Axes d'amélioration de sûreté :
 - ① Eviter la percée du radier
 - ② Privilégier le non éventage de l'enceinte en AG

- Levier vis-à-vis de l'axe 1 : l'investissement d'EDF dans la R&D et la mise au point d'outils de simulations permet la compréhension des phénomènes physiques et la conception de solutions qui bénéficient de l'expérience d'EDF du design EPR



- Vis-à-vis de l'axe 2 : mise en place d'un circuit robuste aux agressions ND pour évacuer la puissance résiduelle en AG sans éventage de l'enceinte, avec partie mobile mise en place par la FARN

GAINS DE SÛRETÉ

❑ Rejets voie air en AG

- ❑ Doses efficaces à 7 jours divisées par 20
- ❑ Doses thyroïdes à 7 jours divisées par un facteur 30 à 50
- ❑ Doses efficaces à long terme divisées par 3 à 4

❑ Risque de percée radier : Limitation de l'érosion du radier en cas d'AG avec percée cuve de quelques dizaines de cm (épaisseur totale du radier : 3 à 4 m)

❑ Les dispositions matérielles et organisationnelles permettent à EDF de répondre à l'objectif de sûreté du RP4-900 qui est celui préconisé par les standards internationaux pour les nouveaux réacteurs (type EPR-FLA3) : *rendre résiduel le risque de rejets précoces ou importants pour éviter des effets durables dans l'environnement*