

CLI Golfech

Expertise confinement du bâtiment réacteur

RAPPORT :

Référence : R10U2 / 32135 /AJ/2011
Version n°003 en date du 9 novembre 2012

Interlocuteurs du projet

Pour CLI:

Correspondant technique :

Pierre GAILLARD:
05 63 39 99 64 ou 06 84 63 45 18
elipier.gail@orange.fr

Pour APAVE :

Correspondants techniques :

Alain JANVIER et Fabrice MERCIER
Téléphone :04-72-18-07-40
Mail : alain.janvier@apave.com
Adresse : Apave Sudeurope SAS
3 à 7, Chemin de la Forestière – 69130 ECULLY

Correspondant administratif :

Mme Céline ROL
Fonction : Assistante Division Conseil
Téléphone :04-72-18-07-40
Mail : celine.rol@apave.com
Adresse : Apave Sudeurope SAS
3 à 7, Chemin de la Forestière – 69130 ECULLY

Votre agence locale
APAVE de MONTAUBAN
Z .I. Nord
1 500 avenue de Fornneuve - 82 000 MONTAUBAN
Tél : 05 63 66 46 00

REFERENCES DE NOTRE PROPOSITION :

Réf. : R10U2 / 32135/AJ/ 2011_
Version n°:003 en date du 9 novembre 2012

Sommaire

1. SYNTHÈSE	5
2. RAPPEL DE LA MISSION	6
Enjeux.....	6
Objectifs	6
Limites et contraintes	6
Organisation de la mission.....	6
3. L'ENCEINTE DE CONFINEMENT	7
Le rôle de l'enceinte de confinement.....	7
La conception de l'enceinte de confinement	7
Analyse :	9
4. L'EXPERTISE METHODE ET ORGANISATION.....	10
L'expertise.....	10
La méthode de la présente expertise.....	10
L'organisation de la présente expertise	10
5. LE SCENARIO D'ACCIDENT PRIS EN REFERENCE EST-IL PERTINENT ?	12
L'accident de référence	12
Analyse :	12
6. LE TEST D'ETANCHEITE EST-IL REPRESENTATIF DE L'ACCIDENT PRIS EN REFERENCE ?	14
Le test d'étanchéité.....	14
Analyse :	15
7. LES MOYENS MIS EN PLACE POUR VERIFIER L'INTEGRITE DU BATIMENT REACTEUR SONT-IL EN ADEQUATION AVEC LES OBJECTIFS RECHERCHES ?	16
L'organisation du test	16
Les moyens techniques.....	16
Les moyens spécifiques pour l'aspersion de l'enceinte interne.....	16
Analyse :	17
8. CE TEST PRESENTE-T-IL DES RISQUES POUR L'INTEGRITE DU BATIMENT REACTEUR ?	18
Les risques associés au test d'étanchéité	18
Moyens de prévention mis en place par EDF.....	18
Analyse :	19
9. LES RESULTATS PERMETTENT-IL DE STATUER SUR L'INTEGRITE DU BATIMENT REACTEUR ?	21

1. Les mesures effectuées	21
2. Mesures d'étanchéité.....	21
Analyse 1 :.....	23
Analyse 2 :.....	25
3. Mesures d'auscultation	28
Analyse :	29
4. Mesures des fuites traversées	30
Analyse.....	31
5. Détection, repérage et quantification de fuites par aspersion	31
10. LA SURVEILLANCE DE L'INTEGRITE DU BATIMENT REACTEUR EN FONCTIONNEMENT EST-ELLE PERTINENTE ?.....	33
1. Etanchéité.....	33
2. Auscultation	33
3. Contrôle d'étanchéité des traversées	33
4. Le circuit de mise en dépression de l'espace entre enceintes (EDE).....	34
5. Le circuit de collecte des fuites en cas d'accident (EEE).....	34
Analyse :	34
11. QUELS SONT LES CONDITIONS D'UTILISATION DU FILTRE A SABLE ?.....	35
Le fonctionnement du filtre à sable	35
Les conditions d'utilisation du filtre à sable	35
Analyse.....	36
12. QUEL EST LE NIVEAU DE FIABILITE DU FONCTIONNEMENT DU FILTRE A SABLE ?.....	37
Les différents équipements qui composent le réseau du filtre à sable	37
Les risques associés au réseau du filtre à sable.....	37
Analyse.....	37
13. ANNEXE	39
14. GLOSSAIRE	44

1. Synthèse

La question du confinement, posée par la CLI de Golfech est au centre des interrogations que peut avoir le public pour sa sécurité, sa santé et la protection de notre environnement. Le confinement des matières radioactives, dans le bâtiment réacteur, doit être assuré en toutes circonstances et pendant toute la durée de fonctionnement et bien au delà : jusqu'au démantèlement final de l'installation. L'enjeu de la maîtrise par EDF du vieillissement de ses installations et de la démonstration de sa maîtrise est un point essentiel pour la confiance de la population vis à vis d'EDF comme exploitant du parc nucléaire français.

Cette question, posée par la CLI, reste difficile à traiter car de nombreux paramètres rentrent en ligne de compte. De plus, les aspects techniques font appel à des données scientifiques et techniques parfois difficiles à appréhender.

Nous avons cherché dans ce rapport à rendre les résultats de notre expertise lisibles par tous. Les simplifications et les limites de notre expertise peuvent être sources de frustrations pour des spécialistes du domaine. Toutefois, il est important de préciser les points suivants sur la conduite de notre expertise :

- La volonté démontrée par EDF « de transparence » qui s'est traduite par une aide dans notre travail sur le terrain et sur les réponses a posteriori fournies par l'ensemble des services d'Edf, par l'intermédiaire de la Direction de Golfech (ce qui a représenté pour ces services un énorme travail)
- La difficulté que représente le volume de document à analyser pour appuyer notre analyse et nos conclusions.

En conclusion, nous sommes parvenus à avoir une image claire des questions posées par la COMMISSION LOCALE D'INFORMATION (CLI) de Golfech :

1. Le contrôle assuré par EDF sur l'enceinte de confinement est en adéquation avec les objectifs de sûreté requis.
2. L'enceinte de confinement de Golfech 1 ne présente pas d'anomalie pouvant remettre en cause son intégrité.

Nos remarques « ou critiques » sont des propositions de réflexion en vue de participer à des améliorations éventuelles.

Nos constats sont deux ordres :

1. Les constats sur les conditions de réalisation du test :
 - Les limites du test (cinétique de montée en pression et la température)
 - Les risques associés au test (les limites de la visite de sécurité incendie et sur le réseau de mise en pression du bâtiment réacteur)
2. Les constats sur les résultats du test :
 - Les conditions des mesures du taux de fuite et des déformations du bâtiment réacteur pendant le test
 - L'évolution du taux de fuite
 - Les spécificités de l'évolution du taux de fuite
 - Les améliorations envisageables pour renforcer l'étanchéité du bâtiment réacteur.

2. Rappel de la mission

Enjeux

- Connaître la situation de l'étanchéité du bâtiment réacteur de Golfech tranche 1

Objectifs

Dans le cadre de ce projet, il est demandé à l'Apave :

- De conduire l'expertise, sur la base des documents fournis par EDF, à la demande de la CLI.
- De réaliser et de formaliser les analyses critiques sur l'étanchéité du confinement
- De constituer un dossier communicable au grand public.

Limites et contraintes

- Compte-tenu de l'enjeu du projet pour la CLI, une collaboration étroite entre les acteurs : la CLI, EDF, l'ASN et l'équipe projet Apave sera nécessaire.
- La relation entre les acteurs de ce projet sera un élément clé pour la qualité des résultats de l'expertise.
- L'indépendance de l'expertise reposera sur l'analyse d'éléments factuels fournis par l'exploitant qui seront décrits préalablement à l'expertise.
- L'expertise s'appuie principalement sur des documents d'EDF et de l'ASN..

Organisation de la mission

La mission a été conduite suivant 3 étapes

- Une étape de préparation :
 - Une réunion de lancement avec la CLI
 - Une réunion avec les différents experts d'EDF concernés par le confinement
- Une phase d'audit
 - Un audit préparatoire du laboratoire en charge des tests d'étanchéité
 - L'audit du test d'étanchéité de l'enceinte de confinement
 - Un audit sur le test d'étanchéité du sas matériel
- Une phase investigation

3. L'enceinte de confinement

Le rôle de l'enceinte de confinement

L'enceinte contribue au confinement des matières radioactives présentes dans le circuit primaire. Elle est la dernière barrière de confinement d'un ensemble de trois barrières qui sont constituées (voir schéma en annexe 1) par :

- La gaine du combustible
- Le circuit primaire
- L'enceinte de confinement

La fonction de confinement de l'enceinte doit être analysée suivant quatre critères :

1. Sa capacité à assurer le confinement, en fonctionnement normal, pour limiter les rejets radioactifs au quotidien à pression normale de fonctionnement (en légère dépression)
2. Sa capacité à assurer le confinement, en fonctionnement accidentel, avec une montée en pression de l'enceinte pendant toute la durée de l'accident
3. Sa capacité à garder ses caractéristiques de résistance dans le temps (vieillessement)
4. Sa capacité à résister mécaniquement à une agression physique extérieure.

Analyse : EDF doit donc apporter la preuve de l'étanchéité de l'enceinte de confinement du bâtiment réacteur en fonctionnement normal, en situation accidentelle et pour toute la durée de fonctionnement du réacteur en tenant compte du vieillissement des matériaux.

La conception de l'enceinte de confinement

En France, deux types d'enceinte de confinement sont exploitées :

- Simple paroi (34 tranches)
- Double paroi (24 tranches), cas de Golfech

Les enceintes de confinement des réacteurs de type 1300 MWe de Golfech (palier P'4) sont composées d'une double paroi en béton, d'un espace entre les deux enceintes et d'un ensemble de traversées. L'ensemble est posé sur un radier :

- L'enceinte externe :
 - L'enceinte externe a un diamètre intérieur de 49.80 mètres et une hauteur de 51.15 mètres. Sa paroi en béton armé fait 55 centimètres d'épaisseur minimum au niveau du fût et 40 centimètres au niveau de la coupole.
- L'enceinte interne
 - L'enceinte interne a un diamètre intérieur de 43.60 mètres et une hauteur de 46.60 mètres. Sa paroi en béton précontraint a 1,2 mètre d'épaisseur minimum au niveau du fût et 80 centimètres au niveau de la coupole.
 - La précontrainte verticale est réalisée par la mise en tension de :
 - 57 câbles verticaux purs tendus par l'ancrage inférieur,
 - 98 câbles verticaux se prolongeant dans le dôme, en forme de gamma (Γ), tendus par leurs deux extrémités.

- La précontrainte horizontale du fût est constituée de 122 cerces tendues par les deux extrémités et faisant un tour complet de l'enceinte.
- La précontrainte du dôme est assurée par :
 - 98 câbles en forme de gamma (prolongement dans le fût de l'enceinte interne)
 - 18 câbles spécifiques
- L'espace entre les deux enceintes
 - L'espace libre entre les deux enceintes de 1,8 mètre en moyenne représente un volume d'environ 17 500 m³. Il assure une fonction de sas intermédiaire entre le volume du bâtiment réacteur et l'environnement.
 - Cet espace est ventilé mécaniquement pour maintenir une dépression. Cette dépression a pour but d'assurer le traitement des fuites éventuelles provenant de l'enceinte interne. L'air extrait fait l'objet d'une filtration et d'un contrôle avant rejet à l'atmosphère.

Nota : Ce système de ventilation s'appelle EDE, il joue un rôle important dans le traitement en cas de fuite, il sera analysé spécifiquement dans le cadre notre expertise.

- Radier
 - Le radier présente l'aspect d'une galette d'épaisseur de 3 m. Il assure l'assise du bâtiment réacteur. La contrainte moyenne sur le sol est de l'ordre de 50 t/m².
 - Les deux parois sont maintenues au niveau du radier :
 - La partie supérieure du radier est précontrainte et constitue ainsi partiellement la partie inférieure de la paroi interne,
 - La partie inférieure du radier constitue partiellement la partie inférieure de la paroi externe,
 - La partie médiane du radier est occupée par un réseau de drainage en communication avec l'espace entre enceinte, constituant le prolongement inférieur de cet espace.
 - En complément, le radier présente :
 - Une galerie de mise en tension des câbles verticaux au droit des parois de l'enceinte à 2,8 mètres de la partie supérieure du radier
 - Un ensemble de 3 couches d'étanchéités (une membrane étanche, d'épaisseur 2,7 mm, un feutre bitumé d'épaisseur 3 mm et une chape armée d'épaisseur 6 cm)
 - Le réseau de drainage, constitué de 2 nappes de drains orthogonales définissant une maille sensiblement carrée de 1 m x 1 m.
- Les traversées d'enceintes:
 - Des orifices sont présents dans les 2 parois pour permettre le passage du personnel, du matériel, des câbles électriques, des tuyauteries, des gaines de ventilation et du combustible (lors de son transfert).
 - Les traversées de petits diamètres
 - L'étanchéité de ces traversées est assurée par des fourreaux en acier de 6 à 35 mm d'épaisseur,
 - Les fourreaux sont munis de collerettes au droit des parois permettant leur ancrage et l'amélioration de l'étanchéité
 - Les fourreaux de la paroi interne sont fixés par une flasque métallique soudée (point fixe) et reliée au fourreau de la paroi externe par un soufflet souple pour absorber les mouvements des canalisations
 - Pour les traversés de diamètre plus important (traversées vapeur), les parois comportent une surépaisseur de béton pour reprendre les efforts.
 - Les traversées de grands diamètres : 3 sas, 2 pour l'accès du personnel (diamètre 3.5 mètres), et un autre pour le gros matériel (diamètre 8 mètres),

- Ces sas sont des orifices chemisés par des fourreaux métalliques de 20 mm d'épaisseur minimum
- Le sas matériel est muni d'un fond démontable. Ce fond est solidaire du fourreau à l'intérieur de l'enceinte au moyen d'une bride boulonnée ou par des clames munie de joints.
- Les sas personnel sont munis de portes de 90 mm d'épaisseur, elles sont équipées d'un dispositif d'équilibrage des pressions et d'un dispositif électrique interdisant l'ouverture simultanée des deux portes.
- Une traversée spécifique : le tube transfert des combustibles vers le bâtiment de stockage du combustible (BK).

Voir les schémas de la conception de l'enceinte en annexe 2 et 3

Analyse :

La troisième barrière de confinement est composée de trois éléments indépendants :

- *L'enceinte interne avec ses traversées ont un rôle prédominant dans sa capacité à maintenir le confinement des matières radioactives dans le volume du bâtiment réacteur.*
- *L'espace intermédiaire qui joue un rôle de confinement dynamique (volume en dépression vis à vis de l'extérieur, contrôle de la radioactivité et traitement de l'air avant rejet) en cas de perte d'étanchéité de l'enceinte interne ou d'une traversée. Ces fuites sont appelées : **fuites transitantes**.*
- *L'enceinte externe du bâtiment participe au confinement par la création de cet espace intermédiaire qui assure cette fonction de confinement dynamique, et aussi sur des critères de résistances aux agressions extérieures potentielles.*

*Le radier est la surface interne sensible du point de vue de la surveillance de l'étanchéité du bâtiment réacteur, étant donné qu'il n'y a pas de reprise des fuites. Ses fuites feront partie des **fuites non transitantes**.*

Nota : En cas de rupture du circuit primaire le radier est sous eau donc sa fuite gazeuse devient nulle.

La compréhension du confinement des produits radioactifs doit prendre en compte l'ensemble des dispositifs :

- *Le confinement statique (les structures bétons)*
- *Le confinement dynamique (l'inter-enceinte et son dispositif de traitement de l'air (EDE))*

4. L'expertise méthode et organisation

L'expertise

L'expertise a pour objectif d'aider à une décision (ou prise de position), par la recherche des faits techniques ou scientifiques.

La norme NF X 50-110 définit les règles applicables à la pratique de l'expertise à savoir :

- évaluer la question posée ; (Cf. offre Apave)
- sélectionner un ou plusieurs experts ayant les compétences adéquates ; (Cf. CV des intervenants dans l'offre Apave)
- choisir ou élaborer une méthode d'expertise appropriée à la question posée ; (Cf. présent rapport)
- réaliser des actions (études, interviews...) spécifiques à l'expertise demandée ; (Cf. présent rapport)
- analyser de façon critique les données fournies et les actions menées ; (Cf. présent rapport)
- fournir au client le produit de l'expertise ; (Cf. présent rapport)

La méthode de la présente expertise

La méthode choisie est d'analyser les réponses d'EDF aux huit questions suivantes.

1. **Le scénario d'accident pris en référence est-il pertinent ?**
2. **Le test d'étanchéité est-il représentatif de l'accident pris en référence ?**
3. **Les moyens mis en place pour vérifier l'intégrité du bâtiment réacteur sont-ils en adéquation avec les objectifs recherchés ?**
4. **Ce test présente-t-il des risques pour l'intégrité du bâtiment réacteur ?**
5. **Les résultats permettent-ils de statuer sur l'intégrité du bâtiment réacteur ?**
6. **La surveillance de l'intégrité du bâtiment réacteur en fonctionnement est-elle pertinente ?**
7. **Quels sont les conditions d'utilisation du filtre à sable ?**
8. **Quel est le niveau de fiabilité du fonctionnement du filtre à sable ?**

Ce choix de la méthode a pour but de rendre compréhensible cette expertise complexe, car elle concerne de nombreux domaines techniques et scientifique : génie civil, résistance des matériaux et vieillissement, métrologie, aéraulique, sûreté de fonctionnement...

L'organisation de la présente expertise

L'organisation de l'expertise :

- Lancement de la mission: réunion avec le chef de projet CLI le 31/01/12
- Réunion technique avec tous les experts d'EDF concernés par le confinement le 24/02/12
- Un audit du laboratoire DGT d'EDF en charge des mesures pendant le test d'étanchéité le 22/03/12

- Présence pendant toute la période des tests d'étanchéité du 25 au 30/05/12
- Un audit sur le test d'étanchéité du sas matériel le 20/06/12
- Présentation d'étape le 25/06/12
- Un audit sur le traitement du filtre à sable le 25/06/2012
- Mise en place des questions/réponse entre EDF et APAVE entre fin juin et début septembre
 - Premier envoi de questions par APAVE le 27/06/12.
 - Retour des questions par EDF le 06/09/12
 - Deuxième envoi de question par Apave le 12/09/12
 - Retour des questions par EDF le 30/09/12

Nota : en annexe 3, planning de notre présence pendant le test d'étanchéité du bâtiment réacteur.

5. Le scénario d'accident pris en référence est-il pertinent ?

L'accident de référence

Le scénario de l'accident :

L'accident de référence est la rupture totale du circuit primaire (le circuit de refroidissement du cœur) en fonctionnement nominal (à pleine puissance) du réacteur. Ce choix n'est pas corrélé à une cause spécifique, mais à une hypothèse d'analyse qui est définie comme maximaliste : en conséquence les valeurs de la pression et de la température sont données comme valeur maximale.

Nota : dans le vocabulaire EDF, il s'agit de la prise en compte de l'accident de référence : l'Accident par Perte de Réfrigération Primaire de classe 4.

La pression de référence :

La pression de référence est un paramètre important, elle définit les contraintes auxquelles est soumis le bâtiment.

La pression de référence en situation accidentelle dans le bâtiment réacteur est calculée sur des principes physiques simples, du transfert d'énergie d'un volume à un autre : le volume du circuit primaire à sa pression et sa température en fonctionnement nominal qui va se vaporiser dans le volume du bâtiment réacteur. La pression d'essai de 4,2 bars dans l'enceinte correspond à la pression (de dimensionnement) qui est un majorant de cette pression d'APRP de quelques MPa.

La température de référence :

La température est un paramètre à prendre en compte pour les contraintes qu'elle occasionne sur la structure du bâtiment, qui présente une grande inertie du fait de sa masse, en particulier dans les zones des traversées d'enceinte.

La température de référence en situation accidentelle dans le bâtiment réacteur est de 140°C à la surface du béton.

La dynamique de la montée en pression :

La vitesse de la montée en pression du bâtiment a une incidence sur la structure de l'enceinte de confinement par le choc qu'elle peut occasionner.

Analyse :

Le scénario de l'accident :

La rupture franche (guillotine) du circuit primaire est l'accident le plus défavorable pour la montée en pression dans le bâtiment réacteur.

Ce scénario présente l'avantage d'être :

- *Une situation sans condition préalable,*
- *Une situation quantifiable physiquement*
- *De définir des valeurs de contraintes enveloppes*

Ce scénario ne présage en rien de la situation des autres éléments pouvant interférer sur le fonctionnement du réacteur.

La pression et température de référence :

L'accident de référence, sur la base de l'énergie (température, volume et pression) présente dans le bâtiment réacteur (circuit primaire et GV du circuit secondaire) est cohérent. On peut l'estimer maximaliste. Il est calculé sur la base d'une rupture franche du circuit primaire, il ne tient pas

compte des pertes d'énergie liées aux échanges avec les surfaces du bâtiment réacteur et de ses équipements. De plus la pression de l'essai est un majorant à la pression de l'accident de référence.

6. Le test d'étanchéité est-il représentatif de l'accident pris en référence ?

Le test d'étanchéité

Objectif :

Le test d'étanchéité a pour objectif d'étudier le comportement de l'enceinte interne de confinement sous la pression de 4,2 bars : pression de dimensionnement de l'enceinte. Ce test permet d'analyser en situation statique les points suivants :

- Les taux de fuite
- L'évolution des taux de fuite dans le temps (entre deux visites décennales)
- Les déformations de la structure de l'enceinte interne de confinement
- Les évolutions des déformations dans le temps (entre deux visites décennales)
- L'identification géographique des principaux points de fuite.

Pour des raisons techniques, ce test ne prend pas en compte la dynamique que pourrait avoir une rupture du circuit primaire : vitesse de montée en pression et la montée en température.

Déroulement du test :

1. Préparation de l'épreuve
 - Mise en configuration des circuits pour réaliser les tests au plus près des conditions de l'accident de la rupture du circuit primaire
 - Mise en place de l'instrumentation
 - Mise en sécurité des installations
 - Visite incendie
2. Fermeture du Bâtiment Réacteur
3. Montée en pression pendant 3 h pour atteindre 1 bar (300 hPa/h)
4. Palier de 12 heures à 1 bar (contrôle de configuration et analyse des apports d'air)
5. Montée en pression pendant 11 h pour atteindre 4.23 bars (de 300 hPa/h à 50hPa/h dans les dernières heures)
6. Mesure du taux de fuite globale pendant 14 heures et des fuites non transientes 2x5 heures
7. En fonction des résultats, mise en eau du radier (pour la tranche 1 de Golfech la mise en eau du radier n'a pas été nécessaire)
Nota : 24 heures supplémentaires (en cas de noyage, maintien de la pression pendant 48 heures).
8. La localisation des fuites se fait pendant la durée du palier à 4.2 bars
9. Descente de la pression pendant 37 h pour atteindre 0.5 bar (100hPa/h)
10. Dégonflage par le filtre à sable pendant 2 h (test du circuit du filtre à sable : Cf. chapitre « filtre à sable U5) »
11. Descente de la pression pendant 5 h pour atteindre 0 bar (100hPa/h)
12. Ouverture du Bâtiment réacteur.

L'ensemble du test dure environ 5,5 jours

En annexe 3 : le graphe pression/ temps

Analyse :

Le test n'est pas représentatif de l'accident d'une rupture franche (guillotine) du circuit primaire, car le test ne permet pas de recréer la cinétique de la pression, de la configuration des installations et de la température.

Peut-on réaliser un test plus représentatif de l'accident de rupture du circuit primaire ?

Non : les conditions techniques de réalisation d'un essai de ce type ne sont pas réalisables. De plus la répétition d'un tel essai serait dommageable pour le bâtiment réacteur par une accélération du vieillissement.

Le test permet de connaître avec une grande certitude les points suivants :

- *Sa résistance mécanique, en analysant les évolutions et la cohérence des déformations (domaine élastique des déformations des matériaux) de la géométrie de l'enceinte interne du bâtiment. Nous sommes dans le domaine technique maîtrisé de la résistance des matériaux et du vieillissement des matériaux. Dans le cas présent, il s'agit du vieillissement du béton, des câbles en acier et de la liaison entre ces deux matériaux.*
- *Le taux de fuite global en analysant les évolutions et la cohérence. Nous sommes dans le domaine technique de la métrologie (température, hygrométrie et pression) domaine parfaitement maîtrisée par EDF.*
- *Le test d'aspersion de la paroi externe de l'enceinte interne permet d'avoir une cartographie générale des zones de fuite. Les conditions de mesures sont difficiles, elles ne peuvent avoir qu'une valeur indicative. Elles permettent d'identifier les évolutions pour identifier les zones de vieillissement et de déformation.*

7. Les moyens mis en place pour vérifier l'intégrité du bâtiment réacteur sont-ils en adéquation avec les objectifs recherchés ?

L'organisation du test

L'organisation d'EDF est complexe car elle fait appel à différentes compétences du groupe :

- Le site représenté par sa Direction qui a la responsabilité de la sûreté de ses installations. Une organisation est dédiée à la réalisation de l'arrêt de tranche avec un chef de projet d'arrêt de tranche. Ces acteurs sont regroupés dans un bâtiment afin de faciliter la communication (notre bureau d'accueil était dans ce bâtiment).
- Un pilote est désigné spécifiquement pour l'épreuve enceinte.
 - Profil du chargé d'affaire : ancien agent de conduite sur la tranche 1 de Golfech
 - Formation sur l'épreuve enceinte : groupe de travail national avec tous les chargés d'affaires d'épreuve du parc
 - Temps alloué pour l'organisation : 6 mois avant l'épreuve
- Des structures supports dédiées spécifiquement aux tests d'étanchéité du bâtiment réacteur regroupant :
 - Le service AMT-NO assurant la logistique
 - Le service DTG pour la surveillance et les mesures d'étanchéité et d'auscultation
 - Le CEIDRE (Centre d'Expertise et d'Inspection dans les Domaines de la Réalisation et de l'Exploitation) avec
 - Le Service CEMETE le laboratoire d'essais de génie civil intervenant dans les domaines nucléaires, hydrauliques et thermiques scindées en quatre groupes: Ouvrages Béton, Sols/Roches, Produits Spéciaux et Essais Spéciaux
 - Le service Essai du site de Golfech pour les mesures d'étanchéité des traversées
- La direction du parc (UNIE) est représentée pendant toute la durée de l'essai.

Les moyens techniques

La réalisation de l'épreuve enceinte nécessite de très gros moyens techniques spécifiques :

- Compresseurs
- Instrumentation de l'enceinte en température, hygrométrie, pression, débit...
- Moyens d'auscultation de l'enceinte
- Moyens d'aspersion
- Moyens d'acquisition et de traitement en temps réel

Voir en annexe 4 les photos qui illustrent les moyens mis en place pour l'épreuve.

Les moyens spécifiques pour l'aspersion de l'enceinte interne

Lors du palier 1 bar et au palier nominal la paroi interne est entièrement auscultée par une équipe de prestataires suivant un mode opératoire défini :

- Aspersion du parement à l'eau savonneuse
- Repérage et caractérisation des défauts:
 - coordonnées spatiales
 - type de défauts

- dimensions
- mesure du débit
- Transfert des résultats de mesure en sortie de zone
- Vérification des résultats bruts

Voir en annexe 5 les photos qui illustrent cette opération.

Analyse :

L'épreuve de l'enceinte est un enjeu important pour EDF, car elle permet de connaître l'état du bâtiment réacteur et permet de suivre son vieillissement dans le temps ; elle conditionne la durée de vie de la centrale. L'exploitant a énormément investi en compétences, en moyens d'analyse et en ressource.

Quatre points significatifs sont à mettre à l'actif de l'organisation EDF pour cette épreuve :

- 1. La compétence et le management du pilote en charge de l'épreuve enceinte pour organiser et anticiper les difficultés,*
- 2. Le retour d'expérience acquis par les équipes qui participent, pour certaines, depuis l'origine du parc nucléaire français.*
- 3. La recherche permanente d'amélioration des techniques de mesure et d'auscultation*
- 4. La capacité de confrontation de point de vue entre les responsables de service pour argumenter les choix et décisions*
- 5. Le planning de réalisation : ce test s'est déroulé pendant le week-end de la pentecôte, avec un minimum de personnes sur le site, bénéficiant ainsi d'une plus grande sérénité pour cette opération.*

Toutefois, des inquiétudes peuvent être exprimées sur le maintien et la pérennisation de ces compétences portées par le retour d'expérience, qui peuvent être mises à mal par les départs simultanés à la retraite de plusieurs acteurs que nous avons identifiés comme important pour ce test d'étanchéité.

8. Ce test présente-t-il des risques pour l'intégrité du bâtiment réacteur ?

Les risques associés au test d'étanchéité

Ce test présente quatre grands risques :

- L'incendie : lors du test, l'intervention dans le bâtiment réacteur serait difficile du fait de la pression. Un incendie pendant l'épreuve pourrait avoir de graves conséquences sur le confinement des particules radioactives mises en suspension par les fumées de l'incendie.
- Le risque pollution atmosphérique : L'entrée dans l'enceinte ou le dégonflage après épreuve requièrent une qualité d'air parfaite.
- Une rupture du réseau d'alimentation en air pour la mise en pression du bâtiment réacteur. Une telle rupture peut entraîner un rejet d'air potentiellement radioactif dans l'atmosphère.
- Une rupture d'un câble de précontrainte sous l'effet de la pression
- Une rupture locale d'étanchéité de l'enceinte interne du bâtiment réacteur - exemple : arrachement d'une traversé d'enceinte ou éclatement d'un joint.

Nota : Le test est réalisé cœur déchargé, en l'absence de combustible nucléaire à l'intérieur du BR.

Moyens de prévention mis en place par EDF

L'incendie :

Ce risque est bien identifié par l'exploitant qui a pris les mesures suivantes :

- Evacuation au maximum de tous les matériaux combustibles présents dans le bâtiment réacteur
- Ouverture de toutes les capacités non surveillées
- Condamnation (suppression) des alimentations électriques non requises pour le test d'étanchéité
- Renforcement du suivi des températures dans les zones sensibles
- Maintien en service d'un réseau d'arrosage de type sprinkler à l'intérieur du bâtiment réacteur (une voie EAS) pour éteindre un éventuel incendie
- Visite incendie avant fermeture du bâtiment réacteur

Réalisation :

Lors de notre expertise, ces actions ont été réalisées et ont fait l'objet d'un suivi tracé.

Le risque pollution atmosphérique :

Une pollution de l'air pourrait provenir :

- d'une mauvaise qualité de l'air de gonflage
- des mouvements d'air dans l'enceinte qui pourraient mettre en suspension les poussières non évacuées
- de matériaux spécifiques, telle la laine de verre,
- de la propreté de l'intérieur du circuit de gonflage, si l'on utilise les compresseurs du site.

La rupture du réseau d'alimentation en air sous pression (C.f. annexe 4 photos 1 et 2)

Les compresseurs sont installés pour la durée du test dans le périmètre du réacteur (environ 20 mètres du bâtiment réacteur) :

- Le raccordement au bâtiment réacteur se fait par canalisation semi-rigide avec câble anti-fouettement.
- Le raccordement au bâtiment est équipé au plus près d'une vanne manuelle et d'un clapet anti-retour.
- La vanne qui vient isoler le clapet vis à vis du BR n'est ouverte que lors des périodes de gonflage (exemple : 18 heures durant la phase de gonflage).
- Le matériel utilisé est soumis à une pression égale au quart de sa pression nominale d'utilisation lors des épreuves, le matériel est contrôlé et une analyse d'air du BR est effectuée avant la mise sous pression.
- Durant la phase de gonflage une surveillance visuelle, au niveau des compresseurs, est en place ainsi qu'une surveillance des paramètres de gonflage au niveau du local essai.

Une rupture d'un câble de précontrainte

Les câbles de précontrainte sont soumis à une forte tension pendant le test d'étanchéité (précontrainte + pression de test). Si une rupture d'un câble (ou plusieurs) pendant la phase de test survenait, il est fort probable qu'elle ne serait pas diagnostiquée.

Ce risque est limité par les choix techniques : ré-ancrage, limitation de la corrosion...

Les conséquences seraient limitées à une fragilisation du béton sur une zone réduite de l'enceinte : glissement local du câble prisonnier dans le béton.

Une rupture locale d'étanchéité

Les traversés d'enceinte sont soumis à la pression de 4,2 bars pendant le test, une rupture de traversées aurait pour conséquence une fuite d'air dans l'inter enceinte et une suspension temporaire du test d'étanchéité. Ces traversées d'enceinte font l'objet d'un contrôle préalable au test d'étanchéité. Cette fuite serait entièrement reprise par la ventilation et le traitement d'air de l'inter enceinte.

Analyse :

Le traitement de l'incendie :

L'incendie est un risque identifié important pour EDF, les principes mis en application :

- *Réduction des sources potentielles d'incendie (condamnation des installations électriques non utilisables)*
- *Réduction des produits combustibles dans le volume de l'enceinte de confinement*
- *Renforcement de la surveillance (détection incendie + visite incendie)*
- *Maintien d'un système d'extinction automatique à déclenchement manuel (en salle de conduite)*

Ces mesures sont satisfaisantes, toutefois la visite incendie avant la fermeture du bâtiment réacteur est importante pour vérifier les replis de chantier (le test d'étanchéité se fait pendant l'arrêt de tranche). Cette visite incendie est réalisée par l'équipe en charge du test d'étanchéité.

Action possible : Un renforcement de cette visite par une personne extérieure au site et non impliquée dans le test d'étanchéité.

Le risque pollution atmosphérique :

Ce risque est pris en compte par EDF avec comme principe mis en application :

- *Un contrôle de la qualité de l'air injecté avant gonflage*
- *L'utilisation de compresseurs autonomes et dédiés à l'activité*
- *Une attention particulière concernant la propreté du bâtiment réacteur*

La rupture du réseau d'alimentation en air sous pression

Le risque est une dépressurisation du bâtiment réacteur avec un risque potentiel de relâcher des produits radioactif dans l'environnement. L'intervention pour fermer la vanne manuellement sera rendu difficile par la présence de la pression (projection + fouettement).

Action possible : Cette configuration doit faire l'objet d'une étude complémentaire pour renforcer la sécurité dans la zone de raccordement au bâtiment réacteur (exemple : double vannes en série, vanne manœuvrable à distance...).

La rupture d'un câble de précontrainte

La rupture d'un câble de précontrainte aura peu d'effet à court terme sur la résistance de l'enceinte de confinement et donc sur la sûreté du bâtiment. Cette rupture aura des conséquences certaines sur un vieillissement accéléré de la structure béton.

Réponse d'EDF

Nota : La rupture d'un câble est une situation extrêmement peu probable. La rupture de fil ou de toron, statistiquement plus plausible est quasiment indétectable même par sonde acoustique compte tenu notamment de la surface.

Cette rupture serait indirectement détectée par une augmentation des déformations mesurées pendant l'essai ou par une perte locale d'étanchéité (lors de l'aspersion). L'essai permet de couvrir l'ensemble des phénomènes réduisant l'étanchéité de l'enceinte de confinement quelle que soit leur origine

Une rupture locale d'étanchéité

La rupture d'une traversée d'enceinte ne serait pas dommageable pour le confinement des produits radioactifs, l'air rejeté dans l'inter enceinte serait traité par la ventilation mécanique de ce volume et avec un traitement sur un filtre absolu et une mesure de radioactivité avant rejet dans l'environnement. Sa détection serait immédiate par l'équipe de mesure qui pilote le test d'étanchéité (chute de pression dans le bâtiment réacteur).

9. Les résultats permettent-il de statuer sur l'intégrité du bâtiment réacteur ?

1. Les mesures effectuées

Mesures d'étanchéité

- Fuite globale (Q_m) - Fuite de la paroi interne
- Fuites non transitantes (Q_{nt}) – Fuites qui ne passent pas par l'espace entre parois
- Mesures SUGTEN :
 - Détection d'ouverture de fissures et estimation des pressions et débits correspondants
- Détermination de la fuite de la paroi externe

Mesures d'auscultation

- Suivi du comportement de la paroi interne et
- Suivi du déplacement différentiel de la liaison béton/virole

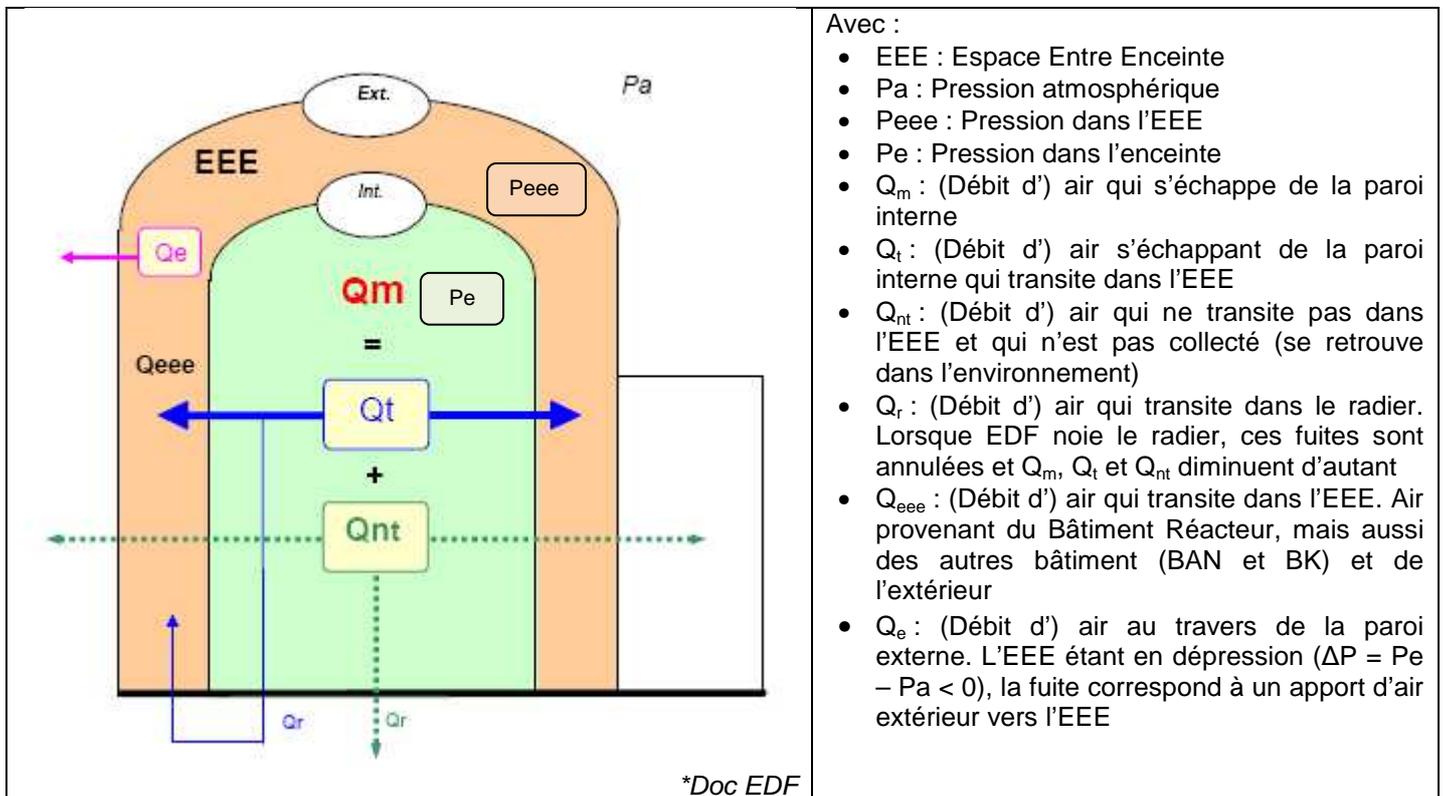
Mesures des fuites traversées

- Fuite des traversées de type B et C

Détection, repérage et quantification de fuites par aspersion

2. Mesures d'étanchéité

➤ Schéma et définitions



➤ **Fuite globale (Qm) - Fuite de la paroi interne**

Principe de la mesure

Le taux de fuite globale est le pourcentage de la masse d'air sec contenue dans le bâtiment réacteur qui s'échappe quotidiennement de l'enceinte.

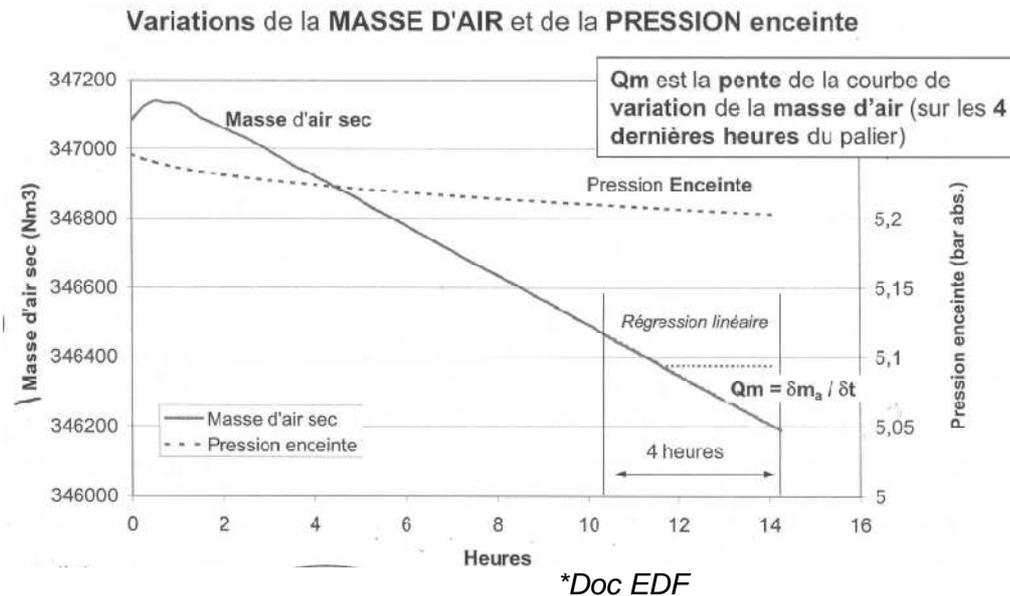
Le débit de fuite globale (Qm) est le débit de fuite correspondant exprimé en Nm³/h

Pour mesurer la fuite globale, le Bâtiment Réacteur (BR) est équipé de 44 thermomètres, 10 hygromètres, 2 capteurs de pression de l'enceinte et un baromètre

A partir de ces dispositifs de mesure, la masse d'air totale dans le BR est déduite au palier de pression nominale (palier correspondant à l'APRP)

Le suivi des variations de la masse d'air permettent de déterminer Fm et Qm : la variation de la masse d'air est traduite en débit de fuite (perte de matière = fuite)

La fuite est calculée en tenant compte des 4 dernières heures du palier de mesure à la pression nominale

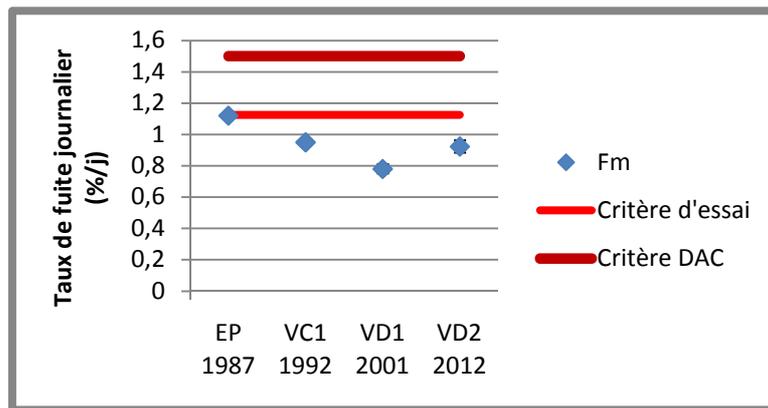


Résultat de la mesure et analyse

Le taux de fuite mesuré lors de l'épreuve de GOLFECH 1, radier sec, est de - 0,923 ± 0,039 %/j pour un critère d'essai à 1,125 %/j (le critère défini dans le DAC (Décret d'autorisation de création d'un réacteur nucléaire) est de 1,5 %)

Le taux de fuite mesuré représente un débit de fuite de - 126,9 ± 5,4 Nm³/h

Ci-dessous l'évolution de ce taux

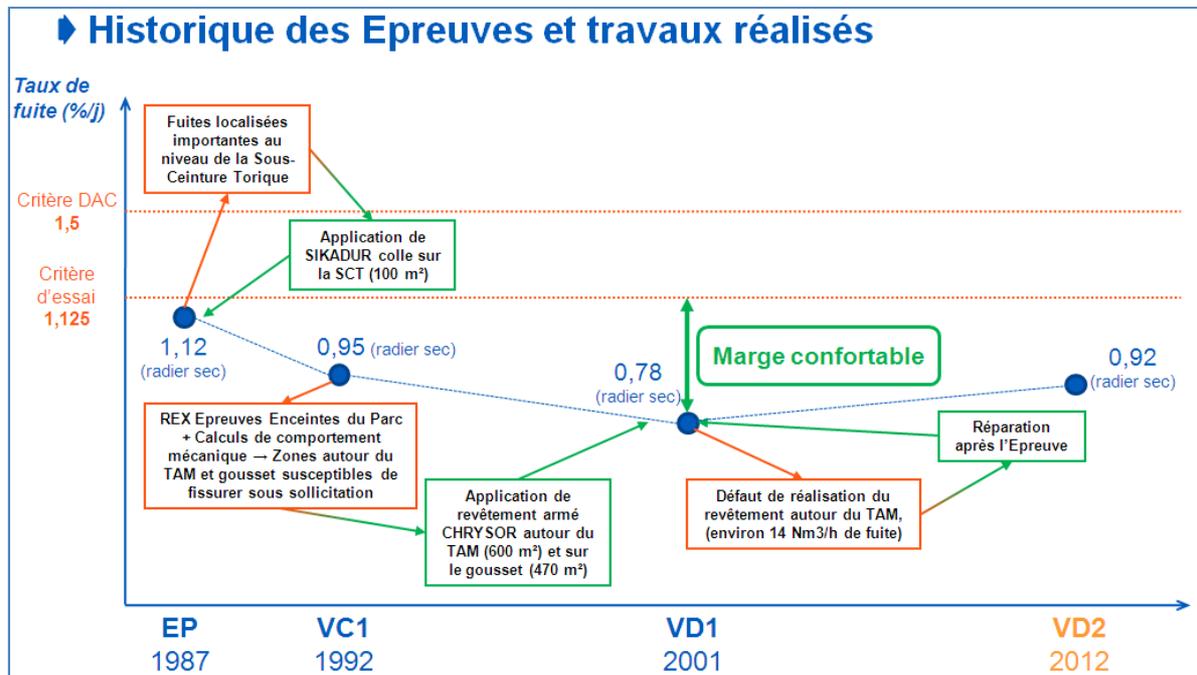


On remarque une augmentation de l'ordre de 20 % des fuites globales (20 Nm³/h). Cette fuite reste

- en deçà de 20 % du critère d'essai et
- en deçà de 40 % du critère DAC

L'augmentation de 20 Nm³/h est justifiée selon EDF par le vieillissement normal du bâtiment.

Ci-dessous l'historique des travaux réalisés pour améliorer l'étanchéité :



*Doc EDF modifié

EDF a posé 1160 m² de revêtement armé sur 5000 m² possible (3800 m² disponible).
 EDF envisage de recouvrir les 1700 m² de la sous ceinture torique pour diminuer la fuite.

Analyse 1 :

Question APAVE : Quelle est la tenue à la température et à l'humidité des revêtements peau composite ?

Réponse EDF : Les revêtements d'étanchéité sont qualifiés avant leur mise en œuvre industrielle, afin de démontrer leur aptitude à remplir leur fonction. Le processus de qualification permet de vérifier le respect de spécifications génériques standards (résistance au feu, aptitude à la décontamination,..) et de spécifications développées spécialement pour ces

revêtements (étanchéité à l'air, adhérence au support, comportement dans les zones fissurées...).

Les revêtements sont testés en conditions d'accidents de référence (APRP) par un processus d'irradiation du produit représentatif de l'ambiance en situation accidentelle et des tests d'écoulement d'eau en atmosphère de vapeur et à la température d'accident. Ces essais de qualification sont réalisés en tenant compte au préalable, des conditions de vieillissement notamment par des cycles successifs d'irradiation représentatifs de l'ambiance du bâtiment réacteur en fonctionnement normal.

Position APAVE : Les réponses sont satisfaisantes, il est de plus noté qu'EDF réalise

- un contrôle visuel à chaque arrêt et à chaque visite décennale, avant et après Epreuve Enceinte
- un sonnage manuel et mécanisé à chaque visite décennale, avant et après Epreuve Enceinte
- des essais d'adhérence sur zones témoins à chaque visite décennale après Epreuve Enceinte.

➤ **Fuites non transitantes (Qnt)**

Principe de la mesure

Pendant l'exploitation normale de la tranche, l'Espace Entre Enceintes est dépressurisé (-40 hPa/atmo) de sorte que les fuites potentielles du BR (transitant majoritairement vers l'EEE) ne puissent s'échapper vers l'atmosphère

En cas d'accident (APRP), la part transitante (notée Qt), de la fuite BR globale (Qm) est donc collectée dans l'EEE puis traitée via les filtres du système EDE.

Cependant, il reste une petite part (notée Qnt) de la fuite globale qui ne transite pas vers l'EEE et qui n'est donc pas collectée. Pour des raisons de sûreté (contamination atmosphérique possible), ces fuites non transitantes (Qnt) doivent être quantifiées.

Pour calculer la fuite non transistante, Qnt, non mesurable directement il est nécessaire de déterminer

- La fuite globale, Qm
- Les fuites transitantes ; Qt

La fuite non transistante est déterminée par la différence entre Qm et Qt

$$Qnt = Qm - Qt$$

Pour calculer les fuites transitantes Qt, EDF va mesurer les fuites de l'espace entre enceintes Qeee : l'espace entre enceintes est instrumenté de façon quasi similaire au bâtiment réacteur pour la fuite globale (14 Thermomètres, 4 hygromètres, 2 capteurs de pression absolue et 2 capteurs de pression différentielle)

Cela permet de déterminer la masse d'air à l'intérieur de l'espace entre enceintes. La variation de masse permet de connaître les fuites de l'EEE, Qeee.

Cependant, les variations de pression ΔP entre la pression atmosphérique extérieure et l'espace entre enceintes (l'espace entre enceinte passant de l'état dépression à l'état surpression pendant les essais) font qu'il y a un apport d'air non constant de l'extérieur (l'espace entre enceinte « aspire » plus ou moins de l'air extérieur en fonction de la différence de pression). Cet apport d'air fausse la mesure des fuites non transitantes, il est donc nécessaire de faire la mesure de la fuite EEE quand les apports d'air extérieur sont nuls, quand Qe est nul donc quand $\Delta P = 0$

En toute rigueur, lorsque $DP=0$, les échanges à travers la paroi ne sont pas nuls en raison de la présence des bâtiments périphériques (BAN et BK) et des imperfections du modèle de calcul. Il est donc nécessaire de déterminer des corrections pour que la mesure de Qeee à DP nulle soit précisément égale à Qt. EDF détermine ces corrections par un étalonnage préalable.

Cet étalonnage est une opération longue (15 jours environ) car il faut enregistrer les mesures pour plusieurs différences de pression ΔP et à différents débits de fuite.

L'étalonnage consiste à injecter un débit de référence connu Q_{inj} et à comparer le débit Q_{eee} à ce débit Q_{inj} . Cela permettra d'obtenir Q_{eee} corrigée qui sera alors égale Q_t lorsque $\Delta P = 0$

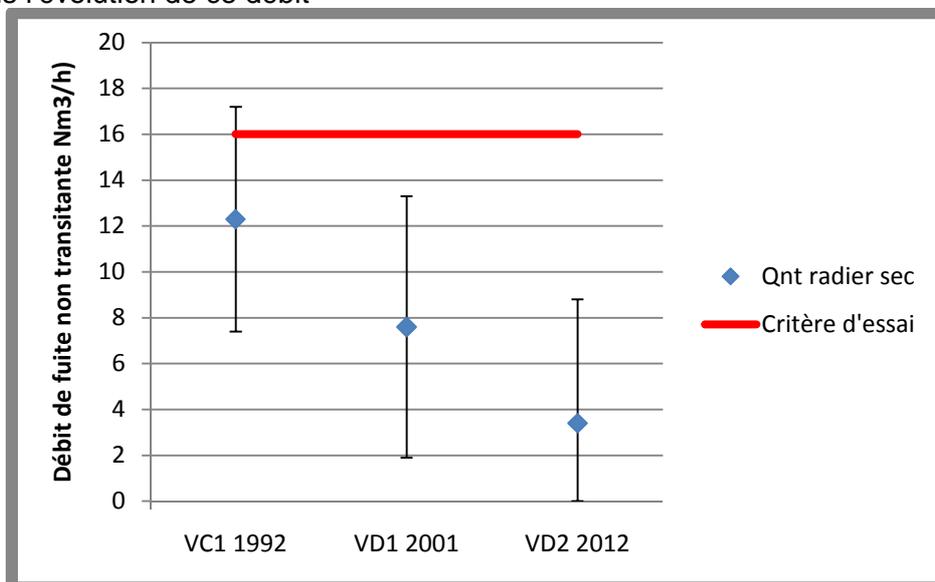
En application numérique, pour la première fuite non transistante mesurée :

$Q_m = -125,4 \text{ Nm}^3/\text{h}$,
 $Q_{eee} \text{ mesurée} = 122,4 \text{ Nm}^3/\text{h}$,
 $Q_{eee} \text{ corrigée} = 122,1 \text{ Nm}^3/\text{h}$,
 Ce qui fait que $Q_t = -125,4 + 122,1 = -3,3 \text{ Nm}^3/\text{h}$

Résultat de la mesure et analyse

Le débit de fuite non transistante déterminé radier sec est de $-3,4 \pm 5,4 \text{ Nm}^3/\text{h}$ pour un critère d'essai à $16 \text{ Nm}^3/\text{h}$. Il correspond à la moyenne des deux déterminations associée à la plus forte incertitude.

Ci-dessous l'évolution de ce débit



Analyse 2 :

On remarque une diminution constante des fuites non transistantes. EDF explique surtout cette amélioration par une mesure mieux maîtrisée. Une attention particulière a été apportée à la configuration identique entre les conditions d'étalonnage et de mesure (ΔP entre Bâtiments, Réglage de la ventilation). D'autant qu'il n'y a pas eu de travaux effectués permettant d'expliquer cette diminution.

La mesure satisfaisante incertitude comprise a permis de ne pas effectuer le noyage du radier (ce qui n'était pas le cas lors des essais précédents en 1992 et 2001)

Dans le cas d'un APRP, la majorité des fuites est collectée dans l'EEE. Cependant, il reste une petite part (notée Q_t) de la fuite globale qui ne transite pas vers l'EEE et qui n'est donc pas collectée. Ce sont ces fuites qui peuvent avoir un impact important sur l'environnement.

Le critère est le suivant : les fuites doivent être inférieures à $16 \text{ Nm}^3/\text{h}$

Ce critère est un critère dit de groupe B (niveau d'exigence) alors que le critère sur le taux de fuite global est dit de groupe A.

Question APAVE : Pourquoi le critère Qm (moins d'impact sur l'environnement) est en groupe A alors que le critère Qnt (plus d'impact sur l'environnement) est en groupe B ?

Réponse EDF : Les fuites non transitantes (critère Qnt) correspondent aux fuites par les traversées et aux fuites par le radier qui est noyé en situation accidentelle, cette dernière voie de fuite étant annulée par conséquent. Les fuites par les traversées sont vérifiées par ailleurs (essais de type B et C) et soumises à un critère de groupe A.

Le classement en groupe B des fuites non transitantes est donc cohérent avec ces éléments : l'impact effectif sur l'environnement résultant des fuites de l'enceinte transitant par l'espace entre enceintes et celui résultant des traversées étant tous deux soumis séparément à un critère A .

Dans tous les cas le non respect d'un des critères de groupe B entraîne un classement de l'essai périodique "avec réserve" et déclenche un processus cadré d'analyse des causes et des conséquences induites en terme de sûreté. Si cette analyse conduit à conclure à l'indisponibilité du système en test, en l'occurrence à l'incapacité de l'enceinte à garantir le respect de la fonction confinement en accident, les prescriptions RGE relatives à la conduite à tenir en cas d'indisponibilité du système sont appliquées strictement, au même titre que pour les essais de groupe A. Le classement en groupe B des Fnt n'a donc pas d'impact sur la sûreté de la tranche.

Position APAVE : La réponse est satisfaisante.

2 mesures de Qnt sont réalisées lors de l'essai. L'exploitant prend comme valeur la moyenne des 2 mesures et comme incertitude la plus grande des deux incertitudes

Question APAVE : N y a t il pas un risque de minorer le débit de fuite si la mesure 1 et la mesure 2 présente des différences importantes ?

Réponse EDF : Les deux mesures doivent respecter le critère de cohérence suivant : l'écart entre les valeurs centrées doit être inférieur à l'incertitude de mesure relevée lors de la première mesure

Position APAVE : Une augmentation de l'incertitude en intégrant la dispersion entre les 2 valeurs pourrait être envisagée.

Deuxième réponse d'EDF : Nota : Cette possibilité n'existe pas car l'incertitude de mesure sur ces deux valeurs est la même ou presque si les valeurs sont cohérentes

NOTA : Cet avis ne remet toutefois pas en cause le jugement de conformité des essais car les fuites non transitantes incertitudes comprises sont suffisamment faibles devant le critère à vérifier.

Si les fuites non transitantes sont trop importantes, l'exploitant noie le radier afin de se placer dans une situation conforme à ce qui se passerait en cas accident (présence d'eau en fond de BR). Les fuites gaz au niveau du radier sont ainsi éliminées.

Question APAVE : Comment est prise en compte le risque d'infiltration d'eau dans le béton si radier noyé ?

Réponse EDF : Le radier de l'enceinte est constitué d'une partie structurelle liaisonnée avec la paroi de l'enceinte et d'une partie servant de « support des structures internes », non liaisonnée à la paroi de l'enceinte et qui recouvre entièrement la première. L'interstice entre le radier « support des structures internes »

et la paroi est rempli par un mastic assurant une étanchéité à l'eau. Le radier « support des structures internes » est revêtu d'un revêtement décontaminable qui évite tout contact entre l'eau et le radier. L'intégrité de ce revêtement est contrôlé avant épreuve. Le risque d'infiltration d'eau vers le radier « actif » est donc extrêmement faible voire nul.

Position APAVE : Réponse satisfaisante

➤ **Détection d'ouverture de fissures et estimation des pressions et débits correspondants**

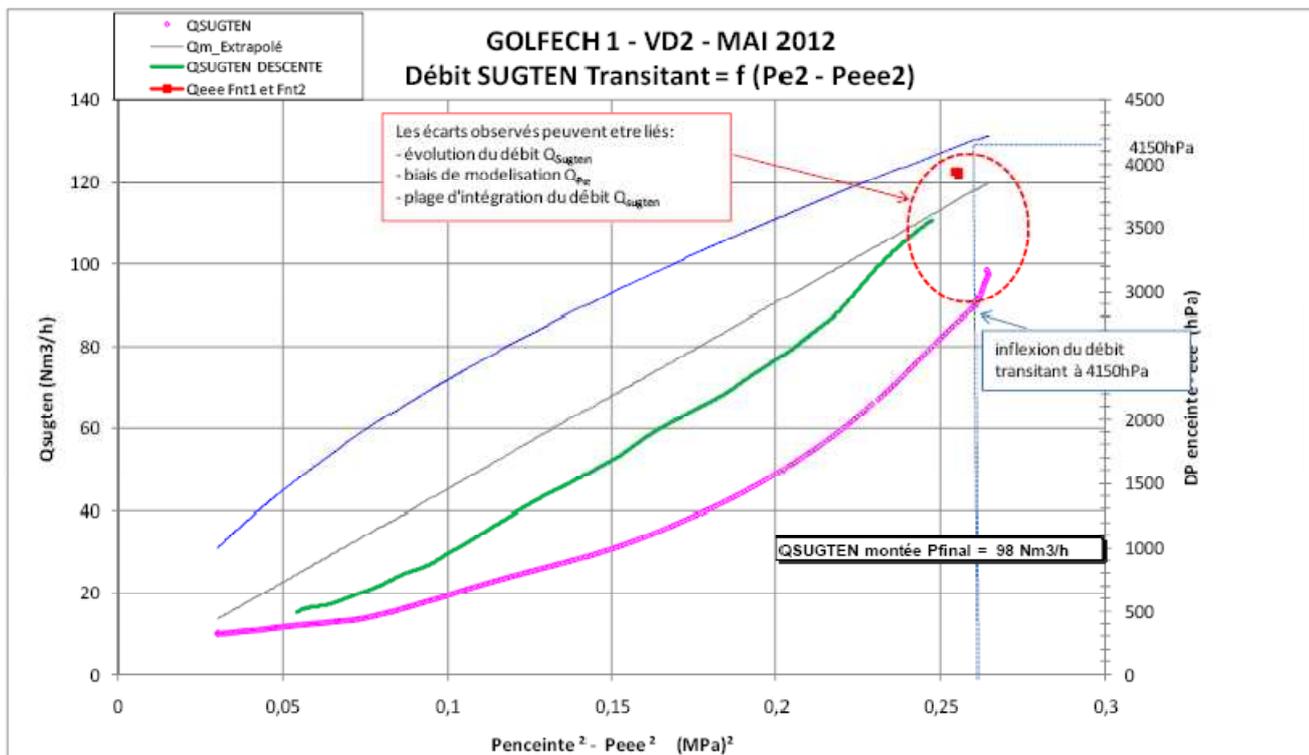
Principe de la mesure

Lors de l'étalonnage réalisé par injection de différents débits Q_{inj} pour établir la correction à apporter à Q_{eee} mesurée pendant les Fnt, on caractérise également la fuite de la paroi externe en fonction de la DP entre EEE et l'extérieur du BR. Il est alors possible en utilisant la loi de Darcy,

$$Q_t = a \times (P_e^2 - P_{eee}^2) \text{ et en connaissant}$$

- Q_t , le débit de fuite transitant dans l'EEE,
- P_e , la pression dans l'enceinte
- P_{eee} , la pression dans l'EEE,

de tracer $Q_t = f(P_e^2 - P_{eee}^2)$. Le graphique suivant présente les mesures SUGTEN faites à Golfech 1 lors de la VD2 au gonflage et au dégonflage :



Le coefficient de pente représente la caractéristique physique de la fuite, l'image de la porosité du béton. Si ouverture de fissure -> changement de régime de fuite -> Nouveau coefficient de pente -> Nouveau tronçon linéaire de pente plus forte

Résultat de la mesure et analyse

Pas de singularité sauf une inflexion du débit à ΔP 4150 hPa qui indiquerait l'ouverture d'une fissure.

Question APAVE : l'inflexion à 4150 hPa a t elle été aussi mesurée lors des précédents essais ?

Réponse EDF : Lors de l'épreuve enceinte de Golfech 1 VD1 (mai 2001), la mesure Sugten montre également une inflexion vers 4000 hPa. Ce phénomène d'inflexion, juste avant l'arrivée à la pression nominale est régulièrement observé, tous paliers confondus.

Position APAVE : Réponse satisfaisante

➤ **Détermination de la fuite de la paroi externe**

Principe de la mesure

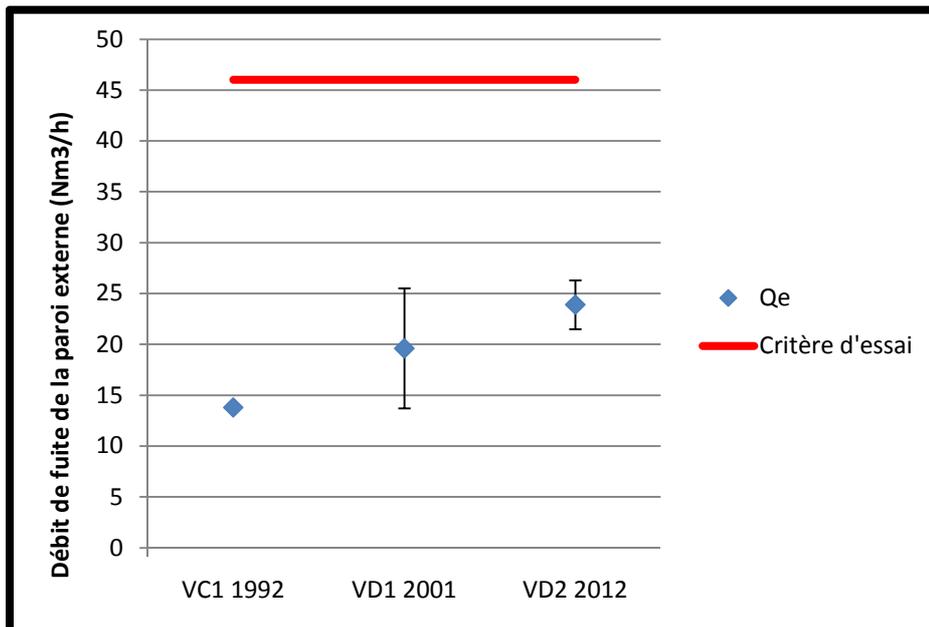
Six points d'étalonnage "longs" " permettant de caractériser la paroi externe ont été exploités pour le calcul du débit de fuite de la celle-ci.

Cela permet de modéliser le débit de fuite de la paroi externe à l'aide de l'équation $Q_e = A * dP + B$ et ainsi de calculer ce débit à la dépression de - 3 hPa

Résultat de la mesure et analyse

Le débit de fuite de la paroi externe, pour une dépression de -3 hPa entre l'EEE et l'extérieur est de $+ 23,9 \pm 2,4$ Nm3/h pour un critère fixé à 46 Nm3/h. Le signe + est du à un apport d'air dans l'EEE explicable par la dépression (l'EEE « aspire »)

Ci-dessous l'évolution de ce débit :



On remarque entre deux visites une augmentation constante de 5 Nm3/h des fuites de la paroi externe.

3. Mesures d'auscultation

Principe de la mesure

A l'aide de

- 51 extensomètres, EDF mesure les déformations locales
- 14 tables à pointes de visées, EDF mesure les variations de diamètre

- 4 fils invar verticaux, EDF mesure les variations de hauteur
- 12 capteurs de déplacements, EDF mesure les déplacements relatif béton/virole du TAM que le bâtiment subit pendant le cycle de montée en pression

L'analyse des résultats d'essai porte sur plusieurs paramètres :

- Linéarité des mesures par rapport à la variation de pression,
- Stabilité de la mesure pendant les paliers de pression,
- Hystérésis faible après dégonflage,
- Cohérence des mesures faites sur les différents capteurs,
- Cohérence des mesures par rapport aux essais précédents (et donc par rapport à l'essai pré-opérationnel qui sert de référence)

Résultat de la mesure et analyse

Les déformations locales sont du même ordre que lors des essais en 1987, 1992 et 2001.

Il est noté que les hystérésis* au retour du bâtiment à la pression atmosphérique sont de l'ordre de

- 5 $\mu\text{m}/\text{m}$ dans le radier
- 15 $\mu\text{m}/\text{m}$ au niveau du gousset
- 10 $\mu\text{m}/\text{m}$ au niveau du fût
- 10 $\mu\text{m}/\text{m}$ au niveau du dôme

**Explication d'hystérésis : le bâtiment subit une déformation due à la montée en pression. Après retour à la pression atmosphérique, le bâtiment devrait revenir à sa position de départ. Quand ce n'est pas le cas, on parle alors d'hystérésis.*

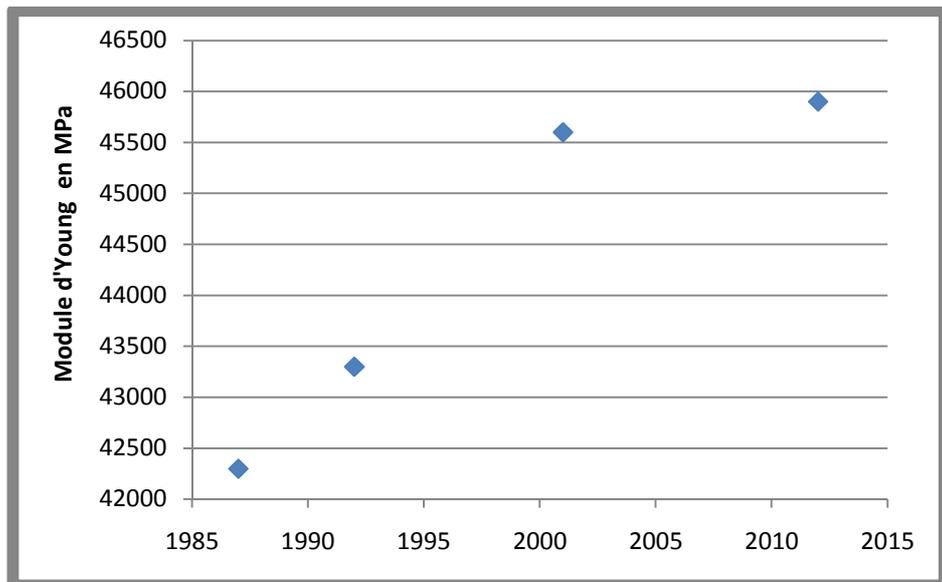
Analyse :

Question APAVE : Comment l'exploitant juge ce phénomène ?

Réponse EDF : Les mesures d'auscultation en exploitation permettent de suivre les évolutions dimensionnelles de l'ouvrage depuis sa mise en service (et même dès la construction de l'enceinte). La continuité des mesures, entre la période précédant l'essai et la période suivant l'essai permet de s'assurer que les déformations de l'enceinte lors de l'essai sont bien réversibles.

Il y a bien eu continuité des variations dimensionnelles mesurées avant et après l'essai décennal de 2001.

Ci-dessous : l'évolution du module d'élasticité (module d'Young) calculé à partir des déformations locales :



Position APAVE : Les variations de diamètres et de hauteurs sont du même ordre que lors des essais en 1987, 1992 et 2001.

Il est noté que les hystérésis au retour du bâtiment à la pression atmosphérique sont de l'ordre de

- 0,5 mm sur un diamètre
- 0,4 mm sur une hauteur

Les déplacements relatifs béton/virole sont de l'ordre de 0,9 mm aussi bien dans la direction radiale qu'axiale.

Ces déplacements sont comparables à ceux de l'essai précédent

A noter qu'EDF, par des calculs de comportements mécaniques (calculs antérieurs à la VD2) a déterminé les zones de l'enceinte interne susceptibles d'être moins comprimées sous sollicitation (Epreuve ou APRP) à 60 ans (perte de tension des câbles de précontrainte dans le temps). Ce sont les zones autour du TAM, de la sous ceinture torique et du gousset. Elles ont été traitées (, ou seront traitées d'ici la VD3 pour la sous ceinture torique et le gousset) par colle SIKADUR ou revêtements stratifiés.

4. Mesures des fuites traversées

- Fuite des traversées de type B et C

Principe de la mesure

Les traversées type B sont des traversées à fond plein ou à joint (par exemple Tampon Matériel)
Les traversées type C sont des traversées en air ou en eau.

Suivant le type de circuit, les essais d'étanchéité sont réalisés par pressurisation à l'air ou à l'eau.
Si les tests sont faits

- à l'air, alors utilisation de débitmètres à flotteur
- à l'eau, alors utilisation de capacité par exemple éprouvette graduée

Les méthodes utilisées sont soit :

- mesure directe de la fuite
- par débit d'appoint

Pour les traversées de type C, des vannes, situées de part et d'autre des parois de béton, permettent d'obturer chacune des traversées. Il est nécessaire de vérifier l'étanchéité de ces vannes pour s'assurer qu'il n'y aura pas de fuite à ce niveau lors d'un APRP.

Résultat de la mesure et analyse

Les fuites mesurées sont les suivantes :

Traversées mécaniques de type C : fuites mesurées à 2,0 Nm³/h pour un critère de 10 Nm³/h (critère de groupe B)

Traversées mécaniques de type B fermées par des DMP : fuites mesurées à 0,002 Nm³/h pour un critère de 0,22 Nm³/h (critère de groupe B)

Traversées mécaniques de type B (Total des types B) : fuites mesurées à 0,24 Nm³/h pour un critère de 2 Nm³/h (critère de groupe B)

Traversées mécaniques de type C + total des types B : fuites mesurées à 2,22 Nm³/h pour un critère de 12 Nm³/h (critère de groupe A)

Expertise sur le terrain : nous avons assisté au dernier essai d'étanchéité effectué : la vérification de l'étanchéité du tampon matériel :

Le personnel affecté à cet essai a fait preuve d'un grand professionnalisme et a su expliquer de façon très pédagogique la mesure et ses objectifs.

Le test a été très concluant puisque la fuite a été mesurée de l'ordre de 0,002 Nm³/h alors que le critère est de 0,22 Nm³/h (rapport de confiance d'un ordre 100)

La mesure est faite en lisant sur un débitmètre à flotteur gradué en cm. Il est nécessaire ensuite au technicien d'utiliser un abaque pour calculer le débit en Nm³/h. Il reste ensuite au technicien de le ramener en Nm³/h et de multiplier ce débit par 1,1 (majoration pour tenir compte d'incertitudes estimées à 10 %)

Analyse

Dans le document EDF GAES12EPP00017, le principe de vérification des débitmètres est de comparer les mesures de deux débitmètres (contrôle de la cohérence), mais il n'est pas fixé de spécifications. Comment l'opérateur décide si son banc est conforme : quelle est la différence maximale tolérée : 5, 10, 15 % ?

Il serait intéressant d'améliorer le processus pour arriver de la lecture au résultat final. Ce cheminement peut être risqué d'erreurs importantes.

Les mesures de fuite des traversées sont augmentées de 10 % pour tenir compte des incertitudes de mesure. Mais au vu des constats de vérification et des certificats d'étalonnage transmis, les incertitudes de 10 % sont insuffisantes et devraient être révisées.

Nota : Cet avis ne remet toutefois pas en cause le jugement de conformité des essais car les fuites sont suffisamment faibles devant le critère à vérifier.

5. Détection, repérage et quantification de fuites par aspersion

Principe de la mesure

Une aspersion d'eau savonneuse permet de détecter et de repérer les fuites de l'enceinte interne. Ensuite, EDF réalise à l'aide de collecteurs équipés de débitmètres à flotteur ou de débitmètres thermiques massiques la quantification des fuites.

Résultat de la mesure et analyse

Au palier 4,2 bars, le débit total des fuites identifiées et comptabilisées est de 52,2 Nm³/h. Grâce aux essais d'étanchéité, EDF peut estimer que environ 110 Nm³/h traverse la paroi interne (en diminuant Qm des fuites non transitantes et des fuites radier (estimées à 10 Nm³/h en 2001))
La mesure d'aspersion a donc permis de trouver environ 50 % des fuites de la paroi interne.

Par comparaison en 2001, il avait été mesuré par aspersion 41,2 Nm³/h pour environ 90 Nm³/h de fuite traversant la paroi interne. La mesure d'aspersion avait donc permis, là aussi, de trouver environ 50 % des fuites.

Entre 2001 et 2012, il y a eu une augmentation de 27 % des fuites quantifiées. Cela est cohérent par rapport à l'augmentation du taux de fuite globale.

A noter pour les fuites mesurées en VD2 :

- 2,6 Nm³/h de fuite au gousset à comparer aux 3,4 Nm³/h de la VD1 – pas d'évolution significative
- 14,4 Nm³/h autour du Tampon d'Accès Matériel à comparer aux 23,6 de la VD1. Les fuites sont en forte diminution, les travaux d'étanchéité ont atteint leurs objectifs
- 6,0 Nm³/h autour des principales traversées (VVP et SPR) - débit en nette augmentation par rapport à la VD1 : en VD1, le débit mesuré fut + traversées était de 2,1 Nm³/h
- 2,3 Nm³/h sur le fût à comparer au 2,1 Nm³/h de la VD1 incluant alors les traversées
- 13,1 Nm³/h au niveau de la sous ceinture torique à comparer aux 6,9 Nm³/h de la VD1 – Débit en nette évolution
- 13,7 Nm³/h sur le dôme à comparer aux 4,6 Nm³/h en VD1 - Débit en nette évolution

Les fuites au niveau du TAM ont donc diminué, mais des fuites plus importantes sont apparues autour des principales traversées, au niveau de la sous ceinture torique et sur le dôme.

10. La surveillance de l'intégrité du bâtiment réacteur en fonctionnement est-elle pertinente ?

Objectif : Démontrer que l'ensemble des contrôles en fonctionnement du réacteur garantit le maintien de l'intégrité du bâtiment réacteur.

Quels sont les éléments qui permettent de s'assurer de l'intégrité du bâtiment réacteur ?

1. Etanchéité

Pour avoir l'assurance que le taux de fuite de l'enceinte interne en cas d'APRP reste inférieur à 1,5% par 24 heures de la masse de gaz qui y est contenue, il est important de vérifier régulièrement son étanchéité.

Cette vérification est assurée par le programme d'essais périodiques de l'enceinte et de ses traversées en arrêt de tranche (essai d'étanchéité vu au chapitre précédent)

Un suivi de l'étanchéité de l'enceinte est assuré tranche en marche via le système SEXTEN (Suivi en **EX**ploitation du **T**aux de fuite des **EN**ceintes).

Le débit de fuite de l'enceinte à 60 hPa de surpression, corrigé des entrées d'air parasites est surveillé.

Un seuil de 8 Nm³/h, a été retenu comme critère permettant de vérifier que :

- L'ensemble des circuits traversant l'enceinte et mettant en communication directe les atmosphères intérieure et extérieure enceinte, se trouve dans une configuration normale (présence des gardes d'eau éventuelles...)
- Il n'y a pas de grosse fuite sur les traversées mettant en communication l'intérieur de l'enceinte avec l'extérieur (SAS, traversées EBA..., dans la mesure où ce sont des traversées de grand diamètre).

Un dépassement du seuil de 8 Nm³/h conduit à un repli sous 14 jours et un dépassement du critère 16 Nm³/h conduit à un repli sous 3 jours.

2. Auscultation

L'auscultation est réalisée au moyen du système EAU, le même qu'en épreuve, mais avec un suivi trimestriel. L'objectif est, par le biais des mesures de variation du béton : Témoins sonores, thermocouples, pendules, fils invars, ... de mesurer les déformations du béton : fluage, gonflement, ... Ces mesures sont ensuite analysées et injectées dans les courbes de suivi de la DTG et dans les modèles de surveillance du CIPN et du SEPTEN. Le système EAU a été présenté lors de la visite à DTG LYON.

A noter qu'EDF, grâce aux mesures d'auscultation EAU a déterminé les vitesses de déformations différées (retrait/fluage du béton). Elles sont faibles et stabilisées (< 10 µm/m/an)

3. Contrôle d'étanchéité des traversées

Des contrôles et de la maintenance préventive sont programmés sur les traversées au titre du programme de maintenance de l'enceinte de confinement :

- Contrôle d'étanchéité à chaque arrêt et remplacement de joint périodique pour le sas d'accès BR et le tampon d'accès matériel
- Contrôle d'étanchéité et contrôles visuels à chaque arrêt et remplacement de joints pour les traversées à fond plein démontables avec joints.
- Contrôle d'étanchéité des organes d'isolement des tuyauteries traversant l'enceinte à chaque arrêt de tranche
- Contrôle d'étanchéité des traversées électriques à chaque arrêt de tranche

4. Le circuit de mise en dépression de l'espace entre enceintes (EDE)

Le système EDE a pour fonction d'assurer par aspiration une dépression dans l'espace entre les deux enceintes de confinement du réacteur, de collecter les fuites de l'enceinte intérieure et de les traiter.

Le système EDE fait l'objet d'un suivi en exploitation à 3 niveaux :

- Une surveillance en salle de commande et des automatismes de régulation associés
La surveillance temps réel donne en premier lieu la mesure en continu de la dépression dans l'espace inter-enceinte pour garantir à tous moment le niveau nécessaire en cas de survenue d'une situation accidentelle. Cependant, une surveillance temps réel existe aussi sur la fiabilité des équipements constitutifs du système (temps de démarrage/mise en service des matériels, surveillance de températures, détection incendie, etc...)
- Des essais périodiques visant à s'assurer régulièrement de la disponibilité des matériels, alarmes et automatismes associés.
Les essais périodiques, dont les périodicités s'échelonnent entre 1 mois et 4 cycles de fonctionnement, visent à tester régulièrement, par action mécanique ou simulation de signal électrique les différents équipements, alarmes, séquences automatiques du système EDE. A titre d'exemple le test de mise en service automatique des files iode est réalisé tous les 2 mois
- D'un programme de maintenance préventive visant à garantir dans la durée le bon état des équipements
Le Programme de base de maintenance préventive du système EDE prévoit la maintenance préventive des clapets, moteurs, ventilateurs, lecteurs de débit, ...

5. Le circuit de collecte des fuites en cas d'accident (EEE)

Le système EEE a pour fonction de collecter les fuites en cas d'accident et de les traiter avant rejet.

Analyse :

L'étanchéité du bâtiment réacteur est associée au confinement dynamique réalisé dans l'espace entre les deux enceintes par les systèmes EDE, SEXTEN. Ces systèmes présentent des garanties satisfaisantes, car elles assurent :

- *Une barrière dynamique entre les deux enceintes : la paroi interne, la paroi externe et la dépression entre les parois (circuit EDE),*
- *Un traitement des fuites éventuelles du bâtiment réacteur,*
- *Une surveillance du taux de pollution éventuelle dans l'espace entre les deux enceintes,*
- *Une surveillance permanente que les traversées restent étanche : le système SEXTEN (Suivi en **EX**ploitation du **T**aux de fuite des **EN**ceintes).*

11. Quels sont les conditions d'utilisation du filtre à sable ?

Le fonctionnement du filtre à sable

Le filtre à sable est une protection ultime qui vise à protéger l'enceinte de confinement en cas de montée lente en pression du bâtiment réacteur suite à un accident de type fusion du cœur. Il s'agit d'une situation où toutes les autres protections auraient été défaillantes. L'utilisation du filtre à sable permettrait de réduire la pression à l'intérieur du bâtiment pour préserver l'intégrité de l'enceinte de confinement.

Dans une telle situation, les fluides (gaz, vapeur, particules) en pression présents dans le réacteur seraient chargés de produits radioactifs, le filtre à sable limiterait les conséquences radioactives pour les populations et l'environnement par la filtration avant rejets.

Ce filtre à sable doit répondre à des exigences de :

- Robustesse : les fluides seront à 140°C sous 5 bar s, le filtre devra résister à l'ensemble de ces contraintes.
- Simplicité : le filtre à sable devra être autonome, du fait de la somme de défaillance déjà produite en amont, son fonctionnement ne devra pas être lié à une source d'énergie, son utilisation sera entièrement manuelle.
- Grande capacité : Ce filtre devra absorber un volume important de particules (3.5 kg/s)
- Protégé du reste de l'installation : ce filtre étant l'ultime secours, il doit résister à toutes les agressions qui peuvent être à l'origine de cette situation grave.

Ces filtres à sable ont fait l'objet de tests lors de la conception par le CEA pour évaluer leurs capacités de filtration et leur comportement en fonctionnement accidentel (programmes Pitea et Fuchia).

L'efficacité du filtre :

- Pour les aérosols : supérieur à 1 pour 1000
- Pour l'iode moléculaire : supérieur à 1 pour 10
- Piège le césium.

Les conditions d'utilisation du filtre à sable

Les conditions d'utilisation sont un point sensible, la décision de mettre en fonctionnement le filtre à sable se situe dans le processus de la gestion de la crise (PUI : Plan d'Urgence Interne), avec des conséquences pour la population et l'environnement. La situation accidentelle qui amènerait la décision d'utiliser le filtre à sable ne se situe pas dans les premiers temps de l'accident : on peut situer raisonnablement cette action au-delà des 24 h après le début de l'accident.

La prise de décision

La décision d'ouvrir ce filtre à sable ne repose pas sur le personnel de conduite, mais sur une chaîne de décision entourée de différents groupes d'experts, pour nommer que les principaux :

- la cellule nationale de crise d'EDF,
- la cellule de crise de l'ASN,
- les experts de l'IRSN,
- la cellule de crise de la préfecture et ses experts,
- la cellule de crise du site.

Les critères de décision

Les critères de décision sont simples et mesurables, il s'agit d'une pression relative de l'enceinte entre 5.2 bars et 6 bars (valeurs limites de tenue du bâtiment).

Mode opératoire

Le mode opératoire d'ouverture est simple, car il s'agit de la manœuvre de 2 vannes manuelles. Les volants de manœuvre sont situés derrière une protection biologique pour protéger l'opérateur des rayonnements ionisant. Ce mode opératoire est intégré dans la procédure GIAG, document pour le personnel de conduite en cas de fusion du réacteur.

Formation des agents de conduite

Chaque site est équipé d'un simulateur de conduite (réplique de la salle de commande). Les équipes de conduite sont formées sur ce simulateur où sont recréées toutes les situations accidentelles sous la supervision d'un formateur. Ce mode opératoire GIAG est testé régulièrement en simulateur. De plus les agents de conduites font l'objet d'une évaluation sur leurs capacités techniques et sur leurs comportements aux seins des équipes de conduite.

Analyse

L'analyse sur les conditions d'utilisation du filtre à sable est difficile, car il n'existe pas de retour d'expérience et pour cause, il s'agirait d'un accident grave (5 et plus sur l'échelle INES Document en annexe). Le filtre à sable est un ultime secours qui fait l'objet d'une mise en place suite au retour d'expérience de l'accident de Three Mile Island aux Etats-Unis en 1979.

- *Le choix des critères de conception (robustesse, simplicité ...) sont cohérents avec les objectifs.*
- *Les choix technologiques mis en place répondent aux critères de conceptions*
 - *Le filtre à sable est situé sur le toit du bâtiment des auxiliaires nucléaires, il est entouré sur les quatre faces d'un mur béton*
 - *Le filtre à sable est au plus près du bâtiment réacteur pour limiter les distances du réseau*
 - *Le réseau entre le bâtiment réacteur et le filtre à sable est conçu au plus simple.*
 - *Les protections biologiques sont intégrées dans l'installation.*
- *L'organisation de la décision est cohérente avec la cinétique d'un accident sur le cœur du réacteur*
- *Les critères de décision sont compatibles avec la modélisation d'une fusion de cœur*
- *La conduite de l'utilisation du filtre à sable est cohérente avec les contraintes d'une situation accidentelle*
- *La formation des agents de conduite reste un atout important dans la conduite en situation accidentelle.*

Les interrogations que l'on peut avoir sont principalement sur le facteur humain dans une situation accidentelle.

12. Quel est le niveau de fiabilité du fonctionnement du filtre à sable ?

Les différents équipements qui composent le réseau du filtre à sable

Le filtre à sable est une protection ultime qui vise à protéger l'enceinte de confinement en cas de montée en pression entre 5.2 bars et 6 bars (valeurs limites de tenue du bâtiment).

Le réseau du filtre à sable est composé des équipements suivant : du réacteur (l'amont) vers la cheminée de rejet (l'aval) :

- Le captage des fluides sous pression à l'intérieur le bâtiment réacteur est composé de deux piquages :
 - Un piquage par préfiltre métallique pour limiter les produits solides radioactifs dans le réseau et dans le filtre à sable
 - Un piquage direct sans filtration en cas de surcharge du filtre métallique (delta P 1 bars). Ce contournement se fait sur clapet mécanique à déclenchement sur delta P
- Un réseau de canalisation métallique entre le bâtiment réacteur et le filtre à sable
- Deux vannes en série à commande manuelle
- Un circuit de conditionnement d'air avant ouverture du réseau du filtre à sable. Ce préchauffage a pour but de limiter la condensation de la vapeur dans le réseau du filtre à sable pouvant conduire à une remontée du taux d'hydrogène dans le réseau.
- Le filtre à sable, immense cuve cylindrique de 7.3 m de diamètre pour 4 mètres de haut. L'ensemble opérationnel pèse environ 92 tonnes. Le substrat de filtration est composé de sable de fibre de verre, d'argile expansé et de grille métallique.
- Un piquage du filtre à sable vers la cheminée de rejet de la tranche
- Une mesure des rejets (chaîne KRT)

Les risques associés au réseau du filtre à sable

La fonction de cette installation a pour objectif de dépressuriser le bâtiment réacteur et de filtrer l'air rejeté. Cette installation est simple, elle ne requiert aucune source d'énergie pour son fonctionnement. Les risques de non fonctionnement sont :

- Le colmatage du réseau
- La rupture du réseau
- Une vanne non manœuvrable

Analyse

Le fonctionnement en réseau du filtre ne présente pas de risque de non fonctionnement :

- *Le colmatage du réseau est limité par :*
 - *Le préfiltre métallique au niveau du piquage dans le bâtiment réacteur*
 - *La pression de fonctionnement supérieure à 5.2 bars*
 - *Le diamètre des canalisations.*
- *Le risque de rupture du réseau est limitée par son traitement antisismique*
- *Le risque de blocage des vannes est limité car il s'agit de vannes manuelles avec maintenance associé.*

On peut estimer que le fonctionnement de ce dispositif présente un haut niveau de fiabilité du fait de sa simplicité et la robustesse des équipements qui la composent.

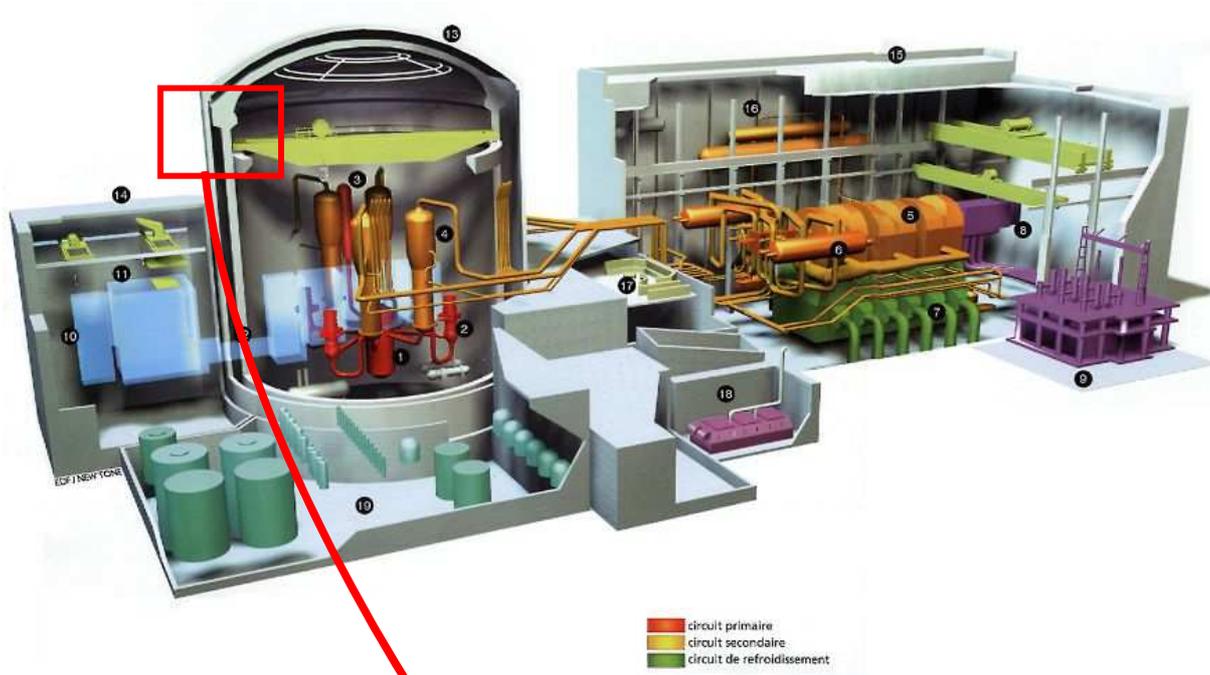
Les seules interrogations seraient sur le fonctionnement dans la durée : saturation du filtre à sable.

Nota : notre expertise n'a pas pris en compte le risque sismique et le risque hydrogène qui étaient hors champs de notre expertise.

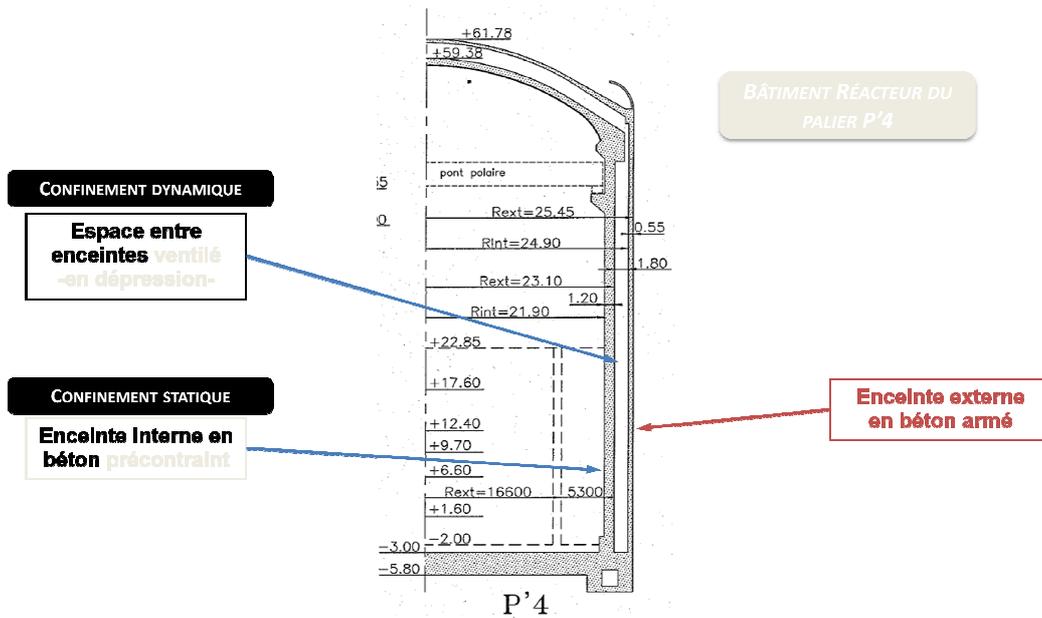
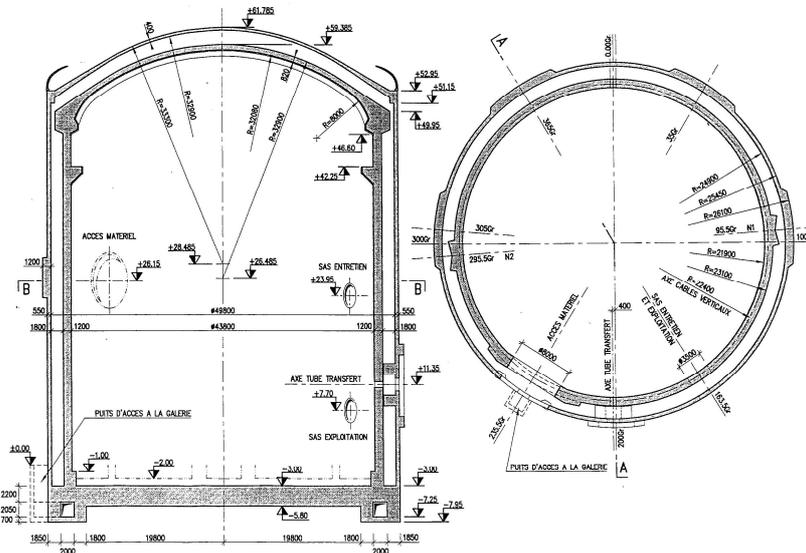
13. ANNEXE

Annexe 1

(Document fournis par EDF modifié)



Annexe 2
(Document fournis par EDF non modifié)



Annexe 3
(Document APAVE)

Déroulement de la mission



Annexe 4
(Document ASN)

APPLICATION DE L'ÉCHELLE INES		CONSÉQUENCES À L'EXTÉRIEUR DU SITE	CONSÉQUENCES À L'INTÉRIEUR DU SITE	DÉGRADATION DE LA DÉFENSE EN PROFONDEUR
7	ACCIDENT MAJEUR	Rejet majeur : effets considérables sur la santé et l'environnement		
6	ACCIDENT GRAVE	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues		
5	ACCIDENT	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues	Endommagement grave du cœur du réacteur / des barrières radiologiques	
4	ACCIDENT	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement important du cœur du réacteur / des barrières radiologiques / exposition mortelle d'un travailleur	
3	INCIDENT GRAVE	Très faible rejet : exposition du public représentant au moins un pourcentage des limites fixé par le guide AIEA*	Contamination grave / effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu / perte des barrières
2	INCIDENT		Contamination importante / surexposition d'un travailleur	Incident assorti de défaillances importantes des dispositions de sécurité
1	ANOMALIE			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0	ÉCART		Aucune importance du point de vue de la sûreté	
ÉVÉNEMENT HORS ÉCHELLE		Aucune importance du point de vue de la sûreté		

Annexe 4
(Document EDF)



Photo 1 : Station de compression

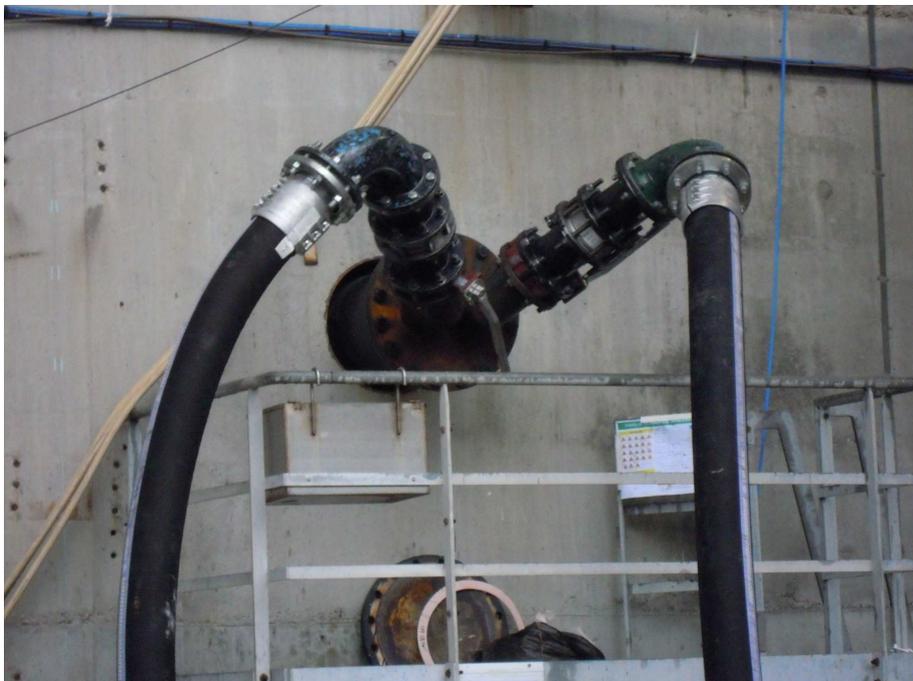


Photo 2 : Vannes et clapets

14. GLOSSAIRE

- CLI : COMMISSION LOCALE D'INFORMATION
- EDE : MISE EN DEPRESSION DE L'ESPACE ENTRE ENCEINTE
- BK : BATIMENT DE STOCKAGE DU COMBUSTIBLE
- APRP : ACCIDENT DE PERTE DE REFRIGERANT PRIMAIRE
- GV : GENERATEUR DE VAPEUR
- BR : BATIEMENT REACTEUR
- EEE : ESPACE ENTRE ENCEINTE
- TAM : TAMPON ACCES MATERIELS
- VD : VISITE DECENALE
- SEXTEN : Suivi en EXploitation du Taux de fuite des Enceintes
- EBA : BALAYAGE DU BATIMENT REACTEUR

Unités utilisées

Pression :

Unité de départ	Pa	mbar	bar	kg/cm ²
1 Pa	1	0,01	0,00001	1,02 x 0,00001
1 mbar	100	1	0,001	1,02 x 0,001
1 bar	10 000	1 000	1	1,02
1 kg/cm²	0,981 x 10 000	981	0,981	1