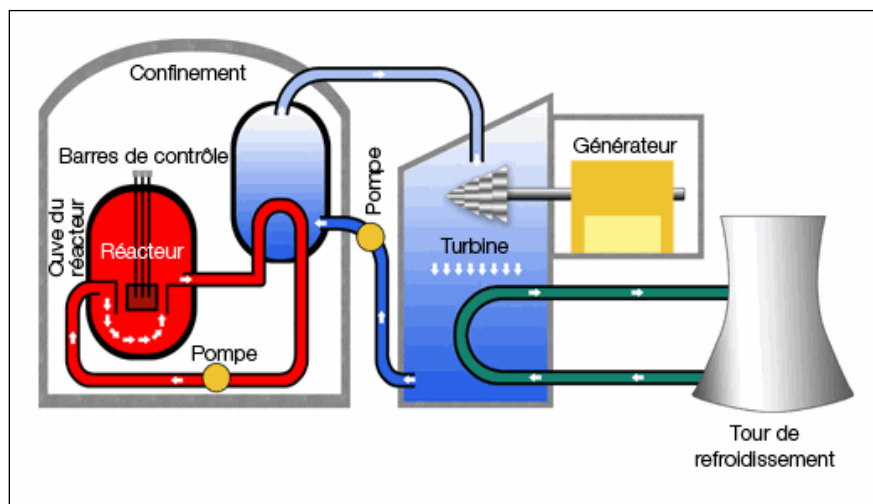


Centrale nucléaire Doel 3

Questions & Réponses concernant les indications dans la cuve

Quelle est la fonction d'une cuve d'un réacteur nucléaire ?

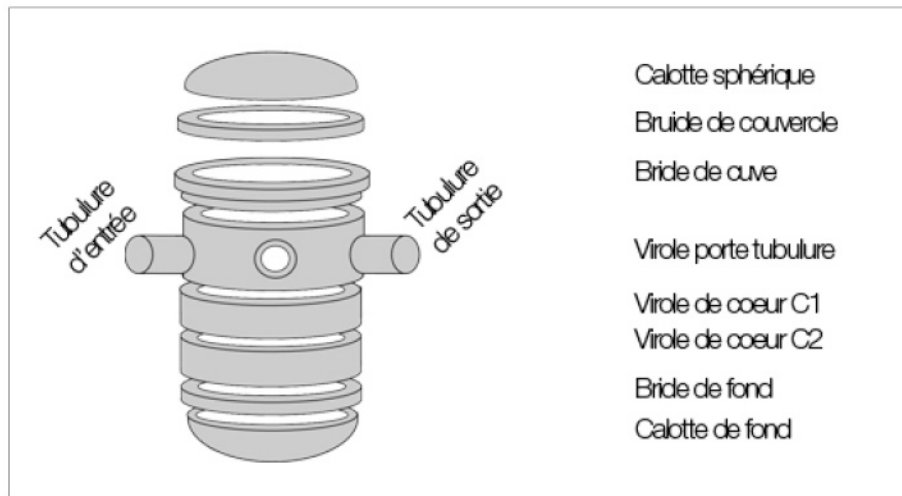
C'est dans la cuve du réacteur que l'eau du circuit primaire principal circule à travers le cœur, où elle est chauffée par le combustible nucléaire. L'eau transfère ensuite sa chaleur au circuit secondaire dans le générateur de vapeur, avant de retourner vers le réacteur. La vapeur ainsi formée est destinée aux turbines et à la production d'électricité.



Les centrales nucléaires d'Electrabel sont des unités PWR (Pressurised Water Reactor), des réacteurs à eau pressurisée. Dans un réacteur à eau pressurisée, cette eau ne bout pas sous l'effet de la pression à laquelle elle est soumise. La cuve du réacteur doit donc être à l'épreuve de pressions élevées.

La cuve d'un réacteur nucléaire se compose d'un corps de cuve et d'un couvercle. Le corps de cuve mesure près de 13 mètres de hauteur (couvercle inclus) et son diamètre extérieur atteint 4,4 mètres, pour un poids total de 330 tonnes (couvercle et éléments d'assemblage inclus). L'épaisseur de la paroi de la partie cylindrique de la cuve atteint 20 centimètres.

La cuve est constituée de composants forgés et usinés en acier faiblement allié. Les principaux composants de la cuve (parois, brides et tubulures) sont le résultat d'opérations de forgeage et d'usinage métallurgiques. Ces pièces sont soudées entre elles et protégées de la corrosion au moyen d'un fin revêtement en acier inoxydable (environ 7 millimètres d'épaisseur, appelé « cladding »), déposé par soudage sur la face intérieure de la cuve, en deux couches généralement.



La cuve est, à la fin du processus de fabrication, soumise à un test qui l'expose à une pression supérieure à la pression maximale en fonctionnement, cela afin de vérifier sa résistance. Ces contrôles sont effectués suivant les normes américaines ASME (American Society of Mechanical Engineers).

Quelle est la nature des indications rencontrées sur la cuve de Doel 3 ?

En ce qui concerne la cuve de Doel 3, les inspections effectuées ont permis d'identifier des indications de type lamellaire. Selon AREVA, il s'agirait de « défauts dus à l'hydrogène » (DDH) produits durant la fabrication de la cuve.

Ces DDH sont situés, en général, le long des ségrégations qui sont des zones le long desquelles des hétérogénéités de la composition chimique ont tendance à se former lors de la solidification du lingot. Ils sont intégrés dans la masse métallique dans les 120 premiers millimètres intérieurs de la paroi qui en fait, elle, 200 mm. Ces indications ne débouchent pas en surface (ni côté interne, ni côté externe).

Ces DDH seraient liés à un excès d'hydrogène le long des ségrégations et ils se formeraient lors du traitement thermique de forge. Ces défauts seraient d'après les experts métallurgistes du bureau d'études Tractebel Engineering (TE) et du constructeur Areva, peu susceptibles d'évoluer en service, vu leur orientation (indications lamellaires quasi parallèles à la paroi donc soumis à très peu de contraintes).

Comment avons-nous découvert ces indications dans la cuve de Doel 3 ?

En Belgique, dans le cadre d'une révision décennale, des inspections de la cuve sont réalisées conformément à la réglementation ASME et au Rapport de Sûreté. Electrabel avait décidé en concertation avec les autorités de sûreté de profiter des révisions décennales pour aller plus loin que le programme réglementaire « standard » de révision et pour contrôler sous le revêtement de toutes les cuves en Belgique. Cette inspection spécifique est liée au retour d'expérience de contrôles effectués en

France et qui ont révélé, à Tricastin et Fessenheim principalement, l'existence de « défauts sous revêtement » (il s'agit de défauts sous le revêtement en inox qui recouvre toute la paroi interne de la cuve). La centrale de Doel 3 était chronologiquement la première à passer cette nouvelle inspection lors de la révision décennale en juin 2012.

Quelles analyses avez-vous réalisées ?

Afin de détecter la présence d'éventuels défauts sous revêtement (comme sur certaines centrales françaises), nous avons effectué en juin à Doel 3 l'inspection de la cuve sur une profondeur de 30 mm du matériau de base et à partir de la surface interne de la cuve. L'examen a été réalisé à hauteur des assemblages combustibles et a été étendu sur une zone de 20 cm en dessous et au-dessus. Cette opération a confirmé que la cuve de Doel 3 ne présentait pas de « défauts sous revêtement ».

Par contre, d'autres types d'indications ont été détectés, ce qui a conduit Electrabel, courant juillet, à effectuer un examen sur toute la profondeur de la paroi de la cuve (200 mm) et sur toute la surface. Ce programme de contrôle supplémentaire a été proposé par l'exploitant à AIB Vinçotte (organisme mandaté en charge du suivi des équipements sous pression) et communiqué à Bel V (filiale technique de l'AFCN) et à l'Agence de Contrôle. Des indications situées principalement entre 20 mm et 60 mm de profondeur à partir du revêtement intérieur ont ainsi été détectées. Ces indications sont quasi parallèles à la surface (inclinées de seulement 10° par rapport à la paroi). Il s'agirait de « défauts dus à l'hydrogène ».

Comment la cuve d'un réacteur a-t-elle été inspectée ?

L'inspection de la cuve d'un réacteur est effectuée par un robot spécialisé de haute technologie. Celui-ci est placé dans la cuve pour sonder les parois. Sur les bras du robot se trouvent des caméras ainsi que des appareils à ultrasons. Les caméras procurent des images de la surface interne de la cuve. L'épaisseur de la paroi est soumise à un examen ultrasonique. Des ondes sont ainsi envoyées à travers le matériau, à l'instar de ce qui se fait en médecine.

Pourquoi ces constatations n'ont pas été faites lors des tests de résistance ?

L'objectif des tests de résistance était de déterminer si les centrales nucléaires belges disposent d'une marge de sécurité suffisante pour garantir leur fonctionnement en toute sécurité, même dans des conditions extrêmes (tremblement de terre, inondation, attaque terroriste). Au cours des tests de résistance, le réacteur lui-même n'a pas été soumis à inspection. Les inspections du réacteur et de la cuve se font, en effet, lors des révisions périodiques qui ont lieu à intervalles fixes.

Quelle est la situation dans les autres centrales belges ?

En concertation avec les autorités de sûreté, il a été prévu que toutes les centrales belges subiront des inspections pour détecter d'éventuels « défauts sous revêtement ».

En ce qui concerne l'examen sur toute l'épaisseur de la cuve comme à Doel 3, elle sera pratiquée à Tihange 2. La cuve de Tihange 2 a, en effet, suivi le même procédé de fabrication que celle de Doel 3. Ce contrôle est prévu mi-septembre dans le cadre de la révision qui a démarré le 16 août.

Comme c'est toujours le cas dans notre processus d'amélioration continue, les résultats des inspections complémentaires seront intégrés à notre gestion du retour d'expérience et partagés avec les exploitants à l'étranger. Il en sera tenu compte lors de futures inspections d'autres unités nucléaires.

Y a-t-il une fuite dans la cuve du réacteur?

Non, il n'est absolument pas question de fuite. Les défauts se situent à l'intérieur de la paroi de la cuve. Cette situation n'a aucune influence sur le bien-être et la santé des collaborateurs ou des riverains, ni sur l'environnement. De plus, la centrale est déjà mise à l'arrêt dans le cadre de la révision décennale et ne redémarrera pas avant qu'une exploitation sûre ne soit garantie.

La centrale de Doel 3 devra-t-elle fermer définitivement ?

Il n'est pas possible dans l'état actuel de répondre à cette question. Nous devons attendre les résultats des multiples analyses détaillées actuellement en cours.

Peut-on remplacer ou réparer une cuve?

Le remplacement d'une cuve n'a, à ce stade, jamais été opéré.

Quelle est la différence entre les indications constatées à Doel et les « défauts sous revêtement » identifiés à la centrale de Tricastin et de Fessenheim?

En 1999, lors de l'inspection sous revêtement de la cuve de Tricastin 1 (inspection limitée au 30 premiers mm d'épaisseur sous le revêtement interne de la cuve), des défauts longitudinaux ont été détectés. Ces défauts démarrent à l'interface entre le métal de base et le revêtement inoxydable et se dirigent vers le centre de la paroi. Ils sont situés dans les premiers 25 mm du matériau de base de la cuve, en dessous du revêtement inoxydable.

Ces défauts sont attribués à du "cold cracking" c'est-à-dire qu'ils apparaissent suite à une température de préchauffage trop basse lors du dépôt de la première couche de revêtement en présence de ségrégations dans l'acier forgé de la cuve.

A Tricastin, le redémarrage de la centrale a été autorisé après justification par l'exploitant, au moyen de modèles informatiques, de la résistance de la cuve (avec ces défauts) en cas de chocs thermiques et autres sollicitations extrêmes du métal.

En ce qui concerne Doel, les inspections effectuées ont permis d'identifier des indications de type lamellaire. L'hypothèse la plus probable est qu'il s'agit de « défauts dus à l'hydrogène » (DDH). Ils sont intégrés dans la masse métallique et ne sont pas en contact avec la surface du métal.

La presse a parlé de « fissures » déjà évoquées en 1979. Qu'en est-il ?

Ce dossier n'a rien à voir avec les indications trouvées en 2012.

En 1979, des « défauts sous revêtement » avaient été identifiés au niveau des tubulures avant la mise en service des centrales. Ces indications avaient pu être expliquées et justifiées et la mise en service avait été autorisée par les autorités compétentes. Ce dossier a été définitivement clôturé après qu'une inspection en service a confirmé en 1993 le caractère stable de ces indications.

Les tests d'Electrabel sont-ils allés plus loin que ceux exigés par les autorités ?

Les tests qui ont permis d'identifier les indications vont au-delà des exigences réglementaires actuelles. Les autorités demandent d'appliquer les codes et normes en vigueur tel que l'ASME XI (règles pour le contrôle des équipements mécaniques en fonctionnement). Ceux-ci prévoient des contrôles réguliers des zones « sensibles » de la cuve, notamment les soudures et les tubulures qui sont susceptibles de présenter des défauts potentiellement évolutifs. Dans le cadre de l'application du retour d'expérience d'EDF-Tricastin relatif aux « défauts sous revêtement » (DSR), les zones « non sensibles » de la cuve ont également été inspectées. Les indications relevées dans la cuve de Doel 3 n'ont pas été caractérisées comme DSR mais vu le nombre détecté d'indications, Electrabel a décidé, en concertation avec l'AIA (= organe de contrôle pour les appareils sous pression) de faire des inspections supplémentaires.

Les contrôles complémentaires suite au retour d'expérience de Tricastin s'inscrivent dans la démarche de tout exploitant nucléaire d'intégrer les expériences des autres opérateurs dans sa politique d'exploitation. C'est un des piliers de la sûreté nucléaire, qui est notre priorité absolue.

Etions-nous au courant de ces DDH depuis de nombreuses années ?

Nous n'avions aucunement connaissance de ces indications. En effet, aucun contrôle en fonctionnement n'est requis sur ces zones de la cuve localisées entre les soudures des différents anneaux. De plus, les analyses par ultrasons réalisées au moment de la fabrication depuis la surface externe de la cuve et sur toute l'épaisseur de la paroi, compte tenu des techniques existantes à l'époque, n'ont pas détecté les indications telles que constatées aujourd'hui.

La résistance de la cuve de Doel a-t-elle été testée depuis sa mise en service ?

La résistance ou tenue de la cuve est contrôlée en fonctionnement. L'impact de l'irradiation sur le métal de la paroi est suivi à travers des essais mécaniques sur des pièces métalliques « témoins » (des éprouvettes) qui sont insérées dans la cuve. Concrètement, des échantillons prélevés lors de la fabrication de la cuve sont placés à l'intérieur même de la cuve et subissent la même irradiation que la cuve elle-même, voire une irradiation supérieure à celle de la cuve. Cette opération permet d'analyser les éventuelles évolutions du matériau de base en fonctionnement. Ces analyses réalisées les dernières années (en ce compris à Doel 3) n'ont pas remis en cause les caractéristiques mécaniques de la cuve.

Qu'est-ce qu'une révision décennale ?

Le rapport de sûreté prévoit la réalisation de révisions décennales. Il s'agit principalement d'une réévaluation de la sûreté des installations mais aussi de travaux d'entretien spécifiques. Au cours de la révision décennale, l'exploitant et l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN) contrôlent ensemble l'état des installations au regard des règles, normes et pratiques telles qu'elles sont applicables actuellement aux États-Unis et dans l'Union Européenne (Code ASME). Il s'agit d'une analyse complémentaire qui s'effectue parallèlement au processus d'amélioration continue.

La réévaluation de la sûreté des installations dans le cadre d'une révision décennale se prépare sur 2 à 3 ans et l'arrêt pour travaux d'entretien dure de 5 à 6 semaines. Lors de l'arrêt pour la révision décennale, le combustible nucléaire est totalement retiré de la cuve du réacteur. Une inspection complète de la cuve n'est réalisable, de manière programmée, que lors de ce type de révision. À cette occasion, ce sont principalement les parties sensibles de la cuve, notamment les soudures entre les divers anneaux qui constituent la cuve du réacteur, qui font l'objet d'un contrôle minutieux.

Qui veille au fonctionnement sûr des centrales nucléaires ?

Ce sont d'abord les collaborateurs actifs sur le terrain qui sont en première ligne pour veiller au bon fonctionnement des centrales. Tous les collaborateurs d'Electrabel sont imprégnés d'une véritable culture de la sûreté, priorité d'Electrabel. Tant pour nos propres collaborateurs que pour les contractants, nous prévoyons des formations et un coaching à cet effet.

En plus des structures générales de contrôle et de sécurité sur nos sites de production, les centrales nucléaires disposent aussi d'un service de qualité permanent. Les collaborateurs de ce service effectuent des audits internes durant toute l'année afin d'évaluer la sûreté et la qualité de nos installations et procédures.

Évidemment, de nombreux organismes et organisations externes surveillent également le fonctionnement de nos centrales nucléaires. Cela s'effectue à plusieurs niveaux, du national à l'international. Concernant la sécurité classique et la sûreté nucléaire, nos activités sont suivies de près, dans le cadre du système de contrôle de la qualité, par diverses instances :

- Au niveau national, la plupart des audits et contrôles sont effectués par l'AFCN (Agence fédérale de Contrôle nucléaire) et BelV (filiale technique de l'AFCN). Des inspecteurs de ces deux instances ont toujours accès libre sur les sites des centrales nucléaires.
- AIB Vinçotte est l'organisme mandaté en charge du suivi des équipements sous pression.
- Au niveau international, la WANO (World Association of Nuclear Operators) et de l'IAEA (International Atomic Energy Agency) sont présents régulièrement sur nos sites. La WANO est une organisation mondiale qui a été fondée par les plus grands exploitants nucléaires avec pour objectif d'optimiser autant que possible la sûreté dans toutes les centrales nucléaires réparties dans le monde entier. L'IAEA organise notamment à la demande des états membres des missions OSART (Operational Safety Review team).

Quels fournisseurs sont intervenus pour la fabrication de la cuve de Doel 3 ?

Ci-dessous, la liste des acteurs et leur rôle spécifique :

- **Krupp** : la coulée des lingots
- **Rotterdamsche Droogdok Maatschappij** : forgeage des viroles (bride inférieure, virole inférieure, virole supérieure, virole porte-tubulure) et fabrication du fond de cuve par emboutissage d'une tôle (fournie par Marrel Frères).
- **Cockerill** : beurrage à l'acier inoxydable de la surface interne des viroles, soudage et assemblage du fond de cuve et des viroles inférieures
- **Framatome** :
 - assemblage de la partie supérieure : finalisation de la virole porte-tubulure avec les tubulures des branches froides et chaudes, beurrage de la virole porte-tubulure et bride supérieure, emboutissage du couvercle, soudage des parties supérieures entre elles.
 - soudage de la partie inférieure (fournie par Cockerill) avec la partie supérieure.