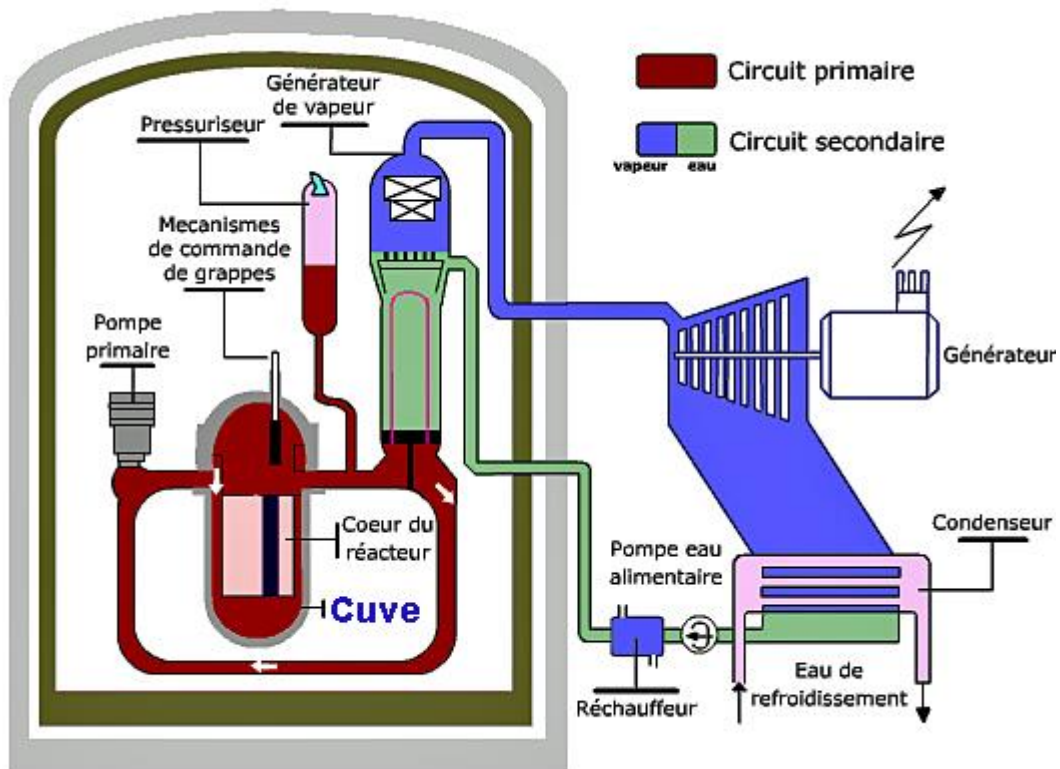


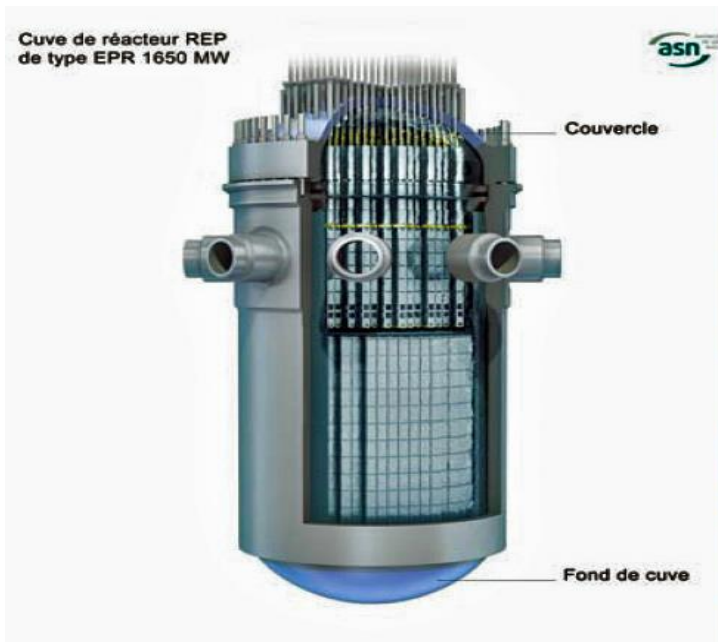
Tempête dans une cuve...

Les media se sont largement fait l'écho des déclarations de l'Autorité de sûreté française ASN concernant des anomalies de teneur en carbone constatées sur le fond de cuve et sur le couvercle de cuve de l'EPR, réacteur nucléaire en cours de construction à Flamanville. Le phénomène et ses limites étant encore à l'étude, je vais me borner ici à rappeler quelques éléments techniques pour aider à déchiffrer les différents textes qui circulent.



Rôle de la cuve

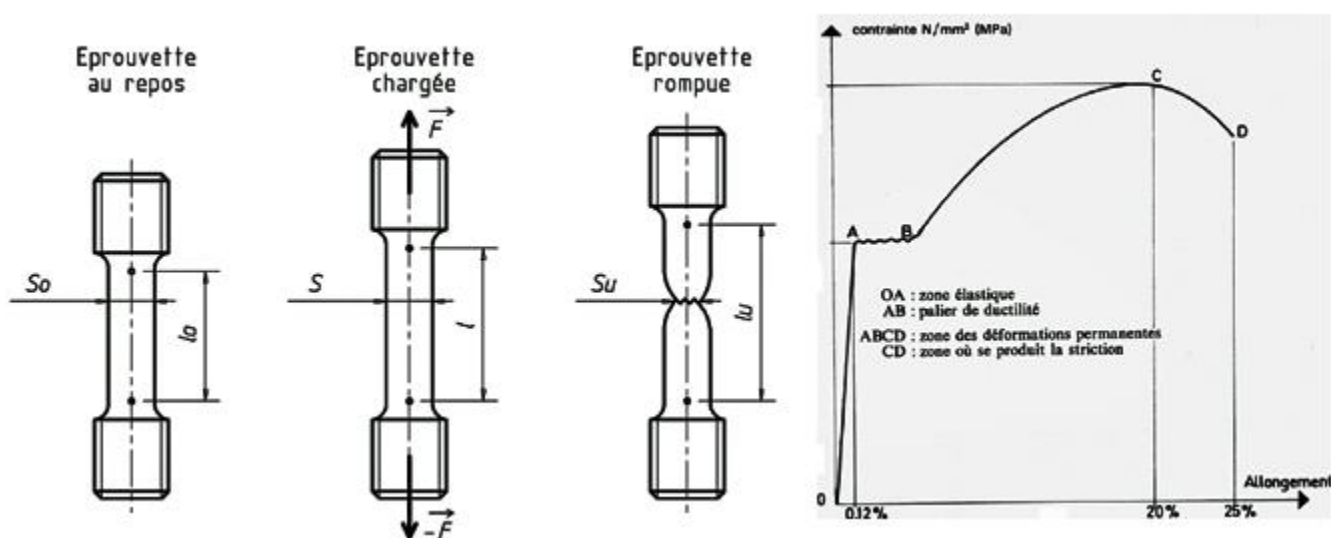
La cuve est un composant du circuit primaire des réacteurs à eau sous pression REP. C'est un vaste récipient qui contient les assemblages combustibles constituant le cœur du réacteur. En marche, l'eau du circuit primaire y circule à haute température (300°C) et sous une forte pression (150 bars) qui la maintient à l'état liquide. Cette eau contient de l'acide borique qui contribue au contrôle de la réaction en chaîne. La cuve est un composant massif : celle de l'EPR pèse 400 tonnes sans son couvercle. Ses très épaisses parois sont en acier "noir" (ferritique) de haute résistance, et l'intérieur de la cuve est revêtu d'une couche d'acier inoxydable (austénitique) qui résiste à la corrosion par l'eau aux conditions évoquées ci-dessus. Le corps de la cuve est cylindrique et son fond, hémisphérique. Elle est fermée par un couvercle hémisphérique qui s'y attache par une série de goujons vissés dans la cuve et d'écrous.



Cuve EPR (documents ASN et AREVA)

Résistance de l'acier

L'acier est un alliage métallique constitué principalement de fer et de carbone (dans des proportions comprises entre 0,02 % et 2 % en masse pour le carbone). Les aciers inoxydables contiennent d'autres métaux (par exemple, 18% de nickel et 10% de chrome). Les qualités mécaniques caractéristiques d'un acier sont la résistance à la traction (ductilité), la résistance au choc (résilience) et la résistance au déchirement (ténacité). Chacune de ces caractéristiques, qui varie en fonction de la teneur en carbone, est déterminée en faisant subir des essais normalisés à des éprouvettes du métal. Voici un exemple d'essai de traction :



Sur la courbe, de gauche à droite on augmente la force d'étirement de l'éprouvette : elle commence à s'allonger en restant élastique (elle reprend sa forme quand l'effort s'arrête), puis elle se déforme plastiquement, et enfin elle subit une striction et se rompt.

Fragilisation radio-induite

A très basse température, tous les aciers sont fragiles : ils cassent après très peu de déformation. Le phénomène a été découvert pendant la deuxième guerre mondiale quand plusieurs "liberty ships" des convois qui apportaient l'aide américaine à l'Union Soviétique se sont cassés dans les eaux froides de Mourmansk. Chaque acier possède une température "de transition fragile-ductile" NDT au-dessus de laquelle il cesse d'être fragile. Les zones proches de soudures peuvent être plus fragiles que le métal de base.

Au cours de sa vie, une cuve de réacteur est bombardée par des neutrons venus du cœur; cette irradiation perturbe la structure microscopique de l'acier et le fragilise, ce qui se manifeste par une élévation de la température NDT. Cette

fragilisation est suivie en effectuant régulièrement des essais de traction et de choc sur des éprouvettes disposées contre le cœur et qui sont donc beaucoup plus irradiées que la cuve elle-même. On s'assure que la température NDT n'atteindra pas la température ambiante, même dans les zones proches des soudures, et donc que la cuve restera ductile.

Fabrication de la cuve

Après fusion et affinage, pour ajuster la teneur en carbone et éliminer les impuretés, l'acier est coulé en lingots.

Le corps de cuve est constitué de l'assemblage par soudage de la calotte du fond de la cuve et de viroles cylindriques. Le diamètre extérieur de cette calotte est de 4,675 m pour une épaisseur de 14,7 cm. Pour fabriquer les viroles cylindriques, les lingots creux sont forgés à la presse (on dit : bigornés) pour leur conférer une structure très résistante et les amener proches de leur dimension finale. Les viroles sont ensuite soudées entre elles. Le couvercle est constitué d'une calotte sphérique qui est soudée à une bride de couvercle. Cette calotte comporte 107 traversées pour les mécanismes de commande de grappes, l'instrumentation du cœur et le tube d'évent. Son diamètre extérieur est de 4,72 m pour une épaisseur de 23,2 cm. Le fond et le couvercle sont emboutis à partir d'un lingot aplati. Après traitement thermique et usinage aux cotes définitives, l'ensemble est ensuite "beurré" intérieurement d'une couche d'innox.



Bigornage d'une virole (document Creusot Loire/AREVA)

La réglementation applicable aux cuves de REP

La plupart des cuves en service dans le monde ont été fabriquées en suivant le code américain ASME. Les cuves du programme français des années 80-90 obéissaient aux prescriptions du RCC-M, plus contraignant. Mais en 2005, l'Autorité de sûreté (à l'époque, la DSNR) a publié un nouvel ensemble de règles applicables aux enceintes nucléaires sous pression, l'arrêté ESPN. Les contraintes ESPN sont encore durcies, mais l'arrêté prévoyait une période de transition avant leur mise en force. La cuve de l'EPR de Flamanville, apparemment conforme à la réglementation précédente, a été fabriquée pendant cette période de transition.

Et maintenant ?

Je cite l'ASN : *Areva doit justifier que les phénomènes en cause sur les calottes du couvercle et du fond de la cuve du réacteur EPR de Flamanville sont bien identifiés, maîtrisés et n'affectent pas d'autres zones de ces composants que celles prévues.*

L'ASN se prononcera sur le programme d'essais, contrôlera sa bonne réalisation et instruira le dossier que présentera AREVA pour démontrer la résistance de la cuve du réacteur EPR de Flamanville. Elle fera notamment appel à son appui technique, l'IRSN, et au Groupe permanent d'experts dédié aux équipements sous pression nucléaires.

Puis, je cite AREVA : *Le groupe AREVA poursuit les analyses des forgés et des processus qualité de Creusot Forge. Ces analyses portent tout d'abord sur les questions posées par la fabrication des pièces forgées de la cuve de Flamanville 3 et les analyses similaires réalisées par le passé sur d'autres forgés, en particulier dans le cadre de l'introduction de l'arrêté ESPN.*

Elles portent aussi sur le laboratoire d'essais mécaniques du Creusot, au sein duquel l'utilisation d'un outil de contrôle des matériaux a été imprécise de 2009 à 2014. Ce second point n'est pas un problème technique pour les pièces fabriquées elles-mêmes mais un dysfonctionnement de la qualité du contrôle qui oblige à réinterpréter des données ou refaire certains essais. Les expertises réalisées depuis ont donné des résultats conformes aux exigences, compte tenu en particulier de la redondance des essais et des contrôles, et ont confirmé à ce stade la qualité intrinsèque des pièces

forgées et la sûreté des composants. Les vérifications se poursuivent et prendront plusieurs mois, sachant qu'aucun des composants concernés par cette imprécision dans l'utilisation de l'outil de contrôle n'équipe aujourd'hui une centrale en exploitation.

AREVA, avec l'accord de l'ASN et en concertation avec EDF, a décidé de renforcer par une revue externe son travail de revue interne des sujets de forgeage et de contrôle.

Toute conclusion à ce stade serait donc prématurée : attendons les résultats des études complémentaires.