

Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires

Options de conception des équipements sous pression nucléaires du CPP et des CSP du réacteur ATMEA 1

Analyse de ces options au regard des exigences techniques de l'annexe 1 de l'arrêté du 12 décembre 2005 relatif aux ESPN

Synthèse du rapport – séance du 14 septembre 2011

La société ATMEA est une joint-venture entre AREVA et MHI. La société ATMEA est responsable de la conception du réacteur ATMEA1™, réacteur à eau sous pression, comportant 3 boucles, d'une puissance thermique totale d'environ 3150 MWth. Les principales caractéristiques de cette installation sont les suivantes :

- circuit primaire composé de trois boucles ;
- puissance électrique de 1150 MWe ;
- point de fonctionnement : pression primaire de 155 bars ; pression secondaire 73 bars ;
- point de fonctionnement : température primaire : branche chaude 326°C ; branche froide 291°C ;
- réacteur annoncé comme conçu pour une durée de fonctionnement de 60 ans.

Le rapporteur a analysé les options de conception des principaux équipements sous pression constitutifs du circuit primaire principal (CPP) et des circuits secondaires principaux (CSP) du réacteur ATMEA. Cet examen a été réalisé équipement par équipement, avec un niveau d'analyse correspondant au stade d'avancement du projet. Il n'avait pas pour objectif de statuer sur l'application de l'ensemble des dispositions réglementaires qui devraient être respectées si un tel réacteur était construit en France. En effet, plusieurs dispositions prescrites par les textes réglementaires concernent des phases du projet postérieures au choix des options de conception.

Ce rapport synthétise les conclusions du rapporteur concernant les options de conception telles que présentées par la société ATMEA, sans préjuger des éventuels compléments qui pourront être apportés à un stade ultérieur du projet.

Conception des équipements sous pression nucléaires (ESPN) du CPP et des CSP

ATMEA s'est reposé, pour les options de conception des équipements, sur le référentiel réglementaire américain et le code ASME. Le rapporteur note l'utilisation d'un référentiel reconnu qui est de nature à apporter des garanties concernant la conception des équipements. Il a cependant souligné que les dispositions de ce code devraient être analysées en regard des exigences réglementaires françaises et, le cas échéant, complétées par des spécifications particulières en cas d'installation d'un réacteur de ce type en France. À ce titre, ATMEA s'est par exemple engagé à compléter certaines dispositions de ce code, concernant notamment l'étude de la rupture ductile des équipements.

ATMEA a très largement utilisé le retour d'expérience de concepteur d'AREVA et MHI. Ainsi, de grandes similitudes ont été observées entre les équipements du réacteur ATMEA1 et ceux des derniers réacteurs de troisième génération conçus par ces industriels. Ces caractéristiques communes ont été utilisées pour identifier pour chaque équipement les zones a priori sensibles vis-à-vis des différents dommages mécaniques. Pour chacune de ces zones, ATMEA a évalué la résistance de l'équipement, vis-à-vis des dommages concernés, à l'aide de calculs ou en réalisant une comparaison avec les zones correspondantes de composants jugés très similaires.

Le rapporteur note l'intérêt de la prise en compte du retour d'expérience pour assurer la robustesse de la conception mais considère que cette démarche devra être complétée par des études

approfondies lors des phases ultérieures du projet, afin d'apporter toutes les garanties sur la qualité de la conception des équipements du réacteur ATMEA. Le rapporteur souligne notamment que ces études devront prendre en compte l'ensemble des mécanismes de dégradations, avérés ou potentiels, susceptibles de concerner les équipements et les différents modes de vieillissement en tenant compte la durée de fonctionnement de 60 ans retenue pour le réacteur.

Le rapporteur considère que la méthodologie retenue pour définir les options de conception apparaît satisfaisantes même si un examen et des études plus détaillées seront nécessaires pour s'assurer, lors de phases ultérieures du projet, du caractère pleinement satisfaisant de la conception détaillée des équipements et des modalités prévues pour leur fabrication.

Conclusions du rapporteur concernant chaque équipement examiné

Pour les différents équipements concernés, le rapporteur n'a pas mis en évidence de point susceptible de remettre en cause leur utilisation sur un réacteur nucléaire. Les paragraphes suivants présentent les sujets qui devront faire l'objet de compléments lors des phases ultérieures du projet.

Générateur de vapeur (GV)

Le rapporteur note que les GV du réacteur ATMEA1 sont conçus sur un modèle similaire à la technologie des GV équipant les réacteurs de 3^{ème} génération d'AREVA et la société ATMEA s'engage à appliquer les exigences du code ASME correspondant à la classe 1 tant pour la partie primaire que pour la partie secondaire des GV, ce qui constitue un élément important pour assurer le niveau de sécurité élevé attendu pour ces équipements.

Le rapporteur considère cependant que les exigences d'inspectabilité des GV devront être étudiées de manière spécifique, eu égard à l'ensemble des éléments de retour d'expérience accumulés sur le parc en exploitation, sans se limiter à la reconduction de dispositions déjà mises en œuvre.

Le rapporteur considère également que la question des internes, notamment la conception des tirants, et celle du conditionnement du secondaire restent à approfondir, eu égard notamment au phénomène de colmatage observé sur le parc en exploitation.

Cuve et internes de cuve

La société ATMEA s'appuie sur le modèle de cuve des réacteurs de 3^{ème} génération d'AREVA pour la conception de cet équipement. Cependant, dans le cas des internes de cuve, le rapporteur note que certaines évolutions, notamment le réflecteur lourd, ne bénéficient pas d'un retour d'expérience en exploitation important et doivent faire l'objet d'essais que la société ATMEA s'est engagée à réaliser.

Le rapporteur considère que lors des phases ultérieures du projet devront être réalisées des études à la rupture brutale, prenant en compte la rupture fragile et ductile, à l'échéance de 60 ans de fonctionnement. Il recommande de spécifier une RT_{NDT} à 60 ans assurant en particulier, en complément de la démarche proposée, des marges suffisantes pour un défaut réaliste en zone de cœur. Le rapporteur note également que la zone de raccordement des tubulures est potentiellement concernée par des phénomènes de concentration de contraintes, et qu'elle devra, comme la zone de cœur, faire l'objet de justifications appropriées.

La société ATMEA a identifié des zones sur lesquelles les études préliminaires de fatigue ont mis en évidence des facteurs d'usage nécessitant des études complémentaires. Le rapporteur considère que la société ATMEA devra, pour ces zones, poursuivre ses études. Elles devront conduire en priorité à la définition de dispositions de conception et de mesures de suivi en service adaptées.

Le rapporteur rappelle que des difficultés ont été observées lors de la réalisation de soudures sur plusieurs couvercles de cuve destinés à des réacteurs en construction, et considère qu'ATMEA devra en tirer le retour d'expérience afin d'identifier s'il est nécessaire de mettre en place des mesures complémentaires spécifiques en matière de conception, de contrôlabilité ou de réalisation des soudures concernées, ainsi que de suivi en service.

Enfin, la société ATMEDIA n'a pas encore défini la solution retenue pour les revêtements en acier inoxydable des parois des équipements sous pression en contact avec le fluide primaire, notamment la cuve. Ce choix devra être justifié et la justification intégrer des dispositions concernant la limitation du risque d'apparition de défauts sous revêtement.

Mécanismes de commande de grappes (MCG)

Le rapporteur a noté que les choix de conception présentés par la société ATMEDIA s'appuient sur le retour d'expérience de la conception des MCG des derniers réacteurs de 3^{ème} génération d'AREVA. Ce type de conception n'est cependant pas celui utilisé sur le parc électronucléaire français actuellement en service : il fait par ailleurs encore l'objet d'une instruction par l'ASN. Le rapporteur considère donc que des compléments devront être apportés lors des phases ultérieures du projet et que la nécessité d'un programme de suivi du vieillissement doit être examinée.

Le rapporteur rappelle également que le futur fabricant devra démontrer que les propriétés des matériaux utilisés permettent de garantir la ductilité (dont l'aptitude à subir des déformations locales) et la soudabilité du matériau. Il considère également qu'en égard au nombre de soudures bimétalliques, des garanties devront être apportées quant à la maîtrise de leur procédé de réalisation. La société ATMEDIA devra également s'assurer de la contrôlabilité des MCG tels que conçus.

Groupes motopompes primaires (GMPP)

La société ATMEDIA s'appuie sur le retour d'expérience de modèles de GMPP déjà en service sur le parc électronucléaire français et mis à niveau en intégrant des modifications introduites pour les derniers réacteurs de 3^{ème} génération d'AREVA.

Le rapporteur a cependant noté que les calculs déjà réalisés mettent en évidence des facteurs d'usage élevés dans une zone de la volute de la pompe et considère que ces calculs devront être repris avec des méthodes adaptées, en vue de justifier l'aptitude de l'équipement à fonctionner pendant 60 ans.

En ce qui concerne les exigences réglementaires françaises, les futurs fabricants devront identifier clairement les exigences applicables à chacune des parties du GMPP. Par ailleurs, le rapporteur rappelle que la volute de GMPP est un composant issu de fonderie qui devra à ce titre faire l'objet d'un contrôle volumique à 100%.

Tuyauteries primaires et secondaires principales

La société ATMEDIA souhaite retenir l'hypothèse qu'une rupture des tuyauteries primaires principales ainsi que des lignes vapeur principales est exclue. Le rapporteur considère que les éléments transmis par la société ATMEDIA concernant les tuyauteries sont largement à compléter en vue de porter un jugement sur l'applicabilité de cette hypothèse d'exclusion de rupture à ces équipements.

L'application de l'hypothèse d'exclusion de rupture nécessite en effet des lignes de défense particulièrement robustes. Le rapporteur considère donc que son applicabilité ne pourra être démontrée qu'après la définition par la société ATMEDIA et les futurs fabricants et exploitants des dispositions prises en matière de :

- qualité de la conception ;
- vérification de la conception, incluant l'accessibilité et l'inspectabilité des équipements ;
- qualité de la fabrication, incluant la qualification des procédés employés et des spécifications plus précises des matériaux ;

- justification du tracé des tuyauteries vis-à-vis de l'exigence de limitation de la longueur des tronçons en exclusion de rupture hors enceinte de confinement, de la limitation du risque de défaillance de mode commun et de la prévention des phénomènes hydrodynamiques ;
- contrôle de la fabrication, incluant la contrôlabilité des équipements réalisés ;
- suivi en service ;

en conformité avec les exigences techniques de l'arrêté ESPN et les directives techniques pour la conception et la construction de la nouvelle génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression adoptées par les ministres en charge de la sûreté nucléaire le 28 septembre 2004.

Le rapporteur considère que ces mesures complémentaires, au-delà de l'utilisation des exigences de la classe 1 pour l'ensemble des équipements, devront être définies précisément aux stades ultérieurs du projet. Le rapporteur note néanmoins, qu'à ce stade, aucune des dispositions prises n'est manifestement incompatible avec l'hypothèse d'exclusion de rupture des tuyauteries primaires principales et des lignes vapeur principales

Le rapporteur note enfin qu'une analyse préliminaire à la fatigue et à la rupture brutale réalisée à partir des critères et méthodes du code ASME montre que le piquage de la ligne de charge du circuit RCV présente des facteurs d'usage qui nécessitent des études particulières que la société ATMEA s'est engagée à réaliser. Cette étude devra permettre de justifier le caractère suffisant des marges, ou, le cas échéant, conduire à l'étude de modifications de conception ou de mesures de suivi en service adaptées.

Pressuriseur

La société ATMEA s'appuie sur une conception relativement similaire aux pressuriseurs actuellement en exploitation ou en construction sur le parc électronucléaire français. Le pressuriseur est l'équipement soumis aux températures les plus élevées du CPP : le vieillissement thermique doit donc être pris en compte sur cet équipement. Le rapporteur note qu'ATMEA s'est engagé à spécifier une composition adaptée de l'acier du pressuriseur pour limiter ce phénomène.

Le rapporteur considère que certaines dispositions de conception doivent encore faire l'objet de justifications et souligne que l'implantation de la ligne d'aspersion doit être analysée vis-à-vis des risques de choc thermique sur la soudure virole supérieure - fond supérieur.

Par ailleurs, le rapporteur note que certains choix de conception n'ont pas encore été effectués et devront faire l'objet de justifications appropriées sur la base d'études et de la prise en compte du retour d'expérience. Pour la ligne d'expansion du pressuriseur, le rapporteur considère que le choix d'une manchette thermique de type « inversée » qui améliore sensiblement la prévention du dommage de fatigue doit être privilégié.

Enfin, le rapporteur considère que le futur fabricant du pressuriseur devra s'assurer que la conception des soudures à pénétration partielle au niveau des cannes chauffantes permet de réaliser les contrôles suffisants pour garantir leur qualité de réalisation.

Protection contre les surpressions du circuit primaire et des circuits secondaires

Les études réalisées à ce stade et les options de conception retenues par la société ATMEA ne remettent pas en cause l'acceptabilité des choix effectués en matière de protection contre les surpressions. Deux éléments doivent cependant faire l'objet de compléments lors des stades ultérieurs du projet :

- l'utilisation du système VDA pour la protection contre les surpressions doit conduire à une vérification de l'application à ce système des exigences réglementaires applicables aux accessoires de sécurité, notamment en termes de fiabilité ;
- les choix retenus pour la protection contre les surpressions à froid devront être justifiés et la fiabilité des systèmes retenus démontrés.

Les principes de conception de ces dispositifs ne sont pas remis en cause mais leur conformité aux exigences réglementaires françaises nécessiterait un examen approfondi lors de l'évaluation de conformité de l'ensemble concerné.

Conclusion

Au vu des dossiers examinés, le rapporteur considère que les études de pré-dimensionnement et les options de conception retenues par ATMEA ne mettent pas en évidence d'éléments de nature à remettre en cause l'utilisation de tels équipements sur un réacteur nucléaire.

Le rapporteur insiste cependant sur la nécessité de compléter les études de pré-dimensionnement disponibles par la réalisation d'études exhaustives portant sur l'ensemble des transitoires et des zones des équipements et prenant en compte l'ensemble des mécanismes de dégradation avérés ou potentiels. Le rapporteur note également que certaines zones sensibles sont identifiées comme nécessitant des études plus fines car présentant des marges faibles ou des facteurs d'usage importants. Le rapporteur considère qu'ATMEA devra poursuivre les études pour justifier du caractère suffisant des marges disponibles ou, le cas échéant, définir les modifications de conception ou les dispositions de suivi en service adéquates.

Le rapporteur note qu'à ce stade très peu avancé du projet, il ne dispose pas des éléments suffisants pour juger de l'acceptabilité de l'hypothèse d'exclusion de rupture des tuyauteries primaire et secondaires principales. Cependant, aucune des dispositions fixées à ce jour ne semble contradictoire avec son application.

Le rapporteur rappelle enfin que la fourniture des compléments demandés correspond en grande partie à un degré d'avancement du projet postérieur au stade des « options de conception ». Il insiste néanmoins sur leur importance pour statuer sur le caractère acceptable de la conception du réacteur en amont du début des fabrications des équipements et rappelle que si un réacteur de type ATMEA était construit en France, il serait nécessaire pour les futurs fabricants de mettre en place toutes les mesures permettant d'assurer le respect des dispositions réglementaires en vigueur.