

Synthèse de l'examen mené par l'IRSN au sujet des options de sûreté du réacteur ATMEA1

RAPPEL DU CONTEXTE

Conformément aux termes du contrat signé entre la société ATMEA et le Groupement ASN/IRSN, l'IRSN a mené l'examen technique des options de sûreté du réacteur ATMEA1 en deux phases :

- phase 1 : examen des options de sûreté du réacteur ATMEA1 en vue d'établir la liste des sujets à approfondir lors de la phase 2 ainsi que la liste des documents supports nécessaires,
- phase 2 : examen du rapport d'options de sûreté et des rapports complémentaires sur les sujets identifiés lors de la phase 1.

Le réacteur ATMEA1 est un concept de réacteur à eau sous pression de la prochaine génération de type évolutionnaire et de puissance électrique nominale égale à 1000 MWe proposé par la filiale ATMEA d'Areva et de Mitsubishi Heavy Industries.

Le référentiel d'examen utilisé par l'IRSN a été constitué par :

- la réglementation française en vigueur ;
- les directives techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs à eau sous pression, appelées ci-après « directives techniques »
- les textes pararéglementaires applicables à la conception des réacteurs de la prochaine génération.

Lorsque le référentiel normatif proposé ne permettait pas de couvrir certains domaines des options de sûreté, l'examen mené par l'IRSN a été fait sur la base des codes et des référentiels proposés par le projet ATMEA1, sans pour autant porter un quelconque jugement sur ces derniers.

Le dossier d'options de sûreté contient les options de sûreté proposées par le projet ATMEA1 ainsi que les bases d'une conception détaillée nécessaires pour leur examen. Il en ressort un examen des options de sûreté, illustré par un regard sur les bases de conception, soit positif, soit critique, soit interrogatif. Pour ce faire, ont été utilisés, en termes de compléments, des données et acquis provenant de l'examen d'autres réacteurs dont ceux de la prochaine génération.

La phase 1 a eu pour objectif de permettre de déterminer le caractère acceptable ou discutable ou difficilement acceptable des options de sûreté proposées par le projet ATMEA1 au regard du référentiel défini ci-dessus.

L'IRSN a transmis le 19 novembre 2010 son avis à l'issue de la phase 1 d'examen du dossier des options de sûreté du réacteur ATMEA1 fourni par le concepteur de ce réacteur. Ce dossier est constitué de deux rapports présentant respectivement les options de sûreté proposées pour le réacteur ATMEA1 et le positionnement défini par le concepteur de ces options par rapport aux directives techniques.

Les principales conclusions de l'IRSN à l'issue de la réalisation de la phase 1 ont été les suivantes :

- le dossier d'options de sûreté présente un niveau de complétude satisfaisant,
- les sujets indiqués ci-après ne nécessitent pas une évaluation approfondie lors de la phase 2 car ils apparaissent a priori satisfaisants ; néanmoins, leur présentation sera réalisée dans les rapports présentés au Groupe Permanent d'experts pour les Réacteurs nucléaires et ils pourront donner lieu à des recommandations :
 - o les objectifs de sûreté, intégrant les conséquences radiologiques,
 - o la situation des options de sûreté par rapport aux directives techniques,
 - o les bases de conception du réacteur ATMEA1,
 - o la conception du cœur,
 - o l'approche de sûreté adoptée pour les situations PCC (Plant Conditions Category : catégorie de conditions de fonctionnement),
 - o l'approche de sûreté adoptée pour les situations RRC-A (Risk Reduction Category -A : séquences avec défaillances multiples)
 - o l'exhaustivité de la liste des PCC,
 - o l'exhaustivité de la liste des RRC-A,
 - o l'approche relative à « l'élimination pratique » de certaines situations accidentelles au

- o sens des directives techniques,
 - o l'approche relative aux accidents graves,
 - o l'approche relative aux facteurs humains,
 - o la radioprotection,
 - o le traitement des effluents et des déchets,
 - o le vieillissement des structures, systèmes et équipements,
 - o le démantèlement,
 - o la prise en compte effective du retour d'expérience,
- les options de sûreté qui mériteront une discussion approfondie sont relatives :
- o aux risques liés à la manutention et à l'entreposage des combustibles sur le site, et au traitement des accidents comportant une défaillance du refroidissement de la piscine de désactivation des combustibles irradiés,
 - o au traitement des agressions externes,
 - o au traitement des agressions internes, dont l'incendie,
 - o au traitement des cumuls d'événements et d'agressions,
 - o au classement des structures, des systèmes et des composants,
- les bases de conception méritant des approfondissements sont relatives :
- o à l'enceinte de confinement,
 - o au confinement dynamique (récupération des fuites du bâtiment du réacteur et du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde dans les diverses situations considérées),
 - o à certains systèmes dont :
 - le système d'injection de sécurité (RIS) et le système d'aspersion dans l'enceinte / de refroidissement à l'arrêt (EAS/RRA) (accumulateurs, imbrication EAS/RRA, absence d'injection de sécurité basse pression),
 - les puisards de l'enceinte (risque de colmatage dans les diverses situations considérées : PCC, RRC-A et RRC-B (Risk Reduction Category-B soit les séquences avec fusion du cœur),
 - l'EVU (système d'évacuation ultime de la chaleur de l'enceinte de confinement)
 - les systèmes de refroidissement : source froide, système d'eau brute secourue (SEC) et système de refroidissement intermédiaire (RRI),
 - les systèmes électriques,
 - o au contrôle-commande et à l'interface homme-machine.

Sur la base de ces conclusions, l'IRSN a proposé un programme d'examen pour la phase 2, prévoyant la tenue de plusieurs réunions du Groupe Permanent d'experts pour les Réacteurs nucléaires (GPR). Ce programme a précisé les sujets à traiter, les rapports techniques demandés au projet ATMEA1 pour mener l'examen proposé. Dans le cadre de l'examen de la phase 2, il a également été prévu de procéder à une évaluation succincte de l'EPS de niveau 1 préliminaire produite par le projet ATMEA1 en fin de phase de « basic design ».

Par ailleurs, les sujets que l'ASN a examinés au titre du contrat liant le projet ATMEA1, l'ASN et l'IRSN, à savoir les composants du circuit primaire dont les structures internes, l'exclusion de rupture des tuyauteries du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux ainsi que les protections contre les surpressions primaires et secondaires, ont également été rapportés au Groupe Permanent d'experts pour les Réacteurs nucléaires après leur examen par le Groupe Permanent d'experts pour les « Equipements sous pression nucléaires », dans un souci de cohérence.

Pour ce qui concerne les premiers enseignements que l'on peut tirer de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi (Japon), il apparaît que la plupart des sujets mis en lumière par cet accident avaient d'ores et déjà été identifiés dans la phase 1 de l'instruction. Il existait donc déjà un cadre adapté d'examen des dossiers remis par le projet ATMEA1 et qui ont été analysés par l'IRSN.

Enfin, en complément à l'examen réalisé par le GPR, un examen des options de sûreté relatives à l'impact d'un avion quel qu'en soit le type et quelle qu'en soit l'origine a également été mené.

Les réunions du GPR ont été les suivantes :

- Réunion n°1 (26 mai 2011) :
- o présentation des options de sûreté,
 - o présentation de la conception du réacteur ATMEA1,
 - o prise en compte de l'expérience d'exploitation,
 - o présentation de l'ensemble des sujets ne nécessitant pas a priori d'instruction approfondie mais pouvant néanmoins donner lieu à des recommandations du groupe permanent,

- Réunion n°2 (30 juin 2011):
 - o examen des options de sûreté et des bases de conception de systèmes importants pour la sûreté (système d'injection de sécurité (RIS), système d'aspersion de l'enceinte et de refroidissement à l'arrêt (EAS/RRA), système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG), système de décharge à l'atmosphère (VDA), dispositif d'étanchéité à l'arrêt (DEA), système de refroidissement de l'enceinte en cas d'accident grave (EVU), puisards de l'enceinte)
 - o examen des options de sûreté et des bases de conception des alimentations électriques ;
 - o examen des options de sûreté et des bases de conception de la source froide et des systèmes associés (RRI/SEC);
 - o examen de la démarche de classement des structures, systèmes et composants,

- Réunion n°3 (6 octobre 2011) :
 - o évaluation des options de sûreté et des bases de conception associées à l'enceinte de confinement,
 - o évaluation des options de sûreté associées au traitement des agressions externes,
 - o évaluation des options de sûreté associées au traitement des agressions internes,
 - o évaluation des options de sûreté et des bases de conception associées au confinement dynamique,
 - o examen de la diversification fonctionnelle proposée pour les alimentations électriques internes et les principaux systèmes de sauvegarde,

- Réunion n°4 (14 octobre 2011) :
 - o évaluation des options de sûreté et des bases de conception associées au contrôle-commande,
 - o évaluation de l'EPS de niveau 1 préliminaire,
 - o présentation de l'avis émis par le GP-ESPN sur les équipements du circuit primaire principal et du circuit secondaire principal,
 - o examen des conditions d'entreposage et de manutention du combustible usé,
 - o examen des premières leçons tirées de l'accident de Fukushima.

Les travaux de l'IRSN et du GPR ont conduit à une mise à jour de la documentation relative aux options de sûreté du réacteur ATMEA1, mise à jour qui a servi de support à l'avis émis par le GPR le 28 octobre 2011.

Dans le cadre de l'examen, l'IRSN a porté à la connaissance des membres du GPR, les documents suivants :

	Documents ¹	Echanges techniques ²
Phase 1	Avis IRSN/DIR/2010/ATMEA/L1 du 19/11/2010	Rapport DAI/DDI n°58
1 ^{ère} réunion du GPR	Rapport IRSN/DAI/DDI n°52	Rapport DAI/DDI n°61
2 ^{ième} réunion du GPR	Rapport IRSN/DAI/DDI n°64	Rapport DAI/DDI n°67
3 ^{ième} réunion du GPR	Rapport IRSN/DAI/DDI n°90	Rapport DAI/DDI n°89
4 ^{ième} réunion du GPR	Rapport IRSN/DAI/DDI n°91	Rapport DAI/DDI n°92
5 ^{ième} réunion du GPR	Rapport IRSN/DAI/DDI n°108	/

De plus, lors de son examen, l'IRSN a proposé des conclusions relatives aux bases de conception du réacteur qui pourront, en tant que de besoin, servir dans le cadre de l'examen du dossier d'une éventuelle demande d'autorisation de création.

L'avis du Groupe Permanent d'experts pour les Réacteurs nucléaires lors de sa réunion du 28 octobre 2011, ainsi que l'avis relatif à l'impact d'un avion, ont permis à l'ASN de se positionner sur les options de sûreté du réacteur ATMEA1.

¹ Documents : lettre ou rapports de l'IRSN émis dans le cadre de l'examen

² Echanges techniques : rapports rassemblant l'ensemble des échanges techniques (questionnaires et réponses aux questionnaires) ayant eu lieu au cours de l'examen

POINTS SIGNIFICATIFS MIS EN EVIDENCE AU COURS DE L'INSTRUCTION

Les points significatifs mis en évidence dans le rapport préparé pour la réunion du GPR du 26/05/11 sont les suivants:

- les **objectifs de sûreté** proposés par le projet ATMEA1™ sont cohérents avec les préconisations des directives techniques,
- les **directives techniques** ont été prises en compte de manière satisfaisante dans les options de sûreté du réacteur ATMEA1,
- les principes adoptés pour la **prise en compte de l'expérience d'exploitation mondiale** sont satisfaisants,
- **l'approche de sûreté adoptée pour les situations PCC** conduit à mettre en avant deux sujets :
 - d'une manière générale, le projet ATMEA1 devra préciser la démarche de sûreté lui permettant de déterminer les critères d'acceptation des PCC,
 - pour ce qui concerne le cumul des PCC avec le MDTE, l'approche présentée par le projet, bien que ne respectant pas strictement la pratique française mise en œuvre depuis la conception du palier N4, présente des caractéristiques qu'il serait intéressant d'évaluer dans le cadre d'une perspective éventuelle d'évolution de la pratique de sûreté en France,
- l'approche de sûreté présentée par le projet ATMEA1 pour le **traitement des RRC-A** ne suscite pas de remarque à ce stade,
- l'examen mené pour ce qui concerne l'approche relative à « **l'élimination pratique** » des situations accidentelles pouvant conduire à des rejets précoces importants a montré la nécessité de définir dès le stade des options de sûreté des exigences de conception et d'exploitation associées au traitement de ces situations
- l'approche de sûreté présentée par le projet ATMEA1 pour le **traitement des accidents graves** ne suscite pas, à ce stade, de remarque,
- l'examen de l'approche de sûreté présentée par le projet ATMEA1 pour la définition du périmètre du programme d'ingénierie des **facteurs humains** a permis de constater le caractère suffisant des dispositions mises en œuvre à ce stade,
- l'approche présentée par le projet ATMEA1 pour ce qui concerne la **radioprotection** est satisfaisante. Il faut noter l'engagement pris par le projet ATMEA1 de viser, à la conception, pour ce qui concerne la dose collective, un objectif identique à celui retenu pour les tranches actuellement conçues en France,
- la **gestion des déchets** est intimement liée au pays où le réacteur sera implanté. Dans son dossier d'options de sûreté, le projet ATMEA1 a présenté un grand nombre d'options possibles de réduction des déchets mais, compte-tenu de son domaine d'activité, ne dispose pas de l'ensemble de l'expérience d'exploitation. Il devrait, en concertation avec le futur exploitant et son expérience d'exploitation, explorer les voies d'optimisation du volume et de l'activité des effluents et des déchets,
- les éléments fournis concernant la prise en compte des aspects liés au **vieillessement** à destination d'un futur exploitant et les aspects liés au **démantèlement** n'appellent pas de remarque particulière au stade des options de sûreté,

Les points significatifs mis en évidence dans le rapport préparé pour la réunion du GPR du 30/06/11 sont les suivants :

- le **système d'injection de sécurité (RIS)** comporte 3 accumulateurs « avancés » et 3 pompes d'injection à moyenne pression (ISMP/MHSI), mais ne comporte pas de pompe d'injection à basse pression. L'option proposée par le projet ATMEA1 de ne pas mettre en place un système d'injection de sécurité à basse pression, induit les conséquences suivantes qui ont fait l'objet d'un examen approfondi :
 - o le fait de faire jouer par uniquement deux systèmes (les accumulateurs et l'ISMP), le rôle habituellement assuré dans les situations accidentelles par trois systèmes (les accumulateurs, l'ISMP et un système d'injection à basse pression) et quel que soit l'état du réacteur, a nécessité d'obtenir d'une assurance suffisante de la pertinence de ce choix, assurance apportée par le projet ATMEA1 ;
 - o la mise en œuvre de protections spécifiques destinées à éviter des fonctionnements de l'ISMP pouvant conduire à des risques de surpression à froid, a nécessité d'obtenir des assurances quant à l'absence d'entrave au rétablissement de l'inventaire en eau du cœur en cas de brèche primaire ;
- au-delà de sa fonction d'aspersion, le **système d'aspersion dans l'enceinte (EAS)**, assure la fonction de refroidissement à l'arrêt (RRA) d'où l'examen :

- o des risques de bipasse du confinement,
 - o des principes de dimensionnement mécanique et thermique englobant l'ensemble des caractéristiques des fonctions de ce système,
 - o des protections spécifiques mises en place afin d'éviter des fonctionnements intempestifs du système ;
- **concernant le problème du colmatage des puisards et des effets en aval**, le projet ATMEA1 s'est engagé pour ce qui concerne les effets chimiques induits ainsi que les effets en aval (effets chimiques ou transport de particules) à se fixer en termes d'objectifs de conception la mise en place de dispositions permettant d'éliminer leur formation ou, à défaut, la mise en œuvre de dispositions permettant d'en limiter les conséquences. Pour ce faire, le projet ATMEA1 s'est engagé à évaluer ce type d'effets en utilisant les résultats des recherches applicables existants ou en développant un programme de tests. Enfin, le projet ATMEA1 a pris l'engagement de confirmer au stade de la conception les hypothèses associées à la génération de débris lors d'un accident grave pouvant atteindre le système de filtration de l'EVU, à la lumière des résultats des développements internationaux menés en termes de recherches sur le sujet ;
- **concernant la source froide et les systèmes associés**, le principe de diversification des sources froides UHS1 et UHS2 constitue un aspect positif répondant aux directives techniques, l'IRSN souligne néanmoins que les exigences relatives à la diversification de la source froide devront être examinées à la lumière des défaillances de cause commune dues aux agressions externes. De même l'option de conception relative à l'indépendance et à la diversification du train X par rapport aux trois trains principaux est positive. Enfin, la suffisance de la capacité thermique des trains principaux ainsi que celle du train X devront être justifiées pour tous les états de réacteur et en supposant le cas accidentel le plus défavorable ;
- **concernant les alimentations électriques**, la démarche de diversification des générateurs de secours et des équipements électriques proposée par le projet ATMEA1 repose essentiellement sur une démarche probabiliste qui n'a pas été jugée satisfaisante. Aussi, le projet ATMEA1 s'est engagé à compléter sa démarche par une recherche d'identification a priori des défaillances de cause commune envisageables, en couvrant l'ensemble possible des risques encourus et en étendant leur recherche, au-delà d'un simple examen du retour d'expérience. Les résultats de cette recherche permettront de définir le niveau de diversification des équipements dont le caractère suffisant sera ensuite vérifié par les études probabilistes ;
- **concernant le système ultime d'évacuation de la chaleur de l'enceinte (EVU)**, les options de conception proposées par le projet ATMEA1 ne répondaient pas fidèlement aux préconisations des directives techniques. Le projet ATMEA1 a présenté lors de la 4^{ème} réunion du GPR une conception possible de l'EVU tenant compte des possibilités de fuite des équipements passifs du système et considérant le maintien de la fonction de refroidissement sur le long terme ;
- la démarche générale de **classement des équipements** apparaît satisfaisante mais nécessite toutefois quelques améliorations. En particulier, le classement en groupe de qualité C des équipements mécaniques sous pression du système ASG est insuffisant, un classement en qualité B serait plus adapté.

Les points significatifs mis en évidence dans le rapport préparé pour de la réunion du GPR du 6/10/11 sont les suivants :

- **l'enceinte de confinement** fait partie du bâtiment du réacteur. Elle est constituée d'une enceinte en béton précontraint recouverte intérieurement d'une peau métallique qui assure une fonction d'étanchéité. Le bâtiment des auxiliaires de sauvegarde (BAS), le bâtiment du combustible (BK) et le bâtiment du réacteur, fondés sur un radier commun, constituent l'îlot nucléaire. Les bâtiments BAS et BK périphériques à l'enceinte sur la plus grande partie de sa paroi cylindrique ménagent un espace annulaire participant au confinement lors de situations accidentelles. Les principes de conception et la démarche générale de dimensionnement de l'enceinte de confinement apparaissent satisfaisants mais certains compléments ont été apportés dans le Dossier d'Options de Sûreté. Le projet ATMEA1 a ainsi récapitulé l'ensemble des exigences de sûreté et de comportement applicables au génie civil qui participent à la fonction de confinement ainsi que l'ensemble des combinaisons de charges retenues au stade du dimensionnement ;
- **concernant les agressions internes** :
 - o en ce qui concerne les incendies, le projet ATMEA1 a présenté une démarche d'analyse des risques d'incendie cohérente avec les préconisations des directives techniques, fondée sur l'application du principe de défense en profondeur avec trois lignes de défense (prévention

des départs de feu, protection des structures et des équipements, détection contrôle et extinction des incendies) auxquelles il s'est engagé à accorder la même importance. Le projet ATMEA1 s'est également engagé à prendre en compte, dans son analyse et pour le dimensionnement des DPCI (dispositions de protection contre l'incendie) l'ensemble des effets des incendies (température, pression, fumées..) et à réaliser une étape de vérification de la robustesse de la protection contre l'incendie et donc du caractère suffisant des DPCI retenues (conception et dimensionnement) fondée sur l'étude de scénarios prenant en compte la défaillance d'une de ces DPCI lorsque la démonstration de la robustesse de sa conception ne peut pas être apportée. Cette démarche a conduit le projet ATMEA1 à doubler les clapets coupe-feu en limite de division de sûreté. L'IRSN a de plus jugé nécessaire que soit justifiée l'absence d'extinction automatique des câbles électriques dans les entrepôts de câblage. Enfin, la stabilité au feu des bâtiments, classés de sûreté ou non, devra être démontrée en considérant le plus grand feu plausible pouvant s'y développer ;

- en ce qui concerne les explosions internes, la méthodologie d'analyse de ces risques, privilégie, conformément aux directives techniques, la prévention des explosions par des restrictions comme l'utilisation de gaz et de fluides explosifs. Le projet ATMEA1™ a également précisé au cours de l'instruction que des dispositions de surveillance et de limitation des conséquences seraient également mises en place lorsque les dispositions de prévention ne s'avèreraient pas suffisamment robustes pour éliminer le risque d'explosion par conception. En outre, pour le cas particulier des gaz inflammables, le projet ATMEA1 s'est engagé à porter l'effort de prévention sur la limitation de la formation d'atmosphères explosives. L'IRSN a estimé que la démarche proposée par le projet ATMEA1 était acceptable sous réserve de la prise en compte, dès la conception, d'agressions susceptibles de provoquer une explosion (telles que le séisme, l'impact de projectiles, la corrosion, l'incendie, les chocs, les vibrations, les erreurs humaines...);
 - en ce qui concerne les fuites et ruptures de tuyauterie de haute énergie, le projet ATMEA1 a appliqué l'approche américaine relative aux fuites et fissures de tuyauteries sans aucune modification afin de conserver sa cohérence d'ensemble. Notamment la valeur de découplage de DN 50 entre les petites et les grosses tuyauteries, préconisée par les directives techniques ne sera pas adoptée ainsi que la possibilité de ruptures longitudinales sur les tuyauteries non conçues pour résister au séisme. Pour l'analyse des ruptures de tuyauterie, l'IRSN considère que dans le cas d'une construction en France le projet ATMEA1 doit appliquer l'approche française mise en œuvre notamment au travers des directives techniques.
- concernant les **agressions externes**, l'IRSN a souligné la complétude des risques examinés au regard des exigences des directives techniques. Le projet ATMEA1 a présenté une méthode de cumul des agressions et des événements satisfaisante. De plus, le projet ATMEA1 s'est engagé à classer sismiques des équipements importants tels que le système EVU, le générateur d'ultime secours et sa réserve de gasoil, les équipements de lutte et de détection incendie ainsi que les équipements participant à la protection contre le risque d'explosion ;
- concernant le **confinement dynamique** des bâtiments situés sur le radier principal : l'IRSN a considéré que la solution proposée pour la conception d'ensemble du dispositif de fermeture de l'annulus devrait être confortée en termes de robustesse. Dans cette optique, l'IRSN a estimé nécessaire que le projet ATMEA1 complète les exigences associées à la conception, à l'exploitation et à la maintenance du dispositif de fermeture de l'annulus notamment en termes de surpression et réexamine la pertinence des paramètres caractéristiques associés à ces exigences. L'IRSN a également estimé qu'une des causes de perte de la dépression de l'annulus en situation accidentelle ou en situation d'accident grave pourrait être une inétanchéité du dispositif de fermeture de l'annulus. Dans ce cadre, il a estimé nécessaire que le projet ATMEA1 précise le mode de contrôle, en situation normale, des performances de ce dispositif et les dispositions associées de contrôle qu'il compte mettre en œuvre de façon à identifier en situation normale toute dégradation qui nuirait à ses performances en situation accidentelle ou en situation d'accident grave. Sur ce sujet, le projet ATMEA1 s'est engagé à compléter les exigences associées à la conception, à l'exploitation et à la maintenance du dispositif de fermeture de l'annulus ;
- sur la base des éléments transmis par le projet ATMEA1, l'IRSN a considéré que les options de sûreté relatives au contrôle de la surpression et du confinement dans un local du BAS affecté par une brèche d'une tuyauterie du système EAS en mode RRA ne répondaient pas à une démarche logique de dimensionnement. L'IRSN a insisté sur le fait que le dimensionnement du bâtiment (pression, température) ainsi que son critère d'étanchéité devaient être établis sur la base de l'étude de l'accident enveloppe pouvant s'y produire. Sur cette base, sans proscrire le recours à un exutoire, l'IRSN a estimé nécessaire que le projet ATMEA1 décline une démarche de dimensionnement de structures du BAS, passant par la définition des conditions de pression et de température, ainsi que par la définition d'un critère d'étanchéité dans ces conditions, à vérifier périodiquement ;

- enfin, dans le bâtiment du combustible, seules les fuites des vannes d'isolement de l'enceinte placées sur des traversées dites sensibles seront collectées et filtrées. Dans le cadre d'un dossier venant à l'appui d'une demande d'autorisation de création, les fuites qui ne seraient pas collectées et filtrées devraient faire l'objet d'un examen approfondi.
- concernant la conception des diversifications fonctionnelles proposées par le réacteur ATMEA1, l'IRSN a estimé que le choix d'une redondance d'ordre 3 et de diversifications additionnelles (GUS, source froide) pouvant secourir l'un des trois trains, recevable dans le principe, pourrait présenter des difficultés de mise en œuvre pratique le rendant discutable. L'IRSN a estimé nécessaire que le projet ATMEA1 étudie le secours des équipements nécessaires au retour et au maintien en arrêt sûr au moyen de tableaux électriques distincts des tableaux principaux et ainsi de permettre leur connexion soit de façon automatique, soit depuis la salle de commande. Le projet ATMEA1 s'est engagé à étudier ce secours, ce qui est satisfaisant.

Les points significatifs mis en évidence dans les rapports préparés pour la réunion du GPR du 14/10/11 sont les suivants:

- un grand nombre de données concernant la **conception du contrôle-commande** ne sont pas encore figées ou ne seront définies qu'à des stades de la conception ultérieurs à celui de la définition des "options de sûreté". Le contrôle-commande proposé pour le réacteur ATMEA1 présente des caractéristiques en termes de conception et de classement destinées à favoriser son exportation dans différents pays, notamment par l'utilisation d'exigences de l'IEEE. L'architecture retenue est fondée sur une séparation en systèmes selon leur classement ; à ce sujet, l'IRSN a considéré nécessaire que soit mise en place une séparation des fonctions de contrôle-commande classées par rapport à celles qui ne sont pas classées ; le projet ATMEA1 a pris un engagement en ce sens. L'IRSN n'a pas émis d'objection de principe sur la composition des systèmes et sous-systèmes et leur interconnexion à chaque niveau de l'architecture du contrôle-commande. L'examen des liaisons entre des parties de classements différents quel que soit leur type (fil à fil ou autre) devrait faire l'objet d'un examen ultérieur en termes d'acceptabilité par rapport aux possibles conséquences d'un défaut descendant ou ascendant. Si l'architecture du contrôle-commande est conçue selon l'application des principes de diversité et de défense en profondeur, il faut néanmoins souligner que le contrôle-commande ne sera pas acceptable en France sur la seule base d'une conformité aux exigences de l'IEEE. Le projet ATMEA1 a indiqué qu'au stade des options de sûreté du réacteur ATMEA1, il n'existe pas d'évolutions majeures dans le contrôle-commande tel qu'utilisé pour d'autres réacteurs de la génération III. Néanmoins, l'IRSN a noté que les solutions technologiques proposées en illustration du dossier des options de sûreté montrent un certain nombre de différences par rapport aux références existantes connues en France et pour lesquelles la démonstration de sûreté des technologies devra être apportée dans les phases ultérieures de la conception ;
- pour ce qui concerne la **manutention et l'entreposage du combustible**, l'IRSN a cherché à bien distinguer les options de sûreté relatives à la manutention du combustible d'une part, à l'entreposage d'autre part. Par ailleurs, l'IRSN a estimé qu'une approche logique devrait être mise en œuvre, couvrant :
 - les PCC (accidents traités et règles d'étude retenues),
 - les RRC-A,
 - les accidents conduisant à une ébullition de l'eau de la piscine de désactivation,
 - les situations « pratiquement éliminées ».
 Cette approche ajoute une catégorie d'accidents à savoir ceux qui conduisent « à une ébullition de l'eau de la piscine de désactivation ». L'IRSN estime nécessaire que, au-delà de l'étude des situations RRC-A, le projet ATMEA1 justifie le caractère suffisant des dispositions mises en œuvre pour faire face à un passage à ébullition, en cas de pertes des systèmes associés. A l'égard du risque de vidange, le projet ATMEA1 s'est engagé à compléter le dossier d'options de sûreté afin de traiter les initiateurs pouvant conduire à une vidange des piscines ou de les exclure par la mise en œuvre de dispositions ad hoc. Par ailleurs, dans le cadre de l'élimination pratique des séquences avec endommagement du combustible présent dans la piscine de désactivation, l'IRSN estime que le moyen qui sera utilisé pour compenser l'évaporation du fluide de la piscine de désactivation en cas de perte totale de son refroidissement, doit être de classe sismique SC-I. Enfin, en termes de règles d'études pour les conditions PCC, l'IRSN a recommandé que le projet démontre la robustesse de l'installation par une étude prenant en compte le cumul de la perte des alimentations électriques extérieures et d'un aggravant unique;
- le **développement d'une EPS** de niveau 1 en fin de phase de définition des options de sûreté du réacteur ATMEA1 apparaît très positif, même si cette EPS ne traite qu'une liste réduite d'événements initiateurs d'origine interne pouvant conduire à la fusion du cœur du réacteur. Cette EPS permet notamment d'avoir une première évaluation de la fréquence globale de fusion du cœur. L'examen des méthodes et des approches utilisées pour la réalisation de l'étude montre

qu'elles sont cohérentes avec la RFS 2002-01. L'examen de l'étude montre que le projet ATMEA1 a fait le choix de réaliser l'EPS à la conception en faisant l'hypothèse que les sources électriques externes et la source froide sont d'une fiabilité élevée. Pour l'IRSN, ce choix pourrait poser problème si les caractéristiques du(es) site(s) futur(s) n'étaient pas cohérentes avec cette hypothèse ; l'étude de parades supplémentaires pourrait s'avérer alors nécessaire. De même, le projet ATMEA1 considère dans son EPS que la conception du train X, y compris sa source froide, est diversifiée par rapport aux trains normaux et à la source froide principale (station de pompage) : il s'agit d'hypothèses fortes qui devront être confirmées lors de la conception détaillée ;

- pour ce qui concerne le système EVU, la nouvelle conception proposée pour la fonction de refroidissement du corium compte tenu des recommandations formulées par le GPR lors de la réunion du 30/06/11 apparaît satisfaisante et répond à l'attente exprimée quant à la gestion d'une fuite d'une partie passive de l'EVU. De même, les modalités mises en œuvre pour le décolmatage du filtre EVU fondées sur un décolmatage préalable du filtre RIS sont acceptables ;
- à propos des conclusions du GP ESPN sur les équipements du circuit primaire et des circuits secondaires principaux, l'IRSN insiste sur la prise en compte des exigences préconisées dans les directives techniques pour pouvoir exclure la rupture des tuyauteries du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux ;
- pour ce qui concerne les pistes de réflexions associées au retour d'expérience de l'accident de Fukushima, il faut rester prudent pour un réacteur qui n'en est qu'au stade des options de sûreté et dont beaucoup d'options de sûreté sont à ce jour voisines de celles d'autres réacteurs de la génération III. En conséquence, les conclusions émises ne constituent pour la plupart que des pistes de réflexion à valider dans le temps sur la base notamment de ce qui sera mis en place sur les réacteurs en exploitation ou en cours de construction. L'IRSN a jugé très constructive et volontariste l'approche mise en œuvre par le projet ATMEA1, avec les critères de sûreté associés. L'IRSN estime satisfaisant que, au-delà des pistes de réflexion, des études engagées et des premières conclusions disponibles, le projet ATMEA1 s'engage à s'approprier les conclusions qui seront issues des débats prochains concernant les réacteurs en exploitation ou en cours de construction.

Les points significatifs mis en évidence dans les rapports préparés pour la réunion du GPR du 28/10/11 sont les suivants :

- la mise à jour de la documentation associée aux options de sûreté du réacteur ATMEA1 a intégré l'ensemble des engagements pris par le projet ATMEA1 lors des quatre premières réunions du GPR,
- l'IRSN considère qu'un certain nombre de recommandations sont à reprendre dans l'avis final du GPR.

L'IRSN a également transmis à l'ASN son avis sur les options de sûreté relatives à la chute d'un avion, intentionnelle ou pas, sur le réacteur ATMEA1. Les objectifs de sûreté retenus par le projet ATMEA1 sont acceptables.

Pour ce qui concerne les conséquences pouvant être associées à l'impact d'un avion, liées notamment à l'agression des bâtiments -dont le bâtiment du réacteur et le bâtiment du combustible- aux émissions de projectiles secondaires, aux chutes d'objets, aux vibrations, aux explosions et aux incendies, des dispositions additionnelles devront être prises pour garantir l'arrêt d'urgence du réacteur, et examinées dans le cadre d'une demande d'autorisation de création.

Les aspects suivants méritent d'être notés :

- les résultats d'une étude réalisée par l'IRSN dans le cadre de l'examen des options de sûreté sur la résistance mécanique à l'impact d'un avion commercial de l'enceinte du bâtiment du réacteur telle que proposée à ce jour par le projet ATMEA1 montrent un comportement mécanique compatible avec le maintien de l'intégrité de la paroi de cette enceinte ;
- le risque associé à un écaillage de cette paroi en cas d'impact d'une charge concentrée correspondant à un moteur d'un avion peut être raisonnablement exclu, compte tenu de la présence d'une peau d'étanchéité et compte tenu de l'épaisseur du béton de l'enceinte de confinement. Des justifications complémentaires devront cependant être ultérieurement apportées par le projet ATMEA1 concernant le comportement local de la peau d'étanchéité afin de vérifier l'absence de déchirure de celle-ci et de garantir ainsi l'absence de pénétration de carburant dans l'enceinte ;

- pour ce qui concerne également la toiture du bâtiment du combustible, compte tenu de son épaisseur, un écaillage peut être raisonnablement exclu pour les cas de charges retenus, y compris le cas d'impact d'un avion militaire en chute verticale ;
- par contre, un écaillage des voiles du bâtiment du combustible reste envisageable en cas de chute d'un avion gros porteur ou très gros porteur ; à défaut de fournir des éléments complémentaires de sa démonstration de l'absence d'écaillage, le projet ATMEA1 devrait étudier la mise en place de dispositions permettant en particulier d'éviter toute introduction de carburant dans le bâtiment du combustible ;
- compte tenu des protections proposées à ce jour par le projet ATMEA1 pour le joint de fermeture de l'annulus, la possibilité d'une dégradation de ce joint lors de l'impact doit être retenue ; le projet ATMEA1 devrait viser à démontrer l'absence de dégradation mécanique du joint et de son rôle de protection contre l'introduction de carburant dans l'annulus par la mise en place de modalités de conception et de construction adaptées.

Bien entendu, d'une manière générale, il ne sera possible d'émettre un avis fondé sur le respect des objectifs de sûreté retenus sur les différents sujets mis en évidence au cours de l'instruction, qu'après un examen approfondi de la déclinaison de l'ensemble des options de sûreté en termes de dispositions de conception. Cet examen ne pourra être réalisé qu'à un stade ultérieur de la définition de ces dispositions, notamment lors d'une éventuelle demande d'autorisation de création.

GLOSSAIRE

AG	Accident grave
ASG	Système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur
ASME	American Society of Mechanical Engineering
BAN	Bâtiment des auxiliaires nucléaires
BAS	Bâtiment des auxiliaires de sûreté
BK	Bâtiment du combustible
BR	Bâtiment du réacteur
CCW	RRI : circuit de refroidissement intermédiaire
DEA	Dispositif d'étanchéité à l'arrêt
DPCI	Disposition de protection contre l'incendie
EAS	Système d'aspersion dans l'enceinte
EDE	Ventilation de l'annulus
EPS	Etude Probabiliste de Sûreté
ESW	SEC : circuit d'eau brute secours
EVU	Système d'évacuation ultime de la chaleur de l'enceinte de confinement
GUS	Générateur d'Ultime Secours
GPR	Groupe Permanent d'experts pour les Réacteurs nucléaires
GP-ESPN	Groupe Permanent d'experts pour les «Equipements sous pression nucléaires»
ISMP	Système d'injection de sécurité à moyenne pression
MDTE	Manque De Tension Externe
PCC	Plan Condition Category - Condition de fonctionnement
PTR	Circuit de refroidissement des piscines du combustible
REP	Réacteurs à Eau sous Pression
RHR	RRA : système de refroidissement à l'arrêt
RIS	Système d'injection de sécurité
RRA	Système de refroidissement à l'arrêt
RRC-A	Conditions correspondant à des défaillances multiples
RRC-B	Séquences avec fusion du cœur
RCP	Système de refroidissement primaire
RRI	Circuit de refroidissement intermédiaire de l'îlot nucléaire
SEC	Circuit d'eau brute secourue
SSCs	Structures, systèmes et composants
VDA	Circuit de décharge à l'atmosphère
VVP	Circuit de vapeur principal