

SFANS

Sf@ns.News

*Bulletin de la Section Française de l'ANS
n°24 – Avril 2013*

Sommaire

- Editorial du Président
- ANS winter meeting, novembre 2012
- Conférence de Cyril Pinel, février 2013

▶▶ Editorial du Président



Chers Amis,

C'est avec plaisir que je vous présente cette nouvelle édition de notre lettre d'information. Elle nous rappelle en particulier le contexte concernant le nucléaire aux USA, au travers du dernier Winter Meeting de l'ANS et du tableau que nous a dressé Cyril Pinel en début d'année.

On y voit que le nucléaire aux USA, même s'il est challengé économiquement par le marché, en particulier du fait du développement des gaz de schiste, reste en bonne santé : début de construction (bétonnage du radier) des tranches AP1000 de Vogtle 3/4 et Summer 3/4, nombre de « License renewals » à 60 ans et travaux engagés sur les perspectives à 80 ans, opportunités ouvertes pour les réacteurs SMR. Les actions décidées après Fukushima ont été engagées (programme Flex), même si certaines questions restent encore à définir (installation de filtres sur les BWR Mark I et Mark II).

Enfin, le forum du GIF, qui s'est tenu en parallèle du Winter Meeting de l'ANS, nous montre aussi que les enjeux à long terme pour de futurs réacteurs Génération IV restent bien présents aux USA.

Au moment du lancement du débat en France sur la transition énergétique et la place du nucléaire, ces éléments sont importants aussi pour nous, afin de bien comprendre le paysage et les évolutions outre-Atlantique et pouvoir en tenir compte dans nos réflexions. C'est précisément un des rôles importants de la SFANS que de susciter ces échanges et compréhensions réciproques.

Bien cordialement à tous.

Michel Debes

* * * * *

▶▶ ANS Winter Meeting : «Future Nuclear Technologies: Resilience and Flexibility» - 11-15 novembre 2012 - San Diego, CA, *Michel Debes*

Cette conférence ANS, sur le thème des technologies nucléaires futures, a également inclus, outre les sessions techniques et des sessions spécialisées concernant les accidents sévères, les enseignements tirés de l'accident de Fukushima et les avancées en thermo-hydraulique. Un symposium du GIF (Generation IV International Forum) organisé en parallèle, avec une session ouverte, a contribué aussi à l'intérêt de cette conférence ANS qui a réuni une bonne participation (plus de 1 200 participants).

Quelques points marquants des présentations et panels sont présentés ci-après.

◆ Séance plénière d'ouverture

Le Président de l'ANS **Michael L. Corradini** a ouvert la conférence et a introduit la présentation des National Awards, dont la Seaborg Medal attribuée à Terry Kammash (University of Michigan) pour ses travaux sur les technologies de fission et fusion pour des applications terrestres et spatiales.

La séance plénière a été consacrée au thème «Future Nuclear Technologies: Resilience and Flexibility»

Dans le respect de la tradition, la séance a débuté par une présentation du représentant de la compagnie nucléaire locale, à savoir la Southern California Edison, qui a fait un point sur les difficultés rencontrées sur les tranches de San Onofre 2 et 3 (PWR Combustion Engineering 1070 MW). Celles-ci ont été mises à l'arrêt depuis janvier 2012, suite à des fuites survenues sur les générateurs de vapeur après leur remplacement (fourniture MHI). La cause serait liée à des instabilités structurales en partie haute du faisceau tubulaire dues à des excitations thermo-hydrauliques. L'objectif est de remettre en service les deux tranches mais la compréhension du phénomène et son examen par la NRC prend du temps, ce qui oblige l'exploitant à faire preuve de flexibilité dans la gestion de ses autres unités de production, pour faire face à la demande d'électricité.



Le **Commissaire George Apostolakis** (NRC) est intervenu ensuite pour donner (ou redonner) une perspective d'ensemble concernant l'approche «Risk Informed» dans le système de réglementation de la NRC : «An uphill to climb». Dans la suite des réflexions menées après le rapport Wash 1400 et l'accident de TMI, une politique d'utilisation des études probabilistes a été émise en 1995 pour compléter la défense en profondeur. L'utilisation de ces études permet d'identifier les séquences accidentelles les plus probables et leurs conséquences et de mettre en évidence les conservatismes dans les exigences réglementaires. Il souligne que, à la différence d'une approche «Risk Based» basée sur le calcul d'une probabilité, l'approche «Risk Informed» n'est qu'un des éléments pour éclairer une décision, en complément de la défense en profondeur. Elle permet de rendre le système de réglementation plus rationnel en focalisant sur les points importants et contribue à développer une approche «Performance Based» comme la «Maintenance Rule». Il souligne que l'accident de Fukushima montre l'intérêt de disposer d'études probabilistes de niveau 3 (allant jusqu'aux conséquences externes), pour mettre en évidence les profils de risque spécifiques à un réacteur et prioriser les actions.

Marvin Fertel (NEI) présente les actions menées par l'industrie nucléaire américaine après Fukushima. Elles ont permis de confirmer la sûreté des tranches et d'engager des actions pour améliorer leur résilience face aux vulnérabilités externes (séisme, inondation, station black out, ...) : programme FLEX (équipements mobiles, pompes, batteries, générateurs, réserves d'eau,...), gestion des accidents graves, gestion des combustibles

usés. Il souligne aussi la croissance du nucléaire dans le monde (68 tranches en construction) et en particulier aux USA avec la construction de Vogtle 3/4 et VC Summer 3/4. Il rappelle les progrès obtenus en matière de renouvellement de licences aux USA jusqu'à 60 ans et les études engagées dans une perspective d'aller à 80 ans et mentionne aussi les augmentations de puissance obtenues, le licensing de nouveaux réacteurs en cours et les opportunités apportées par les nouvelles technologies (SMRs).

En conclusion : «US based reactor technology is the most advanced in the world».

Christine King (EPRI) présente les recherches engagées après Fukushima. Les travaux menés portent sur la décontamination des eaux, les combustibles usés en piscine, la mitigation des rejets, la gestion des accidents graves et l'évaluation technique (utilisation du code MAAP). Elle souligne l'importance du programme FLEX (mise en œuvre de moyens mobiles,...), au regard de la cinétique des accidents (TMI : 50 % du cœur fondu en 7h, Fukushima : explosions hydrogène en 1 à 2 jours). Les recherches portent sur de nouveaux matériaux de gainage pour améliorer la tenue en température et limiter les phénomènes d'oxydation (alliage de molybdène revêtu de zircaloy, utilisation de SiC). Les industriels (AREVA, Westinghouse, GE) et de nombreux laboratoires d'universités sont engagés dans ces travaux.

Cheri Collins, représentant la Southern Company, présente l'avancement et les caractéristiques du projet de construction de 2 tranches AP1000 Vogtle 3/4 au plan :

- économique : 6,1 b\$, démarrage 2016/2017, marché régulé, bénéfique pour les clients 2 b\$, 5 000 personnes au pic de construction, 800 en permanence, retombées de taxes locales 35 M\$/yr,
- de la sûreté,
- des technologies de construction : utilisation d'une grue géante,... Elle souligne qu'en matière d'énergie, toutes les options sont à considérer («All arrows in the quiver» : nucléaire, charbon, gaz, renouvelable, économies,...). Pour 2030, la demande devrait croître de 27 % et la réglementation environnementale impacte la production du charbon. En conclusion : «Uncompromising

focus on safety and quality makes it the best value for citizens of Georgia».

Dans l'échange qui a suivi, le panel a mis en avant les conclusions suivantes :

- la dimension humaine de l'accident de Fukushima (formation, gestion des accidents graves) ;
- la question de l'entreposage des déchets et des combustibles usés sur site et la nécessité de trouver une solution viable ; la NRC examine les différentes options (hors stockage géologique) ;
- le maintien de la priorité à donner à la sûreté, la question de l'entreposage des combustibles usés, le renouvellement des compétences et la transmission de l'expérience pour les nouvelles générations ;
- l'approche «Risk Informed», en complément de la défense en profondeur, en particulier l'importance du confinement pour éviter tout rejet à l'extérieur ;
- la nécessité de construire les nouvelles unités en qualité, en sûreté et dans les délais : «world is watching» ;
- l'importance des actions de remédiation à Fukushima, avec l'utilisation de nouvelles technologies.

♦ Panel «Impacts de Fukushima»

Sans grande information supplémentaire, ce panel a été l'occasion de rappeler des actions prises ou prévues, en particulier par la NRC (voir www.nrc.gov), avec en premier lieu des demandes concernant les stratégies de mitigation (éventage renforcé pour les BWR Mark I-II, instrumentation des piscines de combustibles usés, réévaluation des risques sismiques et inondations, plans d'urgence, pertes de sources électriques...) et en second lieu, des recommandations concernant les réserves d'eau, les réévaluations des autres risques externes et les impacts multi-tranches.

♦ Panel «Standardization in a non standardized world»

Ce panel très intéressant, organisé par la division «Operation and Power», a permis un partage avec la NRC, les vendeurs (Westinghouse, AREVA, GE) et EDF sur le

thème de la standardisation. Il a permis d'en souligner l'intérêt, à la fois pour l'économie, l'efficacité industrielle et aussi pour la sûreté, grâce à un retour d'expérience accru et systématique qui peut être structuré de manière efficace.

La NRC a présenté l'organisation des autorités de sûreté au travers de MDEP (Multinational Design Evaluation Process) pour chercher à harmoniser les exigences de sûreté, ce qui permet d'encourager les efforts de standardisation.

EDF (Michel Debes) a présenté l'expérience et les bénéfices liés à la construction et à l'exploitation d'un parc standardisé, ainsi que l'action de WNA (World Nuclear Association) engagée au travers du groupe CORDEL (COoperation in Reactor Design and Licensing) pour favoriser le développement de la standardisation, d'abord au sein de l'industrie (harmonisation des codes ASME, RCCM, JSME,...) et aussi en interaction avec MDEP.

AREVA (Timothy Stack) illustre la démarche d'adaptation de la conception EPR OL3 au standard US EPR, les facteurs clés à l'origine des différences (réglementation, marché/client, site,...) et les différences de conception qui en résultent.

GE-Hitachi présente son expérience de standardisation (ABWR au Japon et l'ESBWR aux USA).

De même, Westinghouse évoque la certification de l'AP1000 en montrant que «the devil is in the detail» et cite également les perspectives pour le W-SMR.

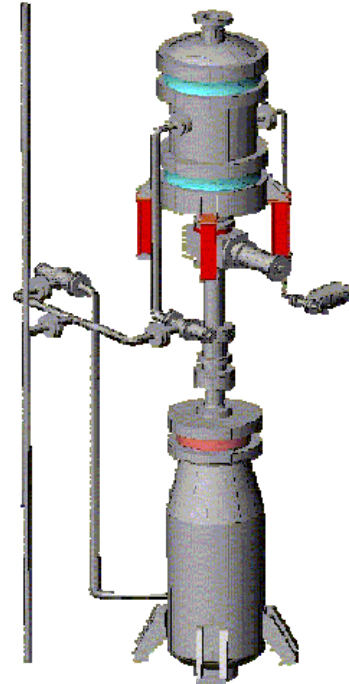
Les présentations sont disponibles auprès de Michel Debes (michel.debes@edf.fr).

◆ **Panel sur les modélisations des phénomènes physiques durant l'accident de Fukushima**

Cette session a comporté une présentation sur :

- (i) le mécanisme des explosions hydrogène à Fukushima, avec un régime de déflagration rapide,

- (ii) l'interaction entre le combustible fondu et le réfrigérant (FCI ou Fuel Coolant Interaction) par Michael L. Corradini (Président ANS et professeur à l'Université du Wisconsin),
- (iii) le phénomène FCI et les résultats de l'expérience Krotos par une équipe du CEA.



Installation KROTOS

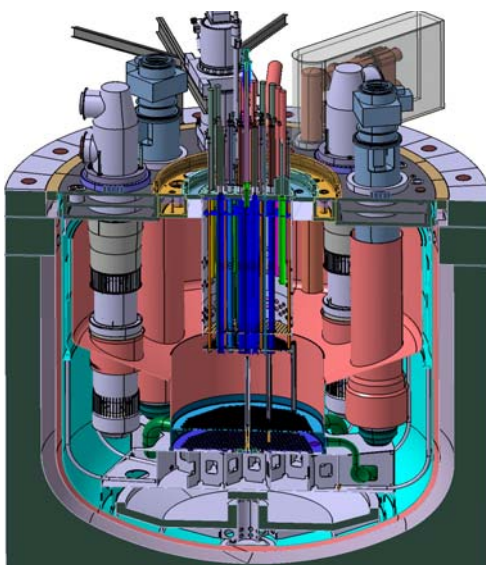
◆ **Session spéciale Génération IV**

Cette session spéciale du Président Michael L. Corradini a été consacrée aux dix années depuis la création de la roadmap Génération IV : «progress & future directions for new reactor technology». Elle a donné lieu à une présentation des principaux fondateurs ou acteurs du programme GIF : le Commissaire William Magwood et Jacques Bouchard (former chairs), Yutaka Sagayama (GIF chair) et Christophe Béhar (GIF vice-chair).

William Magwood et Jacques Bouchard se sont vus remettre un Award (Presidential citation) pour leur rôle visionnaire dans la création du GIF. Ils ont rappelé le contexte en 2000 qui a conduit à l'initiative «A vision for the future of nuclear energy», impulsée par le DOE (William Magwood), avec le support technique d'INEEL. Elle a conduit à la signature de la charte du GIF par 9 pays en juillet 2001 et à la sélection des 6 concepts en juillet 2002 répondant à un ensemble de critères.

Après le temps de l'établissement d'une roadmap technique («the good...»), est venu le temps des juristes («the bad...»), puis celui des questions de propriété intellectuelle («the ugly ...»), qui a conduit finalement à un accord cadre en février 2005. Mais Jacques Bouchard souligne que le plus important reste encore à faire : des décisions de stratégie nationale sont nécessaires pour investir dans des prototypes et conforter la crédibilité à accorder au programme Génération IV.

Yutaka Sagayama (Chairman du GIF policy group) rappelle les objectifs et critères du programme GIF : durabilité, sûreté et fiabilité, résistance à la prolifération, compétitivité économique, avec les 6 concepts SFR (Sodium fast reactor), GCFR (gas cooled fast reactor), LMFR (Lead cooled fast reactors), VHTR gas cooled, SCWR (super critical water reactors), MSR (Molten salt reactor). Le secrétariat est assuré par NEA Paris. Un Senior Industry Advisory Panel, auquel participent notamment Bernard Estève et Georges Servièrre, apporte une vision transverse de l'industrie (R&D, critères de sûreté, business model). Une collaboration est menée avec l'AIEA (INPRO), IFNEC (International Framework for Nuclear Energy Cooperation - ex GNEP) et MDEP. Un premier projet de critères de sûreté a été établi, prenant en compte les leçons de Fukushima, pour être approuvé à la prochaine réunion du Policy Group (mai 2013).



ASTRID : circuit primaire

Christophe Béhar présente les challenges associés à la roadmap technique (sûreté, durabilité, compétitivité) concernant les 6 systèmes et les trois étapes associées (viabilité, performance, démonstration). Pour le SFR, l'objectif est de passer à la phase de démonstration et le projet ASTRID est prévu pour un démarrage en 2023, avec du combustible MOX. La prise en compte de l'accident de Fukushima conduit à examiner des solutions de type passif et diversifiées, le SFR étant caractérisé par l'absence de pression et une bonne capacité de refroidissement.

♦ **Generation IV International Forum** (voir site www.gen-4.org)

Un point a été fait sur l'avancement des travaux du GIF lors de deux panels ouverts, sous la présidence de Christophe Béhar.

Le premier sujet a porté sur la sûreté avec une présentation de la méthode «Integrated Safety Assessment Methodology» et application au concept SFR, tenant compte des spécificités de ce type de réacteur (effet de vide, risque de recriticité, réaction du sodium avec air et eau). Les études ont également porté sur la non-prolifération (prise en compte de la sécurité à la conception, mesures intrinsèques et extrinsèques, selon les méthodes INPRO, SAPRA...).

Le deuxième sujet a porté sur la compétitivité, avec des fourchettes d'évaluation économique des différents postes («overnight construction cost», coût du cycle du combustible, coût de la production d'électricité) selon les systèmes.

Le troisième sujet a porté sur les travaux du Senior Industry Advisory Panel (SIAP), présenté par Peter Wakefield (EDF Energy).

L'objectif a été :

- (i) d'accroître la prévention des risques projet vus par les investisseurs au niveau licensing, économique et politique, et
- (ii) de faire ressortir au niveau gouvernemental les enjeux à long terme en matière de sécurité d'approvisionnement (surgénération), de risque climatique, de gestion des déchets. Un ensemble de conditions industrielles à maîtriser a été dégagé, ainsi que les principaux risques à traiter (marges, compétences, inspection en service, unicité

des codes et standards, constructibilité, chaîne d'approvisionnement,...) et les facteurs de succès («stable leadership, government knowledgeable support, communication with the regulator, experience feedback, early link with WANO, INPO, IAEA, EPRI, MDEP... »).

La conclusion a été apportée par Christophe Béhar, qui a souligné les principaux jalons industriels associés au développement des SFR à moyen terme :

- (i) démarrage prévu de BN800 en 2014 en Russie,
- (ii) finalisation de la conception détaillée d'ASTRID en France et d'autres conceptions au Japon et en Corée,
- (iii) R&D sur les options de sûreté avancées et sur les combustibles avancés,
- (iv) déploiement de réacteurs Génération IV SFR pour démarrage dans les années 2020/2025.



BN 800 en construction

* * * * *

► **Conférence de Cyril Pinel, conseiller nucléaire à l'ambassade de France à Washington, Rosine Couchoud**
« Perspectives pour l'énergie nucléaire dans le mix énergétique américain »

◆ **La répartition de la production d'électricité en 2011**

Charbon : 45 % en diminution sur 2012
Nucléaire : 20 %
Gaz : 24 % en 2011, 30 % en 2012

◆ **Le gaz de schiste devrait s'installer durablement aux Etats-Unis ;** il s'agit d'une nouvelle donne énergétique avec un changement de paradigme.



Cyril Pinel

Les Etats-Unis en attendent un fort impact sur l'économie, par :

- le renforcement de l'industrialisation et la création d'environ 3 millions d'emplois à l'échéance 2030,
- une ouverture à l'exportation entre 2017 et 2020,
- la contribution à l'objectif d'indépendance énergétique à l'horizon 2030.

Les questions environnementales n'entraînent pas de phénomène de rejet tant qu'il n'y a pas d'accident. Le transport du gaz extrait se fait beaucoup par camions. Les ONG sont vigilantes et les industriels très précautionneux.

Le Président OBAMA a indiqué que le réchauffement climatique est un enjeu majeur de son deuxième mandat.

Actuellement, le prix est établi à 3 US\$ par million de BTU. S'il descend en dessous de 2 US\$, il ne serait alors plus rentable et les prix remonteraient à leur niveau réel.

La part du **charbon devrait diminuer** avec la fermeture des centrales les plus polluantes, au profit du gaz et du nucléaire.

◆ **Le nucléaire a sa place mais doit faire face à plusieurs défis**

Il bénéficie du soutien de la population. Les derniers sondages montrent un taux d'acceptation de 64 % qui tend à augmenter à mesure que l'on s'éloigne de la date de l'accident de Fukushima. Le Président OBAMA a pris des actions en faveur du nucléaire, notamment les garanties de prêts pour les nouvelles centrales.

Les prévisions du Ministère de l'Energie (DOE) tablent sur une augmentation de la demande de 22 % d'ici 2035. Ce rythme permettrait d'envisager de nouveaux projets. Mais face au prix actuel du gaz, les projets nucléaires ne peuvent voir le jour que dans les Etats dont le marché est régulé. Pour autant, l'avenir du nucléaire est soumis à plusieurs enjeux forts :

- 1) La bonne réalisation des cinq projets en cours, dont quatre projets AP1000 sur les sites de Vogtle (Georgie) et Summer (Caroline du Sud). Ceux de Vogtle accusent un retard d'environ un an et des surcoûts de l'ordre du milliard. En revanche, le projet TVA Tennessee Valley Authority (Water Bar) est en avance et en deçà des coûts (avec un processus d'incitation des entreprises).
- 2) La poursuite du nucléaire existant, face aux risques de fermeture pour raison économique. Cela a été le cas pour la centrale de Kewaunee dans le Wisconsin qui n'a pas trouvé de repreneur et pour la centrale de Crystal River en Floride, qui doit faire face à des coûts de travaux de réfection du confinement trop élevés.
- 3) Un environnement réglementaire plus contraignant, notamment sur la sûreté.
- 4) La gestion de fin de cycle : absence de solution de stockage définitif : le projet de stockage définitif géologique de Yucca Mountain (Nevada) est définitivement bloqué pour des raisons politiques (le sénateur de l'Etat du Nevada est l'actuel président du Sénat !).

Le DOE quant à lui propose un projet pilote d'entreposage intérimaire qui pourrait conduire à un stockage définitif, mais guère avant 2048.

L'option retraitement-recyclage se heurte aux considérations sur la non-prolifération, mais le projet d'usine MOX auquel AREVA participe et les travaux sur la Génération IV permettent d'ouvrir les discussions sur le sujet.

- 5) La prolongation de la durée de vie des centrales : des études sont en cours chez les industriels et à la NRC (Nuclear Regulatory Commission), dans une perspective de durée d'exploitation de 80 ans pour une partie du parc, mais la préoccupation première aujourd'hui est de préserver la rentabilité des centrales jusqu'à 60 ans. Les augmentations de puissance se poursuivent.
- 6) Les petits réacteurs (SMR) : les Etats-Unis peuvent voir dans le développement de ce nouveau créneau une façon de reconquérir un leadership dans le nucléaire et pallier à la difficulté de l'ampleur de l'investissement initial. Les SMR pourraient venir remplacer quelques centrales au charbon ou répondre à la demande d'électricité de zones isolées ou de pays au réseau électrique peu développé. Le DOE participe au financement du projet de Babcock et Wilcox. Un second projet pourrait aussi être financé.

- 7) L'importance de la non-prolifération : le sujet est très important aux Etats-Unis. Cela peut constituer un avantage pour le nucléaire, car les Etats-Unis considèrent que la maîtrise de la technologie nucléaire permet de maîtriser aussi la non-prolifération et de conférer une légitimité dans ce domaine au plan international.
- 8) L'export : le nucléaire aux Etats-Unis est actuellement considéré pour répondre au marché domestique, alors que le NEI (Nuclear Energy Institute) promeut le nucléaire pour faire face à la croissance de la demande en électricité, mais aussi pour reprendre le leadership international dans ce domaine. Des prêts peuvent être accordés par les banques américaines (exemple : prêt de 2 Md\$ pour le projet aux Emirats, qui a de fait une très large part américaine).

◆ **L'industrie française est très présente dans le nucléaire aux Etats-Unis**

AREVA emploie 5 000 personnes aux Etats-Unis et a des installations à Lynchburg (Virginie) et à Charlotte (Caroline du Sud), il est présent sur l'ensemble du cycle du combustible et occupe la première place pour les services de maintenance des réacteurs en intervenant sur 75 % des 104 réacteurs américains. AREVA participe également au projet de construction de l'usine de fabrication de combustible MOX sur le site de Savannah River. Ce projet s'inscrit dans le cadre de la politique de non-prolifération des Etats-Unis et permettra d'utiliser le plutonium provenant du désarmement nucléaire. Ce projet est très important, car il pourrait avoir un impact pour faire avancer les Etats-Unis vers l'option recyclage.

L'EPR est en cours de certification par la NRC.

EDF est également très bien implantée, notamment sur le projet Calvert Cliff, même si cela n'est pas facile (instruction de la COLA en cours, recherche d'un exploitant partenaire américain...). En outre, EDF est co-exploitant de cinq réacteurs nucléaires exploités par Exelon. Par ailleurs, EDF est également présente sur les renouvelables.

En conclusion ; on peut souligner que la relation franco-américaine dans le nucléaire est excellente et que la France jouit d'une reconnaissance de compétence dans le domaine.

Le nucléaire a un avenir aux Etats-Unis sur le long terme, mais il devra compter avec la place grandissante du gaz de schiste.