

Chapitre 12

Autres recherches et pistes de recherche

Des études et recherches, d'ampleur variable, sont également menées par l'IRSN dans bien d'autres domaines techniques en rapport avec la sûreté nucléaire des réacteurs à eau sous pression : on peut notamment citer :

- la fiabilité des logiciels dits critiques utilisés dans les systèmes de contrôle-commande numérique (à base de logiciels), systèmes utilisés dans les réacteurs du palier N4 et EPR ;
- le comportement des matériels en cas de sollicitations sismiques, avec le développement en propre, par simulation numérique, de courbes de « fragilité » des matériels pouvant être mises en œuvre dans le cadre d'études probabilistes relatives à l'aléa sismique. La détermination des courbes de « fragilité » par simulation numérique constitue une méthode alternative à la méthode américaine (courbes proposées par l'EPRI fondées sur un modèle log-normal et des jeux de paramètres prédéterminés), qui pourrait également permettre de déterminer de façon plus adaptée les paramètres du modèle log-normal de l'EPRI. Pour ce faire, l'IRSN a développé un logiciel de simulation dénommé ISAFES (*Interactive Seismic Analysis of Fragilities of Equipment and Structures*) qui permet de réaliser des simulations temporelles dynamiques grâce à des objets de représentation des composants structurels intitulés MARC (Masse, amortisseur, raideur, critère). Ce développement aborde donc les domaines de la simulation numérique en dynamique des équipements avec incertitudes ainsi que l'interaction sol-structure avec excitation sismique ;
- les phénomènes de « mélange en cuve » dans les réacteurs à eau sous pression, phénomènes qui interviendraient par exemple en cas de dilution par de l'eau claire dans les états en eau borée, susceptibles de mener à un accident de réactivité ;

- l'aérocontamination, dont les études et la recherche sont, hormis celles relatives aux dispositifs de filtration, plus particulièrement orientées vers les problématiques relatives aux installations du cycle du combustible, aux opérations de démantèlement.

Par ailleurs, les concepteurs de réacteurs de génération III²³³ ou III+, ou encore de projets de réacteurs dits intégraux ou modulaires (SMR²³⁴), ont recours de façon croissante aux systèmes passifs²³⁵. Un regain d'intérêt est également apparu à l'égard des systèmes passifs suite à l'accident de Fukushima Daiichi ; en effet, les conséquences de cet accident ont naturellement conduit à s'intéresser à des situations durables de perte des alimentations électriques et de la source froide, les systèmes passifs présentant alors potentiellement un intérêt pour faire face à ces situations. Toutefois, le recours croissant aux systèmes passifs fait émerger la nécessité d'approfondissements sur la valorisation de tels systèmes dans la démonstration de sûreté « déterministe » ainsi que dans les EPS ; se posent en effet des questions sur les systèmes passifs en termes de fiabilité, de possibilité de « récupération » en cas d'échec constaté, d'efficacité, ainsi qu'en termes de vérification de leurs performances, ceci depuis la conception jusqu'à la fin de fonctionnement d'un réacteur.

L'IPSN puis l'IRSN ont déjà été amenés à traiter le sujet des systèmes passifs dans le cadre des expertises menées dans les années 1980 et 1990 pour les réacteurs à neutrons rapides PHENIX et SUPERPHENIX, et plus récemment pour le projet ASTRID²³⁶, pour ce qui concerne tout particulièrement la possibilité d'une évacuation de la puissance résiduelle du réacteur par convection naturelle de sodium dans la cuve du réacteur – circuit primaire – et dans des circuits secondaires également en sodium. Parallèlement, l'IRSN s'est impliqué dans le projet européen THINS²³⁷, notamment sur la simulation numérique des essais de convection naturelle réalisés à PHENIX à la fin des années 1990 (dans le cadre des « essais de fin de vie ») et sur la qualification du module CESAR du logiciel de simulation ASTEC. Mais des propositions de projets de

233. Pour l'EPR, l'usage de systèmes passifs se résume à la chute gravitaire des barres de contrôle et d'arrêt, aux accumulateurs sous pression pour le renoyage du cœur, à la possibilité de refroidissement en thermosiphon du réacteur après défaillance ou arrêt volontaire du fonctionnement des pompes primaires – à vérifier sur le réacteur lui-même comme dans le cas des réacteurs en exploitation – aux recombinés d'hydrogène et au récupérateur de corium en cas d'accident de fusion du cœur.

234. *Small Modular Reactors*.

235. La notion de système passif est large : système ayant recours de façon limitée à des composants nécessitant un mouvement mécanique pour assurer la mission du système, un apport d'énergie extérieure ou de fonctions supports, une intervention humaine (pour l'activation du système et son fonctionnement pendant la durée de sa mission), système mettant en œuvre des phénomènes naturels (gravité, transfert de chaleur par conduction, convection naturelle ou rayonnement, différence de pression, etc.).

236. *Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration*.

237. *Thermal-hydraulics of Innovative Nuclear Systems*.

recherche (allant au-delà des réacteurs refroidis au sodium et couvrant à la fois la recherche prénormative, la réalisation d'essais sur des composants, la simulation numérique, etc.) sont en préparation en réponse à l'appel à projets dénommé H2020 de la Commission européenne ; il s'agit des projets REPAS²³⁸ et NUSMOR²³⁹, dans lesquels l'IRSN s'impliquerait – avec des partenaires tels que l'ENEA²⁴⁰, KIT, GRS, etc.

238. *Reliability Evaluation of Passive Safety Systems.*

239. *NUgenia Small Modular Reactor with passive safety features.*

240. Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development.

