

Rapport d'évaluation du Groupe thématique de recherche « Fusion du coeur »

Président de la Commission d'évaluation :

Michel Giot

Directeur délégué à l'évaluation scientifique (vérificateur IRSN) :

François Bréchnac

Ce rapport est le résultat de l'évaluation de la commission d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de cette commission.

MEMBRES DE LA COMMISSION D'ÉVALUATION

Président : Michel GIOT, professeur émérite à l'Université catholique de Louvain, Bruxelles, membre du Comité de Visite de l'IRSN, membre du Conseil d'Administration du SCK•CEN, président de la Commission d'Évaluation, mandaté par le DDES

Experts : Michèle Auglaire, responsable du Département d'expertise en sûreté et modélisation, TRACTEBEL – Groupe ENGIE, Bruxelles

Dominique Gobin, directeur de recherche CNRS, UPR288, Laboratoire d'énergétique moléculaire et macroscopique, combustion (EM2C), CentraleSupélec, Gif-sur-Yvette

Rudy Konings, Joint Research Centre Karlsruhe and Nuclear Fuel Safety unit

Noredine Mesmous, directeur à la direction de l'évaluation et de l'analyse, de la division du fonctionnement des réacteurs, Commission canadienne de sûreté nucléaire (CNSC, Ottawa), Membre du Comité de Visite de l'IRSN

Pablo Rubiolo, professeur des universités à l'Institut polytechnique de Grenoble (Grenoble-INP), Université Grenoble Alpes et chercheur au CNRS, UMR5821 laboratoire de physique subatomique et de cosmologie (LSPC / IN2P3).

Représentant de l'établissement tutelle de l'unité :

François BRECHIGNAC, IRSN

Auteur : Michel Giot, Président de la Commission d'évaluation

Date : 3 mai 2019

Signature :



Vérificateur : François BRECHIGNAC, DDES

Date : 12 juin 2019

Signature :



Valideur : Michel QUINTARD, Président du Comité de Visite

Date : 3 Juin 2019

Signature :



SYNTHESE DES AVIS ET RECOMMANDATIONS

La fusion du cœur d'un réacteur nucléaire de puissance est un accident grave de nature complexe qui peut donner lieu notamment à des explosions d'hydrogène, des explosions de vapeur ou des ablations de béton occasionnant le rejet massif ou progressif de substances radioactives hors de l'enceinte de confinement. Dans le cadre de ses missions, l'IRSN se doit de maîtriser la connaissance des scénarios possibles de cet accident et des moyens d'en limiter les conséquences. Il doit donc disposer de connaissances scientifiques à l'état de l'art, objectif qui ne peut être atteint sans participer aux efforts nationaux et internationaux en la matière.

Dans le contexte de son organisation matricielle, l'IRSN a constitué une équipe de recherche, appelée Groupe Thématique de Recherche (GTR) « fusion de cœur » chargée de le mettre en capacité de répondre aux objectifs ci-dessus. Cette équipe, forte d'une vingtaine d'ETPT, doctorants compris, répartis dans deux services de l'Institut, s'est interrogée sur tous les aspects de son fonctionnement passé (2013 – 2018) et sur les perspectives offertes dans le cadre de l'axe-programme D1P9 du Plan à Moyen Terme (2019-2023). Ces réflexions ont abouti à la rédaction d'un rapport d'autoévaluation assorti d'un questionnaire sur quatre thèmes qui structurent son activité :

- Progression de la dégradation du cœur et dispositions visant au refroidissement des matériaux dégradés en cuve ;
- Interaction corium-eau dans le puits de cuve – formation de débris solides et gestion du risque d'explosion vapeur ;
- Erosion du radier en béton par le corium et dispositions visant à éviter son percement ;
- Développement et validation de logiciels de simulation numérique (ASTEC et MC3D) et de bases de données thermodynamiques (thème transverse).

Une évaluation des activités du GTR « fusion de cœur » a été conduite en décembre 2018 sous l'égide de l'instance d'évaluation externe de l'IRSN placée sous le pilotage du Directeur Délégué à l'Évaluation Scientifique, selon la procédure validée par le HCERES. Après vérification de l'indépendance des experts pressentis, la Commission spécialisée chargée de cette évaluation a été composée de Michèle Auglaire, Michel Giot, Membre du Comité de Visite, président de la Commission d'Évaluation, Dominique Gobin, Rudy Konings, Noredine Mesmous, Membre du Comité de Visite, et Pablo Rubiolo.

Une réunion de cadrage tenue à Fontenay-aux-Roses le 3 septembre 2018 a notamment permis de préciser le périmètre de l'évaluation, indiquer le questionnaire du GTR, et définir la liste des documents à soumettre à la Commission pour rendre son information complète et son travail efficace.

Les Membres de la Commission ayant pris connaissance des documents et élaboré individuellement sur cette base des réponses au questionnaire, des suggestions et des interrogations compilées dans une note interne, trois journées d'auditions et de débats se sont déroulées les 10, 11 et 12 décembre 2018 à Cadarache

et Aix-en-Provence. Elles se sont terminées par une restitution à chaud des conclusions de la Commission et de ses cinq recommandations majeures.

D'une manière générale, la Commission a beaucoup apprécié la compétence scientifique du GTR « fusion de cœur » attestée par des publications de qualité, le rôle de leader dans nombre de projets de recherche internationaux, les collaborations donnant accès à des données expérimentales très importantes pour la validation des codes, la capitalisation des connaissances dans ceux-ci, ainsi que les liens stimulants entre recherche et expertise.

La complexité des scénarios de fusion de cœur se manifeste dans des transferts de masse et d'énergie multiphasiques et multi-composants en milieux réactifs et explosifs aux géométries variables et nécessite entre autres la connaissance difficilement accessible des propriétés thermomécaniques de matériaux prototypiques. La modélisation de ces scénarios demande un effort continu de constitution de bases de données pour la validation et l'évaluation des incertitudes. Les logiciels ASTEC, MC3D et la base de données NUCLEA capitalisent les progrès réalisés.

La continuité des efforts scientifiques demande toutefois l'explicitation de la vision stratégique qui les soutient et la mise à jour régulière de la hiérarchisation des priorités de recherche. Elle ne peut se satisfaire ni des opportunités de financement ni d'une programmation trop rigide. Sur ce plan la Commission recommande au GTR « fusion de cœur » d'établir un document spécifique présentant une vision scientifique du programme de recherches, d'y synthétiser les phénoménologies associées à la progression de l'accident dans la cuve et hors de la cuve, ainsi que la refroidissabilité des débris combustibles, d'y décrire les niveaux et états des lieux des connaissances associées à chaque phénomène, et permettre ainsi la mise en perspective des efforts de recherche en cours et à venir. Il devrait aussi donner une vision claire de l'état de développement du code ASTEC. Enfin, ce document de référence devrait être mis à jour périodiquement.

La trajectoire ambitieuse du développement du code ASTEC+ proposée par le GTR a fait l'objet d'un débat avec la Commission. Celle-ci insiste sur la nécessité d'intégrer dans le développement du code la mise en place d'un processus assurance-qualité robuste et la poursuite des efforts de validation basés sur une approche scientifique solide. Elle s'interroge sur la disponibilité des ressources humaines nécessaires, et insiste sur l'importance de bien gérer les priorités face aux diverses demandes externes.

Un exemple d'application de la démarche basée sur une vision stratégique scientifique se présente à propos du projet PROGRES de renoyage d'un cœur dégradé. Dans ce cas, pour favoriser la possibilité d'extrapolation des résultats de l'expérience au cas réacteur, la Commission suggère d'établir la liste et l'importance relative des phénomènes intervenant dans le refroidissement du lit de débris et son oxydation, et de démontrer la faisabilité de l'expérience C4 et les possibilités de mise à l'échelle.

Enfin, la Commission reconnaît la pertinence du projet ROSAU de refroidissabilité du corium hors cuve, mais s'interroge sur la pertinence et le nombre des essais qui seront consacrés à l'explosion de vapeur en cas de configuration stratifiée du corium dans le puits de cuve.