

SOFIA : une collaboration fructueuse entre l'IRSN et Framatome

L'IRSN et Framatome, qui possédaient chacun un simulateur depuis le début des années 1990, ont fait le choix de collaborer pour rénover leurs simulateurs respectifs devenus obsolètes aussi bien sur le plan matériel que logiciel. L'IRSN et Framatome ont ainsi signé en 2005 un accord de collaboration pour le développement conjoint de deux simulateurs d'étude identiques. L'IRSN s'est ainsi doté, avec un coût financier et humain maîtrisé, d'un simulateur d'étude convivial et pérenne, bénéficiant de modélisations physiques au sommet de l'état de l'art. La réalisation de cette rénovation initiale a été confiée à la société canadienne L3Harris MAPPs Inc.

Depuis 2012, la poursuite de cette collaboration a permis d'intégrer régulièrement les dernières modifications matérielles introduites sur les réacteurs et de disposer ainsi d'un simulateur représentatif de l'état réel du parc nucléaire français.

DERNIÈRES ÉVOLUTIONS DU SIMULATEUR SOFIA

2018 - 2020	Rénovation du simulateur de l'EPR à l'état V6/EAC 17.
2020 - 2021	Intégration du Lot A des modifications de la VD4 900 ainsi que des modifications post-Fukushima.
2022	Intégration des modifications relatives à la VD2 N4 ainsi que des modifications partielles post-Fukushima.
2023 - 2024	Intégration du lot B des modifications VD3 1300 ainsi que des modifications post-Fukushima.



L'IRSN : un expert public national en matière de risques nucléaires et radiologiques

L'IRSN, établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) – dont les missions sont désormais définies par la Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (TECV) – est l'expert public national des risques nucléaires et radiologiques. L'IRSN concourt aux politiques publiques en matière de sûreté nucléaire et de protection de la santé et de l'environnement au regard des rayonnements ionisants. Organisme de recherche et d'expertise, il agit en concertation avec tous les acteurs concernés par ces politiques, tout en veillant à son indépendance de jugement.

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire est placé sous la tutelle conjointe du ministre de la Transition écologique, du ministre des Armées, et des ministres chargés de la Transition énergétique, de la Recherche et de la Santé.

L'IRSN : notre ambition

EXCELLENCE

- ▶ Orienter et conduire la recherche sur le risque nucléaire et radiologique dans un contexte international
- ▶ Prioriser l'expertise pour une meilleure décision
- ▶ Maintenir les compétences de haut niveau en matière de recherche, d'expertise et de gestion de crise
- ▶ Gérer la connaissance et exploiter les données dans un univers numérique

ANTICIPATION

- ▶ Identifier de manière proactive les nouveaux enjeux et y répondre
- ▶ Élargir les capacités d'action pour couvrir les crises de toute nature
- ▶ Favoriser l'esprit d'innovation et la créativité
- ▶ Mobiliser les équipes sur les sujets émergents

INDÉPENDANCE

- ▶ Garantir dans la durée une expertise impartiale dédiée à la gestion globale du risque
- ▶ Être un acteur de confiance reconnu
- ▶ Maintenir la capacité d'alerte de l'Institut
- ▶ Favoriser le débat interne

PARTAGE

- ▶ Développer le partenariat avec la société civile, au service de l'intérêt général
- ▶ Partager les priorités avec les autorités au bénéfice de l'efficacité de l'action publique
- ▶ Renforcer la coopération européenne pour la recherche, l'expertise et le retour d'expérience
- ▶ Développer les synergies au sein de l'Institut

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

31, avenue de la Division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
RCS Nanterre b 440 546 018
COURRIER
B.P.17 - 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

TÉLÉPHONE
+33 (0)1 58 35 88 88
SITE INTERNET
www.irsn.fr

E-MAIL
contact@irsn.fr
TWITTER
@IRSNFrance


**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

SOFIA Simulateur d'études des réacteurs à eau sous pression



Création : Agence Gimmik - Crédit photos : IRSN

MEMBRE DE
ETSON

SOFIA : un simulateur pour anticiper et améliorer la sûreté des réacteurs à eau sous pression

Parmi les moyens de l'IRSN disponibles pour sa mission d'évaluation de la sûreté des réacteurs électronucléaires de puissance du parc français, SOFIA (Simulateur d'Observation du Fonctionnement Incidentel et Accidentel) permet à l'Institut de réaliser des études dans le cadre de ses missions

d'expertise sur les réacteurs à eau sous pression.

Avec SOFIA, l'IRSN dispose ainsi d'une plate-forme de modélisation représentative du fonctionnement des réacteurs de 900, 1300, 1450 MWe et de l'EPR de Flamanville.

SOFIA permet de simuler une gamme étendue de situations de fonctionnement, des états d'arrêt aux états en puissance. Afin de disposer en permanence de configurations conformes à l'état réel des installations, son architecture informatique moderne et modulaire lui permet d'intégrer les modifications introduites sur les réacteurs du parc nucléaire français.

Un simulateur d'étude est un système informatique permettant le calcul et le suivi en temps réel de l'évolution des paramètres physiques d'un réacteur nucléaire. Il permet de simuler les défaillances de matériel et les actions des opérateurs, d'arrêter le calcul pour examiner l'état de l'installation à un instant donné et de revenir en arrière, afin de modifier le scénario. Toutes ces actions se font à partir d'une interface homme-machine conviviale matérialisée notamment par plusieurs écrans d'ordinateur.

SOFIA : une utilisation performante pour l'évaluation de sûreté, la formation et les exercices de crise

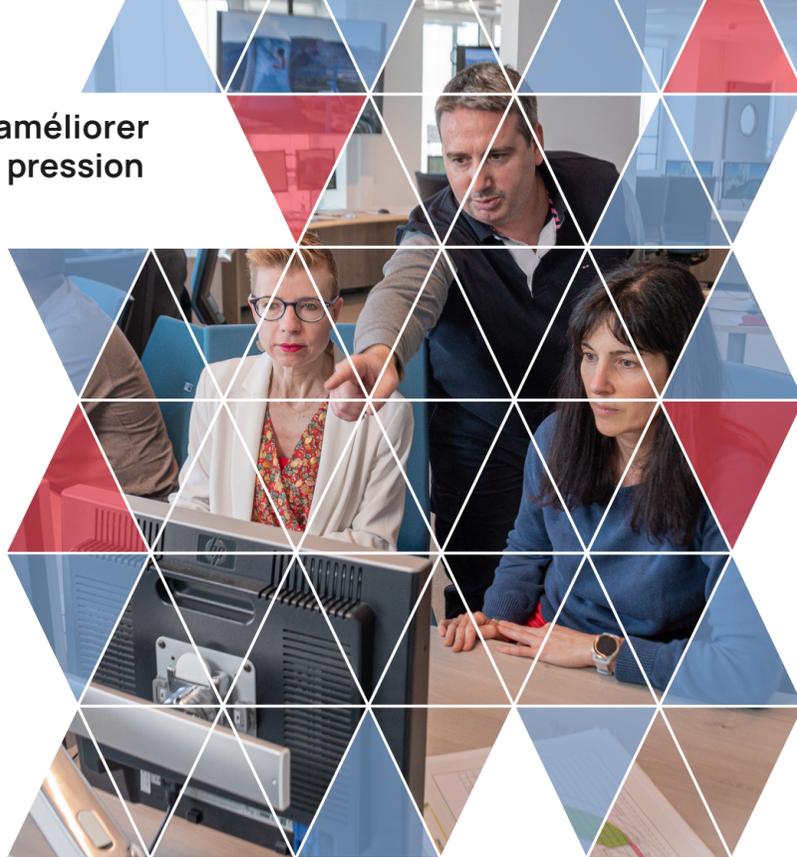
LES ÉTUDES EN SUPPORT À L'ÉVALUATION DE SÛRETÉ

Les études réalisées viennent en support à l'évaluation de sûreté. SOFIA permet notamment :

- ▶ La simulation de séquences d'accidents de dimensionnement (APRP, RTGV, ...)
- ▶ L'évaluation des règles de conduite accidentelles et incidentelles
- ▶ L'analyse de l'impact de modifications intellectuelles ou matérielles sur la sûreté (Grands chauds, modifications Noyau Dur post-Fukushima, ...)
- ▶ La réalisation de séquences de défaillances pour appuyer les études probabilistes de sûreté
- ▶ La reproduction d'incidents réels produits sur le parc dans le cadre de l'analyse du retour d'expérience d'exploitation.



En 2013, le simulateur SOFIA a été utilisé pour évaluer la suffisance des modifications post-Fukushima à la suite des évaluations complémentaires de sûreté. Cette analyse a permis d'appuyer l'avis de l'IRSN concernant le dimensionnement des équipements du Noyau Dur post-Fukushima et d'évaluer la stratégie de conduite à appliquer dans ces situations.



LA FORMATION

Le simulateur est l'outil de formation privilégié des ingénieurs de l'IRSN et de ses clients au fonctionnement normal, incidentel et accidentel des réacteurs à eau sous pression. Pédagogique, SOFIA illustre parfaitement l'enseignement du fonctionnement des systèmes et des circuits, ainsi que des notions de sûreté, d'analyse physique et de conduite relatives aux accidents. Plus de 800 stagiaires ont été formés sur le simulateur SOFIA depuis 2010 (au rythme de 8 à 10 sessions de 4 à 5 jours chacune, composées de 4 modules différents dont un disponible en anglais).

L'APPUI À LA GESTION DE CRISES NUCLÉAIRES

Le simulateur SOFIA est un outil avancé de simulation des situations incidentelles et accidentelles, il contribue à l'appui de la mission de gestion de crise de l'IRSN. Il permet notamment de valider les outils de diagnostic et de pronostic utilisés en situation réelle par les équipiers de crise de l'IRSN. Il aide à concevoir des scénarios d'exercices nationaux de crise. C'est aussi un moyen pour analyser une situation incidentelle ou accidentelle réelle et un support pédagogique pour sa compréhension.

Un outil moderne d'étude et de formation :

- ▶ pour étudier le comportement d'un réacteur nucléaire en fonctionnement normal ou lors d'accidents ;
- ▶ pour former le personnel de l'IRSN et ses clients au fonctionnement d'un REP, en situation normale, incidentelle ou accidentelle ;
- ▶ pour contribuer à la mission de l'IRSN de la gestion de crises nucléaires.

Une interface conviviale

Une interface conviviale permet à l'utilisateur d'intervenir directement sur le déroulement de la simulation pour générer des défaillances ou des actions de l'opérateur. Elle permet également de connaître en temps réel les valeurs mesurées par les capteurs et l'état des systèmes.

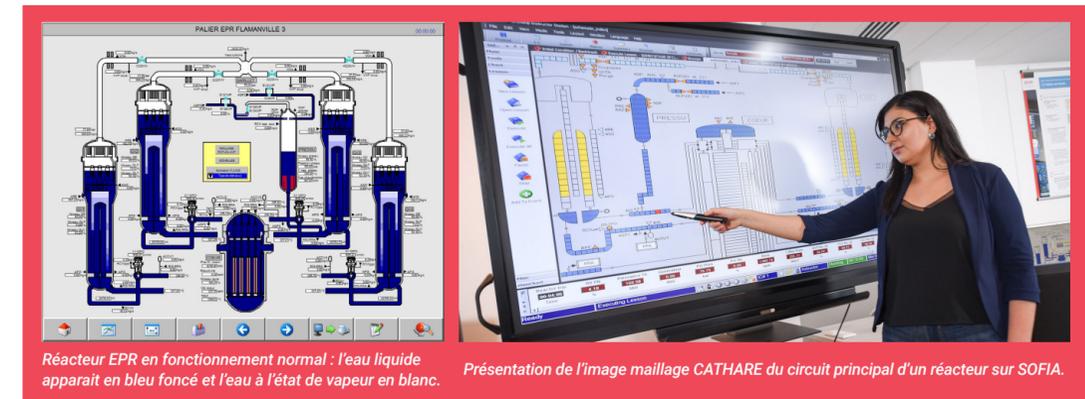
Les circuits d'un réacteur à eau sous pression avec leurs différents organes (tuyauteries, générateurs de vapeur, cuve, pompes, vannes...) sont représentés schématiquement.



Une équipe d'experts

Une équipe d'experts de l'IRSN qui allie des compétences sur le fonctionnement, la physique et la sûreté des réacteurs, la simulation et la formation, est dédiée au développement et à l'exploitation du simulateur SOFIA.

Une visualisation réaliste des phénomènes



Réacteur EPR en fonctionnement normal : l'eau liquide apparaît en bleu foncé et l'eau à l'état de vapeur en blanc.

Présentation de l'image maillage CATHARE du circuit principal d'un réacteur sur SOFIA.

Sur SOFIA, les circuits d'un réacteur à eau sous pression avec leurs différents organes sont représentés de manière réaliste. Le comportement thermohydraulique et les phénomènes physiques sont illustrés en temps réel par des images animées. Ils présentent l'évolution locale des écoulements en phases liquide et/ou vapeur. L'évolution des paramètres physiques est calculée en temps réel. Les écoulements sont ainsi illustrés par des nuances de bleu en fonction de la proportion d'eau liquide et de vapeur dans le fluide.

SOFIA propose une image des objets du code CATHARE utilisés pour la modélisation des circuits primaire et secondaire, avec un affichage de la valeur des paramètres thermohydrauliques calculés dans chacun de ces objets. Pendant la simulation, l'utilisateur peut à tout moment connaître l'état thermohydraulique d'une partie du circuit en positionnant le pointeur sur l'objet correspondant (maille, piquage, jonction, ...).

Un domaine de simulation très étendu

SOFIA représente le fonctionnement d'un réacteur à eau sous pression depuis l'état d'arrêt pour intervention jusqu'au fonctionnement à pleine puissance. Le domaine de simulation pour les transitoires accidentels permet la modélisation du comportement physique du réacteur jusqu'au début de la dégradation du combustible. SOFIA utilise le code de calcul français CATHARE, dont les modèles de thermohydraulique font référence pour les industriels français et étrangers du nucléaire. Il garantit à l'IRSN des modélisations physiques au sommet de l'état de l'art.

Le simulateur intègre également une description conforme à l'installation :

- ▶ des circuits fluides connectés aux circuits primaire et secondaire ;
- ▶ des systèmes de contrôle-commande, de protection et de sauvegarde, d'une partie de la distribution électrique ;
- ▶ de l'enceinte de confinement ;
- ▶ du comportement neutronique du cœur.



Grâce à cet outil adaptable, l'IRSN est en mesure de maintenir son simulateur à jour avec l'état réel des centrales nucléaires du parc français et d'étendre le domaine de simulation pour faire progresser le niveau de modélisation. Ceci lui permet de s'adapter à la diversité des besoins d'étude.



Le simulateur SOFIA bénéficie de modélisations physiques au sommet de l'état de l'art, représentatives du fonctionnement de l'ensemble des réacteurs nucléaires du parc français.