

L'incendie est l'une des sources d'accident redoutées dans les installations nucléaires.

L'IRSN et les feux électriques

Des recherches de grande intensité !

CONTEXTE

De l'ordre de 200 départs de feu caractérisés par des flammes ou seulement un dégagement de fumée se sont produits dans les centrales nucléaires françaises entre 2018 et 2020. À l'origine d'environ la moitié d'entre eux, un court-

circuit, une surchauffe de câble ou un arc électrique. Une part significative de ces départs de feu s'est produite dans des armoires et tableaux électriques. Les rares qui se sont développés ont pu être maîtrisés.

Cahier partenaire
réalisé avec



www.irsn.fr

L'IRSN mène des essais sur sa plateforme de recherche expérimentale à Cadarache (région Paca) pour caractériser avec précision les feux électriques et leur propagation dans des configurations représentatives des locaux d'installations nucléaires.

Objectif : évaluer les conséquences de ce type d'incendie et valider des outils de simulation pour améliorer les analyses de sûreté des installations nucléaires.

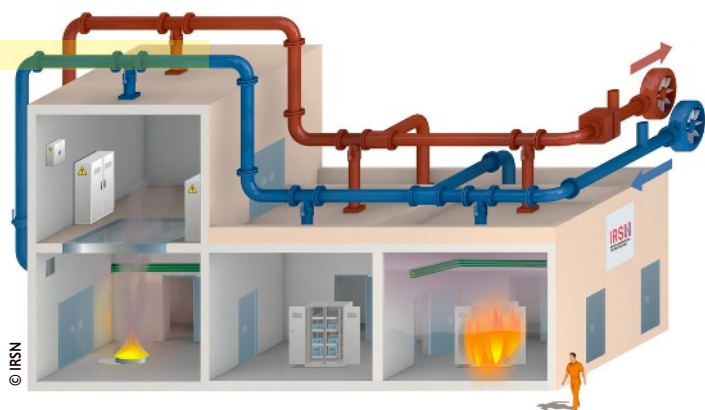
Cadarache, 28 juin 2019, 9 heures, en salle de commande de l'installation Diva. Pascal Zavaleta, ingénieur-chercheur au laboratoire d'expérimentation des feux de l'IRSN donne les dernières consignes aux sept membres de son équipe, tous en tenue anti-feu. Depuis trois mois déjà, ils ont reçu les armoires électriques câblées selon leur cahier des charges. Elles sont en place, tout comme les chemins de câbles qui les surmontent et les équipements de mesure destinés au suivi de l'essai. La veille, une fois encore, ils ont vérifié l'instrumentation, les réglages de la ventilation, l'étanchéité des locaux et testé la rampe à gaz qui servira de système de mise à feu de l'armoire. Plus de 600 capteurs ont été étalonnés un à un : des thermocouples pour mesurer la température, des fluxmètres pour les flux de chaleur, des sondes de vitesse pour les écoulements, des analyseurs pour les concentrations de gaz et de suies, des capteurs de pression, des caméras vidéo...

10 heures. Tout est prêt. L'équipe pilote à distance la ventilation puis déclenche la mise à feu dans l'armoire électrique. Les yeux rivés sur les écrans, elle suit attentivement les premières augmentations de température ou de pression, prête à lancer un prélèvement de suie. Dans l'armoire, les premiers composants s'embrasent. Le feu se développe verticalement. Les câbles situés au-dessus de l'armoire s'enflamment à leur tour et l'incendie se propage, lentement.

Deux à trois heures plus tard, tout a quasiment brûlé dans l'armoire, et le feu sur les chemins de câbles s'est éteint. Le lendemain matin, l'équipe pénètre dans les locaux, observe tout minutieusement, prend des photos. Puis armoires et câbles sont évacués et remplacés pour l'essai suivant, alors que le dispositif instrumental, lui, reste en place. Quatre expérimentations sont prévues lors de cette campagne, l'ensemble des données recueillies nécessitera trois à quatre mois d'analyse par Pascal Zavaleta. ➤

- Tous ces essais ont lieu sur la plateforme Galaxie, dédiée à l'étude du risque incendie. On y étudie des foyers en milieu ouvert pour évaluer la puissance maximale du feu mais aussi l'impact de locaux confinés et ventilés, typiques de ceux des installations nucléaires. *« De quoi caractériser un large éventail de conditions, ajoute Pascal Zavaleta. Grâce à ces moyens uniques en leur genre, nous pilotons plusieurs programmes de recherche internationaux comportant de nombreux essais en matière d'incendies, notamment en collaboration avec des entreprises du secteur nucléaire. »* Depuis 2000, l'IRSN a mené une cinquantaine d'essais pour reproduire des feux d'origine électrique, et encore d'avantage pour étudier des feux d'hydrocarbures ou d'autres matériaux combustibles.

LA DIVA DES FEUX



L'installation Diva.

Dans la plateforme d'essais Galaxie, Diva est l'installation réservée à la caractérisation de la propagation des feux et de leurs conséquences dans des locaux industriels confinés et ventilés mécaniquement. Elle possède quatre pièces et un couloir de 15 mètres de long qui permet d'étudier la propagation du feu sur de longues distances. Diva comporte environ 800 capteurs répartis dans un volume total de 650 m³. Ses murs en béton armé supportent les surpressions liées à l'incendie et à d'éventuelles inflammations brutales de mélanges de gaz imbrûlés et d'air (voir l'encadré ci-contre).

Pourquoi de tels moyens expérimentaux ? Parce que les installations nucléaires, comme la plupart des sites industriels, possèdent de nombreux équipements électriques comme des armoires de contrôle-commande pour piloter, via des centaines de kilomètres de câbles, le fonctionnement de pompes, de ventilateurs, de moteurs, etc. Et nul n'est à l'abri d'un court-circuit en cas de défaut d'isolation, d'échauffement d'un conducteur électrique à cause d'une mauvaise connexion ou d'amorçage d'un arc électrique. Parfois, il se produit un départ de feu caractérisé seulement par un dégagement de fumée, ou aussi par des flammes ; et celles-ci risquent de se propager car il y a beaucoup de combustible dans les gaines de câbles et les composants en plastique présents dans les armoires et tableaux électriques.

D'IMPORTANTES TRAVAUX DE RECHERCHE

Les locaux des installations nucléaires présentant un risque significatif de départ de feu font l'objet de dispositions particulières notamment en matière d'intervention (détecteurs d'incendie et systèmes d'extinction) et de limitation de la propagation (sectorisation des locaux, protections coupe-feu). Ainsi, peu d'incendies s'y déclenchent et se propagent. Leurs impacts sur la sûreté

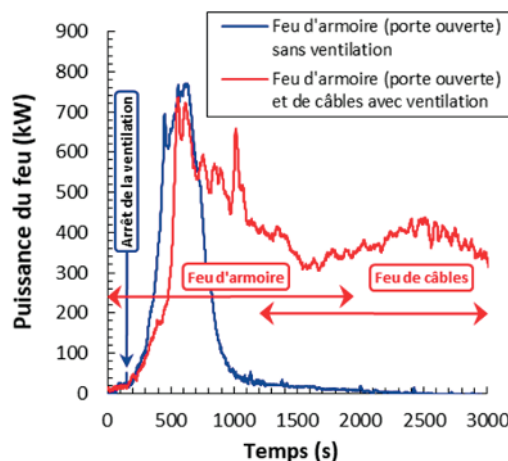
des installations nucléaires sont néanmoins redoutés. C'est pourquoi d'importants travaux de recherche sont réalisés pour mieux comprendre le développement de tels incendies et leurs conséquences. L'accident qui fait date en la matière est celui de Browns Ferry, aux États-Unis, en 1975, où plus de 1 600 câbles électriques avaient été endommagés du fait d'une erreur humaine lors de travaux de maintenance. Le feu s'était propagé par ces câbles jusqu'au bâtiment du réacteur, provoquant la perte du contrôle de certains équipements importants pour la sûreté.

Des incendies ont eu lieu dans le parc nucléaire français, avec des conséquences plus ou moins significatives. En voici quelques exemples : en 1999, à la centrale du Bugey, dans l'Ain, un incendie s'est déclaré à cause d'un défaut électrique dans un tableau de la station de pompage ; en 2012, à la centrale de Penly en Seine-Maritime, c'est une fuite d'huile dans un groupe motopompe primaire qui était en cause ; en 2021 à la centrale de Paluel (Seine-Maritime), un transformateur s'est enflammé en raison d'un défaut électrique. Parmi ces trois incendies significatifs, tous maîtrisés, deux sont d'origine électrique.

RETARDER L'INFLAMMATION DES CÂBLES ÉLECTRIQUES

Du fait de l'accident de Browns Ferry, les fabricants de câbles et les industriels, notamment du secteur nucléaire, ont réalisé d'importants efforts pour réduire les risques d'incendies liés aux câbles électriques. Ils ont développé des câbles avec des gaines incorporant des retardateurs de flamme, par exemple à base d'hydroxyde d'aluminium. *« La décomposition thermique de ce matériau retarde l'inflammation pour plusieurs raisons, détaille Pascal Zavaleta : étant endothermique, elle refroidit les matériaux combustibles des gaines des câbles ; elle produit également de la vapeur d'eau, ce qui dilue les gaz de pyrolyse (voir encadré). De plus, l'oxyde d'aluminium résultant de cette décomposition, forme une croûte protectrice sur la surface de la gaine, ce qui limite sa combustion. »*

IMPACT DU PILOTAGE DE LA VENTILATION DES LOCAUX SUR LA PUISSANCE DU FEU



Si l'arrêt de la ventilation (courbe bleue), 2 min 30 s après le début du feu, n'a pas permis d'éviter l'embrasement total de l'armoire porte ouverte (l'oxygène étant alors disponible en quantité), il a réduit la durée de sa combustion et empêché la propagation du feu vers les chemins de câbles situés au-dessus, contrairement à ce qui s'est produit lors de l'essai pour lequel la ventilation a été maintenue (courbe rouge).