

## Avis de Soutenance

Madame Gabriela SENRA PESSANHA RIOS NOBREGA

Energétique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Etude de l'empoisonnement des recombineurs auto-catalytiques passifs*

dirigés par Nabiha CHAUMEIX

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU

Unité de recherche : ICARE - Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité, Environnement

Soutenance prévue le **mardi 25 octobre 2022** à 10h00

Lieu : ICARE Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité et Environnement UPR3021 du CNRS-INSIS 1C, avenue de la recherche scientifique CS 50060 45071 Orléans Cedex 2, France

Salle : de conférences

URL salle virtuelle :

### Composition du jury proposé

Mme Nabiha CHAUMEIX	Université d'Orléans	Directrice de thèse
M. Gonzalo JIMENEZ	Universidad Politécnica de Madrid, UPM	Rapporteur
M. Luis Fernando FIGUEIRA DA SILVA	Institut Pprime UPR 3346 CNRS	Rapporteur
M. Ahmed BENTAIB	Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire	Co-directeur de thèse
M. Ernst-Arndt REINECKE	Forschungszentrum Juelich GmbH	Co-encadrant de thèse
Mme Pascale DOMINGO	CNRS UMR 6614 - CORIA Université de Rouen	Examinatrice
Mme Frédérique BATIN-LECLERC	CNRS	Examinatrice
M. Ludovic MAAS	Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire	Invité

**Mots-clés :** Hydrogène, Sécurité Explosion, Recombination, Modélisation, Empoisonnement, Cinétique,

### Résumé :

L'enceinte de confinement d'un réacteur nucléaire constitue, en cas d'accident, la dernière barrière au relâchement de produits radioactifs dans l'environnement. En cas d'accident de fusion du cœur, les gaz inflammables (hydrogène et monoxyde de carbone), issus de l'oxydation du cœur et de l'interaction du cœur fondu et le béton, peuvent atteindre des concentrations élevées pouvant provoquer des explosions susceptibles de menacer l'intégrité de l'enceinte de confinement ainsi que les équipements nécessaires pour la gestion de l'accident. Afin d'atténuer le risque lié à l'hydrogène, des recombineurs autocatalytiques passifs ont été installés dans de nombreuses centrales nucléaires, notamment en France et en Allemagne. Les recombineurs sont des dispositifs passifs qui visent à recombiner l'hydrogène et le monoxyde de carbone par une réaction catalytique exothermique. En fonctionnement normal et en cas de scénario accidentel, ces dispositifs peuvent être exposés à divers composés volatils, gaz et aérosols présents dans l'atmosphère de l'enceinte de confinement. Certains de ces produits peuvent provoquer une désactivation partielle ou totale du catalyseur induisant alors un retard dans le démarrage de la recombinaison et une réduction de l'efficacité du recombineur. Cette thèse a pour objectif de caractériser les conditions de désactivation du catalyseur dans les recombineurs par différents produits dont les gaz, les particules et les huiles. Elle vise également à améliorer les modèles mis en œuvre dans les outils numériques utilisés pour l'analyse de sécurité. Pour mieux comprendre le comportement des RAP installés dans les centrales nucléaires et les mécanismes d'empoisonnement, des expériences ont été réalisées dans les installations REKO de l'Institut de recherche sur l'énergie et le climat (IEK-6) du Forschungszentrum Juelich, en Allemagne. Les campagnes expérimentales ont été dédiées aux trois produits d'empoisonnement potentiels suivants : le monoxyde de carbone, les produits de combustion des incendies de câbles et l'huile utilisée dans les pompes primaires des centrales nucléaires. Les essais d'empoisonnement au monoxyde de carbone ont été réalisés à l'aide du code SPARK (Simulation for Passive Autocatalytic Recombiners' risk), un code CFD dédié aux simulations numériques de recombineurs catalytiques développé à l'IRSN. L'impact du monoxyde de carbone a été étudié dans les installations REKO-1 et REKO-3 avec des mélanges H<sub>2</sub>/CO/air, et deux types de catalyseurs à base de platine et de palladium. Les résultats des expériences montrent que les conditions d'empoisonnement dépendent de la fraction molaire de monoxyde de carbone, de la fraction molaire d'oxygène et de la température du catalyseur. Ils montrent également que le risque de désactivation est plus élevé pour les catalyseurs à base de platine. Les résultats indiquent aussi que la température du catalyseur est indépendante de la température initiale du gaz. En revanche, la température initiale du gaz semble influencer la température d'empoisonnement pour les catalyseurs au palladium. Les produits des feux de câbles peuvent également induire une désactivation du catalyseur, entraînant un retard de démarrage. Afin de mieux comprendre comment ces produits affectent le démarrage de la réaction de recombinaison, des expériences ont été réalisées sur la plateforme REKO-fire pour différents régimes de combustion, et deux types de catalyseurs (platine et palladium). La campagne expérimentale a permis de conclure que la présence de monoxyde de carbone et le dépôt de particules dû à la pyrolyse des câbles sont les deux principaux mécanismes d'empoisonnement. Les essais réalisés dans l'installation REKO-4 avec des plaques catalytiques en platine, recouvertes partiellement ou totalement d'huile, montrent que la présence d'un film d'huile bloque les sites actifs du catalyseur, mais que la capacité de recombinaison peut être restaurée par évaporation de l'huile si une réaction de recombinaison est amorcée par une plaque voisine non recouverte d'huile. Les simulations réalisées avec SPARK montrent que le code est capable de prédire la désactivation par le monoxyde de carbone en bon accord avec les résultats expérimentaux. Ces expériences fournissent des données pour l'amélioration des codes numériques dans le cadre du projet AMHYCO.