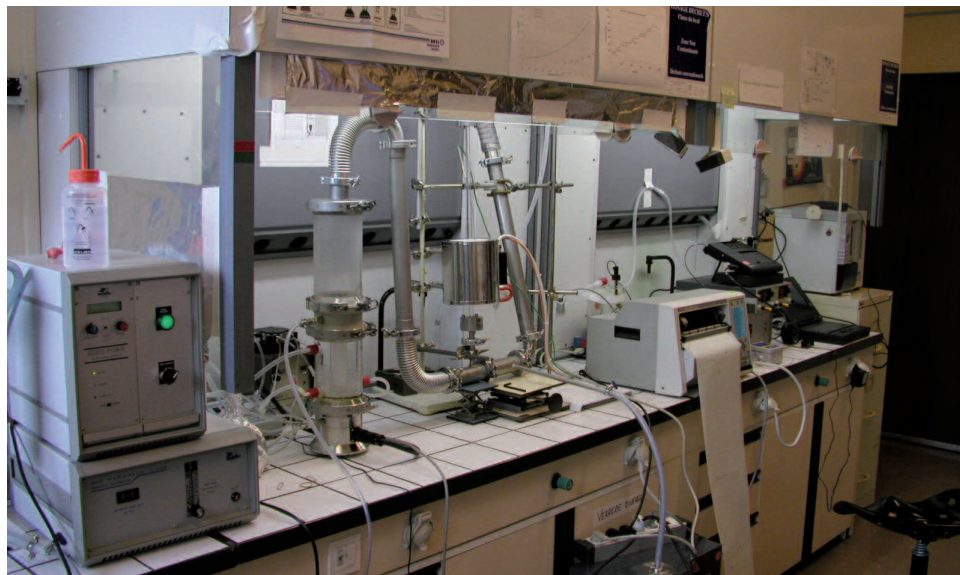


## 5.6

## Expériences RECI Chimie de l'iode dans les recombineurs catalytiques d'hydrogène

Jean-Christophe SABROUX,  
Florence DESCHAMPS

Service d'études  
et de recherches  
en aérodispersion  
des polluants  
et en confinement



■ En cas d'accident grave survenant dans un réacteur à eau sous pression, des vapeurs et des particules liquides et solides, composées des produits de fission et de matériaux de structure du réacteur, sont engendrées au cours du processus de dégradation du cœur, puis transférées par la brèche du circuit primaire vers l'enceinte de confinement. Ces particules en suspension dans l'atmosphère de l'enceinte seraient alors susceptibles de se vaporiser et de réagir chimiquement en traversant les recombineurs d'hydrogène portés à haute température par la réaction exothermique  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ . Dans le cas des iodures métalliques (essentiellement CsI, AgI, InI et CdI<sub>2</sub>), cette réaction engendrerait alors des formes d'iode volatiles (I + I<sub>2</sub>, HOI et HI), ainsi que des aérosols ultrafins. Les formes volatiles et insolubles de l'iode sont plus contraignantes en termes de sûreté que ses formes solides, car le piégeage des gaz est moins efficace que la filtration des particules d'aérosol. De plus, l'iode moléculaire I<sub>2</sub> est le précurseur de l'iode de méthyle ICH<sub>3</sub>, dont la présence dans l'enceinte de confinement pose un problème de sûreté additionnel.

■ L'objectif général du programme RECI-Recombineur et iode – mené par l'IRSN sur un banc d'essais analytiques implanté sur le site de Saclay était de quantifier

expérimentalement le taux de conversion des iodures métalliques en iode en fonction de la température et du temps de séjour à l'intérieur d'un réacteur chimique chauffé électriquement et conçu pour simuler un recombineur catalytique.

■ Les taux de conversion mesurés dans le banc RECI à partir d'un aérosol de CsI puis de CdI<sub>2</sub> présentent des valeurs élevées, qui traduisent l'instabilité thermique de ces iodures en conditions oxydantes et en présence de vapeur d'eau. Ce domaine thermochimique, contrairement à celui du circuit primaire en l'absence d'entrée d'air, n'avait pas été étudié jusqu'à présent. Ces résultats expérimentaux, obtenus en chauffant des particules d'iodure de césium ou de cadmium sur une large plage de variation des paramètres influents comme la température et le temps de séjour, mais aussi la granulométrie de l'aérosol, sont très vraisemblablement extrapolables aux iodures d'argent et d'indium.

■ L'IRSN poursuit actuellement des travaux dans ce domaine, sur la base de calculs du terme-source iode<sup>(1)</sup> prenant en compte le fonctionnement des recombineurs d'hydrogène (calculs réalisés à l'aide du code IODE dans ASTEC), et en dimensionnant un banc d'essais de type global, plus représentatif que le banc RECI du fonctionnement réel d'un recombineur.

(1) Quantité maximale d'iode radioactif susceptible de s'échapper du bâtiment réacteur en cas d'accident grave.

## 5.7

Didier JACQUEMAIN  
Laboratoire d'essais analytiques

## Programme TERME SOURCE

■ L'IRSN lance, en partenariat avec EDF, le CEA et la Commission européenne un nouveau programme de recherche appelé TERME SOURCE qui se déroulera sur la période 2005-2010. L'objectif de ce programme, ouvert à l'international, est d'améliorer l'évaluation des rejets dans l'environnement de produits radioactifs comme l'iode et le ruthénium en cas d'accident de fusion du cœur d'un réacteur à eau, afin d'être en mesure de mieux apprécier les moyens mis en œuvre pour en minimiser les conséquences.

■ Le premier volet de ce programme concerne l'étude de la chimie de l'iode dans le circuit primaire et dans l'enceinte de confinement d'un réacteur en situation accidentelle afin de mieux quantifier les rejets potentiels d'iode sous différentes formes.

■ Le deuxième volet est dédié à l'étude de la dégradation des barres de commande en carbure de bore B<sub>4</sub>C, équipant certains réacteurs européens (y compris fran-

çais), et de son impact sur le déroulement d'un accident grave et sur la volatilité de certains produits radioactifs, en particulier l'iode, dans l'enceinte de confinement.

■ Le troisième volet s'intéresse aux conséquences d'une dégradation des crayons de combustible susceptible de survenir au contact de l'air (en particulier au relâchement du ruthénium) en cas d'accident entraînant la percée de la cuve du réacteur ou le dénoyage d'une piscine d'entreposage de combustibles irradiés, la principale de ces conséquences étant le relâchement du ruthénium.

■ Le dernier volet consiste en l'étude du relâchement de produits de fission depuis le combustible à haute température en situation d'accident grave. Des micro-analyses des combustibles irradiés ayant subi des transitions thermiques aideront à l'interprétation des essais déjà disponibles. Des essais sur des combustibles MOX et UO<sub>2</sub> très irradiés auront également lieu.

## 5.8

Séverine GUILBERT  
Laboratoire d'essais analytiques

## EPICUR Une nouvelle installation pour l'étude de la volatilité des radionucléides dans l'enceinte de confinement en situation d'accident grave

■ L'IRSN a inauguré le 20 mai 2005 l'installation EPICUR. Cette installation est destinée à améliorer la connaissance du comportement de produits radioactifs volatils comme l'iode et le ruthénium dans l'enceinte de confinement d'un réacteur en cas d'accident ayant entraîné la fusion du cœur. L'installation comprend un irradiateur contenant 925 TBq de <sup>60</sup>Co et délivrant un débit de dose de 10 kGy.h<sup>-1</sup>. L'enceinte de confinement du réacteur est représentée à très petite échelle par un réservoir d'irradiation de 5 litres contenant un volume d'eau et un volume d'air simulant respectivement le puisard et l'atmosphère de l'enceinte de confinement d'un bâtiment réacteur.

■ Quarante essais sont programmés entre 2005 et 2008. Les essais en cours, réalisés en partenariat avec EDF, le CEA et la Commission européenne dans le cadre

du programme TERME SOURCE, ont pour objectif d'améliorer l'évaluation des rejets d'iode dans l'environnement en cas d'accident afin d'être en mesure de mieux apprécier les moyens mis en œuvre pour en minimiser les conséquences.

■ Le premier essai, réalisé le 12 mai 2005, a consisté en l'irradiation d'une solution aqueuse d'iodure stable de pH 5,0 et d'une température de 120 °C tracée par 37 MBq d'iode 131. L'objectif était de quantifier le dégagement d'iode gazeux obtenu sous l'effet du rayonnement. Cet essai a permis de qualifier le dispositif et l'instrumentation qui lui était associée, et a déjà fourni des données utiles pour valider des modèles de radiolyse de l'iode dans le puisard. Ceci permet de prédire les niveaux de concentration en iode gazeux dans l'enceinte de confinement en cas d'accident.

## 5.9

Jean-Claude MICAELLI  
Direction de la prévention  
des accidents majeurs

## SARNET Un réseau européen d'excellence sur les accidents graves

■ Coordonné par l'IRSN, SARNET (*Severe Accident Research NETWORK of Excellence*, [www.sar-net.org](http://www.sar-net.org)) rassemble 200 chercheurs et 49 organismes européens impliqués dans la recherche sur la sûreté des réacteurs nucléaires : organismes de support technique aux autorités de sûreté, universités, industriels, dans 18 pays européens. Les missions de ce réseau sont d'accroître et de transmettre les connaissances scientifiques relatives aux accidents graves des réacteurs à eau, les accidents avec fusion du cœur.

■ Les 14, 15 et 16 novembre 2005, le réseau organise à Aix-en-Provence son premier séminaire international ERMSAR (*European Review Meeting on Severe Accident Research*) pour présenter l'essentiel des progrès réalisés dans les 18 mois qui ont suivi sa création. Du 9 au 13 janvier 2006, SARNET organisera un cours destiné aux jeunes chercheurs sur la phénoménologie des accidents graves et les évaluations probabilistes de sûreté relatives à ce type d'accident. Il servira de base à la rédaction d'un livre destiné aux étudiants et jeunes chercheurs.

## 5.10

Delphine PLASSART  
Bureau de physique  
des accidents graves

## Coopération IRSN/FzK sur l'échauffement direct de l'enceinte



Expérience sur l'installation DISCO-C.

■ Le phénomène d'échauffement direct de l'enceinte de confinement d'un réacteur à eau sous pression est envisagé dans les scénarios d'accident grave avec rupture du fond de cuve : le corium et les gaz chauds présents dans la cuve sous pression sont alors éjectés dans l'enceinte, conduisant à l'échauffement de son atmosphère et à sa mise en pression.

■ Un accord particulier de coopération a été établi entre l'IRSN et FzK (Forschungszentrum Karlsruhe) afin de mieux évaluer les conséquences de ce phénomène sur la tenue de l'enceinte. FzK dispose en effet

de deux installations expérimentales complémentaires à l'échelle 1/16<sup>e</sup>, DISCO-C et DISCO-H, qui ont été adaptées à la géométrie des réacteurs français. La première est dédiée à l'étude des aspects dynamiques de la dispersion et la seconde permet d'étudier, en plus de la dispersion, la mise en pression de l'enceinte.

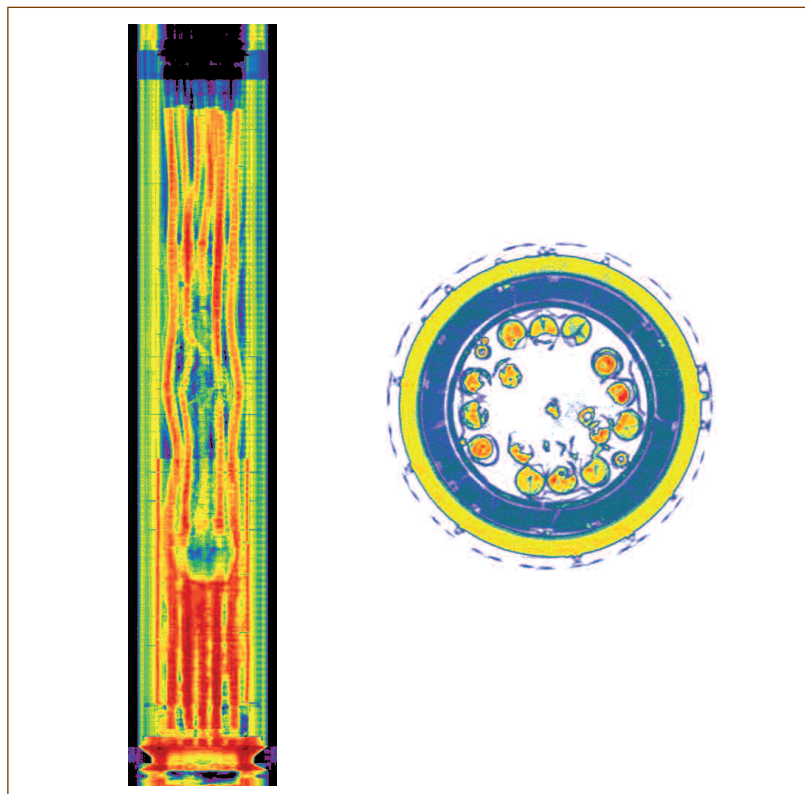
■ En parallèle, la modélisation des expériences à l'aide des codes de calculs mécanistes AFDM et MC3D permettra d'interpréter les essais dans l'objectif de valider ou d'améliorer les modèles implantés dans le système de codes ASTEC.

## 5.11

Thierry ALBIOL  
Cellule projet  
expérimentation

Béatrice  
SIMONDI-TEISSEIRE  
Laboratoire  
d'expérimentation  
et de mesures  
des relâchements  
accidentels

## Les premiers résultats de l'essai PHÉBUS FPT3



Grappe d'essai FPT3 après dégradation (images par tomographie).

■ L'essai FPT3 a eu lieu le 18 novembre 2004 avec une grappe d'essai constituée de 18 crayons irradiés, 2 crayons vierges instrumentés et une barre de commande en carbure de bore. Il était le cinquième du programme international PHÉBUS PF sur les accidents de fusion de cœur. Les différentes séquences de l'essai permettant de reproduire les phases de dégradation du combustible, de relâchement et de transport des produits de fission se sont déroulées conformément au protocole préétabli. L'essai s'est poursuivi jusqu'au 23 novembre avec des conditions thermohydrauliques conformes aux prévisions pour les phases de dépôt des aérosols et de chimie de l'iode dans l'enceinte.

■ Les prélèvements séquentiels ont été effectués avec succès et l'instrumentation a particulièrement bien fonctionné. Les postes de spectrométrie  $\gamma$  en ligne ont détecté la rupture des gaines tandis que les capteurs dédiés à la mesure des gaz carbonés ont

mesuré du monoxyde et du dioxyde de carbone alors que la quantité de méthane (qui était attendu en faible quantité d'après les précalculs) était à la limite de détection. Contrairement aux prévisions, les sondes hydrogène ont montré deux phases d'oxydation des gaines, avec toutefois une proportion jamais nulle de vapeur d'eau dans l'écoulement. Des mesures complémentaires après essai ont ensuite été réalisées sur les échantillons de produits de fission prélevés lors de l'essai et sur le dispositif d'essai par émission  $\gamma$ , radiographie et tomographie X. Conformément à ce qui était recherché, ces mesures confirment la dégradation modérée de la grappe avec l'absence de bain fondu. Plusieurs milliers de spectres  $\gamma$  ainsi que les signaux d'environ 600 capteurs ont été enregistrés. Ces enregistrements doivent être analysés pour confronter les résultats expérimentaux aux résultats des logiciels de calcul des accidents graves des réacteurs à eau pressurisée ASTEC et ICARE-CATHARE.