Zeitschrift: Energeia : Newsletter de l'Office fédéral de l'énergie
Herausgeber: Office fédéral de l'énergie
Band: - (2006)
Heft: 5

Artikel: Des systèmes passifs pour renforcer la sûreté des réacteurs nucléaires
Autor: Buchs, Matthieu / Dreier, Jörg
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-643931

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Des systèmes passifs pour renforcer la sûreté des réacteurs nucléaires

INTERNET

Institut Paul Scherrer (PSI):
www.psi.ch

Laboratoire de thermohydraulique, PSI:
lth.web.psi.ch

Maîtriser la réaction de fission n'est pas tout en matière de sûreté nucléaire: la question de l'évacuation fiable et complète de la chaleur résiduelle est également fondamentale. Depuis 1995, ce phénomène est étudié à l'intérieur de l'installation d'essai PANDA de l'Institut Paul Scherrer (PSI) à Villigen. De nouveaux systèmes de sûreté dits passifs y ont notamment été testés avec succès.

La sûreté des réacteurs nucléaires constitue l'un des piliers de la recherche nucléaire menée à l'Institut Paul Scherrer (PSI) à Villigen. Cette recherche est prioritaire car elle permet, en travaillant sur les derniers développements techniques, de rester au fait en matière de sûreté nucléaire. L'expertise ainsi gagnée est utile aux exploitants de centrale ainsi qu'au personnel chargé de la sécurité. Elle peut également être mise en œuvre à l'intérieur des centrales helvétiques. De plus, outre une augmentation des connaissances technico-scientifiqes, la recherche sur la sûreté nucléaire représente également un champ très attractif pour la formation de spécialistes du domaine public ou privé.

Dans le cadre de cette recherche, des scientifiques du PSI étudient notamment l'évacuation de la chaleur résiduelle dans un réacteur nucléaire. Particulière à ce type de réacteur, la chaleur résiduelle est issue de la désintégration spontanée des produits de fissions radioactifs formés durant l'activité de la centrale. Cette chaleur est dite résiduelle car elle continue à être produite même après l'arrêt du réacteur. Des systèmes de refroidissement sophistiqués sont nécessaires pour permettre d'évacuer cette chaleur en cas d'urgence ou après la mise hors service de l'installation.

Evacuation passive de la chaleur résiduelle

Tout comme la maîtrise de la réaction de fission, l'évacuation sûre et complète de la chaleur résiduelle dans les conditions données constitue l'un des éléments clés en matière de sûreté nucléaire.

L'ÉVACUATION SÛRE ET COMPLÈTE DE LA CHALEUR RÉSIDUELLE CONSTITUE L'UN DES ÉLÉMENTS CLÉS EN MATIÈRE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE.

Pour permettre cette évacuation, les centrales actuellement en service recourent généralement à des systèmes dits actifs reposant sur des dispositifs fonctionnant grâce à une source d'énergie externe, nécessitant une gestion active et occupant des espaces séparés. Au contraire, les nouveaux concepts de réacteurs développés aujourd'hui se basent essentiellement sur des systèmes de sûreté dits passifs.

Pour fonctionner, les systèmes de sûreté passifs ne font pas appel à une source d'énergie externe. Leur action se base sur une combinaison d'effets dus aux lois de la nature, aux propriétés des matériaux utilisés, aux structures techniques ainsi qu'aux processus énergétiques internes. Le

Différentes vues de l'installation d'essai PANDA ainsi que de son enveloppe extérieure (photo de droite) au PSI.

recours à de tels dispositifs dans les nouveaux concepts de réacteurs permet une augmentation du standard de sécurité tout en conduisant à une simplification globale, ce qui a également pour conséquence une réduction des coûts.

Installation d'essai PANDA

Pour effectuer des recherches dans ce domaine de la thermodynamique, le PSI dispose d'une installation d'essai de grande taille nommée PANDA. Conçue et construite au début des années 1990, cette installation a accueilli ses premières expériences en 1995. A l'origine, elle a été conçue pour étudier le processus dynamique global de l'évacuation de la chaleur résiduelle hors du réacteur ainsi que pour évaluer la sûreté de l'enceinte de confinement pour un concept passif avancé de réacteur à eau bouillante. L'installation PANDA a été construite à relativement grande échelle afin de permettre une simulation aussi réaliste que possible des procédés thermohydrauliques ayant lieu dans un véritable réacteur, en particulier pour tenir compte des effets pluridimensionnels. Certains paramètres comme la puissance, les volumes et les débits ont été reproduits à une échelle entre 1:25 et 1:40 pendant que d'autres, importants pour les systèmes passifs, comme la hauteur de l'installation, les pressions et les différences de pressions ont été reproduits à l'échelle 1:1, c'est-à-dire à la dimension d'un prototype. Ajouter à cela l'utilisation de matériaux prototypiques et la transposition des résultats obtenus sur l'installation d'essai vers l'installation réelle s'en trouvera facilitée.

Grâce à la construction modulaire de l'installation PANDA, d'autres systèmes passifs avancés de réacteurs (Génération III+) peuvent également y être étudiés. Moyennant quelques modifications mineures, des analyses similaires sont possibles pour les plus récents concepts de réacteurs (Génération IV, réalisation commerciale d'ici entre 20 et 30 ans). Le conglomérat formé de six grandes cuves pour un volume total de 460m^3, sur une hauteur de plus de 20 mètres, avec les lignes de jonction et les systèmes d'aide correspondant permet encore d'autres analyses. Ainsi, actuellement, dans le cadre d'un projet de l'OCDE sont menées des recherches fondamentales sur la thermohydraulique dans l'enceinte de confinement des réacteurs nucléaires. Les résultats contribuent également à une analyse plus fiable et plus détaillée des réacteurs actuels.

Résultats et simulation

Les essais menés sur PANDA aboutissent à des résultats que l'on peut grosso modo classés dans deux catégories différentes. D'une part, les études thermohydrauliques conduites à grande échelle permettent de tester la fiabilité de nouveaux concepts passifs de réacteurs nucléaires. D'autre part, ces travaux permettent de recueillir un grand nombre de données expérimentales utilisées pour valider des logiciels de simulation et de calcul servant à l'analyse de la sûreté d'un réacteur.

En effet, même si l'installation d'essai PANDA est unique au monde en son genre de par la combinaison de sa grandeur et de sa configuration, elle n'est pas capable de reproduire à l'échelle 1:1 tous les comportements se déroulant dans un réacteur en fonction. Des simulations informatiques complémentaires sont donc nécessaires pour des analyses exhaustives de la sûreté des installations nucléaires. Les logiciels utilisés à cet effet doivent être validés en conséquence, de façon à garantir des prévisions fiables de tous les processus et phénomènes ayant lieu dans les véritables installations.

Collaborations encouragées

Le PSI encourage les collaborations internationales dans le cadre de toutes ses activités de recherche. Cela permet d'établir des contacts avec les spécialistes mondiaux dans le domaine et garantit de remarquables échanges d'information. En conséquence, les résultats découlant des analyses effectuées sur PANDA ne sont pas utilisés que par les chercheurs du PSI, mais également par des chercheurs de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich ainsi que par de nombreux autres spécialistes étrangers de divers centres de recherche, universités, ou encore par des exploitants de centrale. L'installation PANDA a en outre été mise à contribution de façon significative dans le cadre de divers projets de recherche des 4e et 5e programmes-cadres de l'Union européenne. Elle est également au centre de projets internationaux des états membres de l'OCDE. Enfin, des entreprises privées comme General Electric (USA) ou Areva NP (D) ont également déjà pris part à des projets de recherche menés sur PANDA.

Matthieu Buchs, energeia
Jörg Dreier, responsable du Laboratoire de thermohydraulique dans le secteur de recherche Energie nucléaire et sécurité, PSI

Le PSI et la recherche énergétique

L'Institut Paul Scherrer (PSI), basé à Villigen (AG), est un institut de recherche multidisciplinaire pour les sciences de la nature et de l'ingénieur. Le PSI appartient au domaine des Ecoles polytechniques fédérales (EPF). Il dispose d'un effectif de près de 1200 collaborateurs et un budget annuel de CHF 270 millions.

Le PSI est avant tout spécialisé dans la recherche sur les corps solides et la matière, la physique des particules et l'astrophysique, la biologie et la médecine, l'énergie en général et l'énergie nucléaire en particulier, ainsi que l'environnement.

La recherche énergétique au sein du PSI est répartie sur deux départements différents, celui de l'énergie générale dirigé par le chimiste Alexander Wokaun et celui de l'énergie nucléaire dirigé par le physicien Jean-Marc Cavedon. En 2005, 29% du budget global du PSI était consacré à la recherche énergétique. L'objectif des recherches menées dans ce domaine est de contribuer à un approvisionnement en énergie compatible avec l'environnement. Depuis le 1er janvier 2006, le PSI pilote le Centre de compétences «Energie et mobilité» du domaine des EPF.

Les points forts de la recherche énergétique au PSI sont: les agents énergétiques issus d'énergies renouvelables, avec un accent particulier sur le méthane provenant de la biomasse et l'hydrogène issu de la chimie solaire; l'utilisation de l'énergie efficace et pauvre en polluants, avant tout dans les domaines de la combustion stationnaire ainsi que du stockage et de la transformation électrochimiques; les conséquences pour l'atmosphère, l'économie et la société; la sécurité des installations nucléaires, par la modélisation de systèmes et l'analyse expérimentale de concepts de réacteurs actuels et futurs; la gestion des déchets radioactifs avec un accent particulier sur les procédés chimiques et de transport sous des conditions spécifiques; le développement de matériaux à haute température pour la fusion et la fission.

En plus d'être un institut de recherche, le PSI est également l'un des plus grands laboratoires utilisateur du monde. Il développe, construit et exploite de grands équipements de recherche qui sont à la disposition de la communauté scientifique nationale et internationale, ainsi que de l'industrie.

Pour en savoir plus: **www.psi.ch**