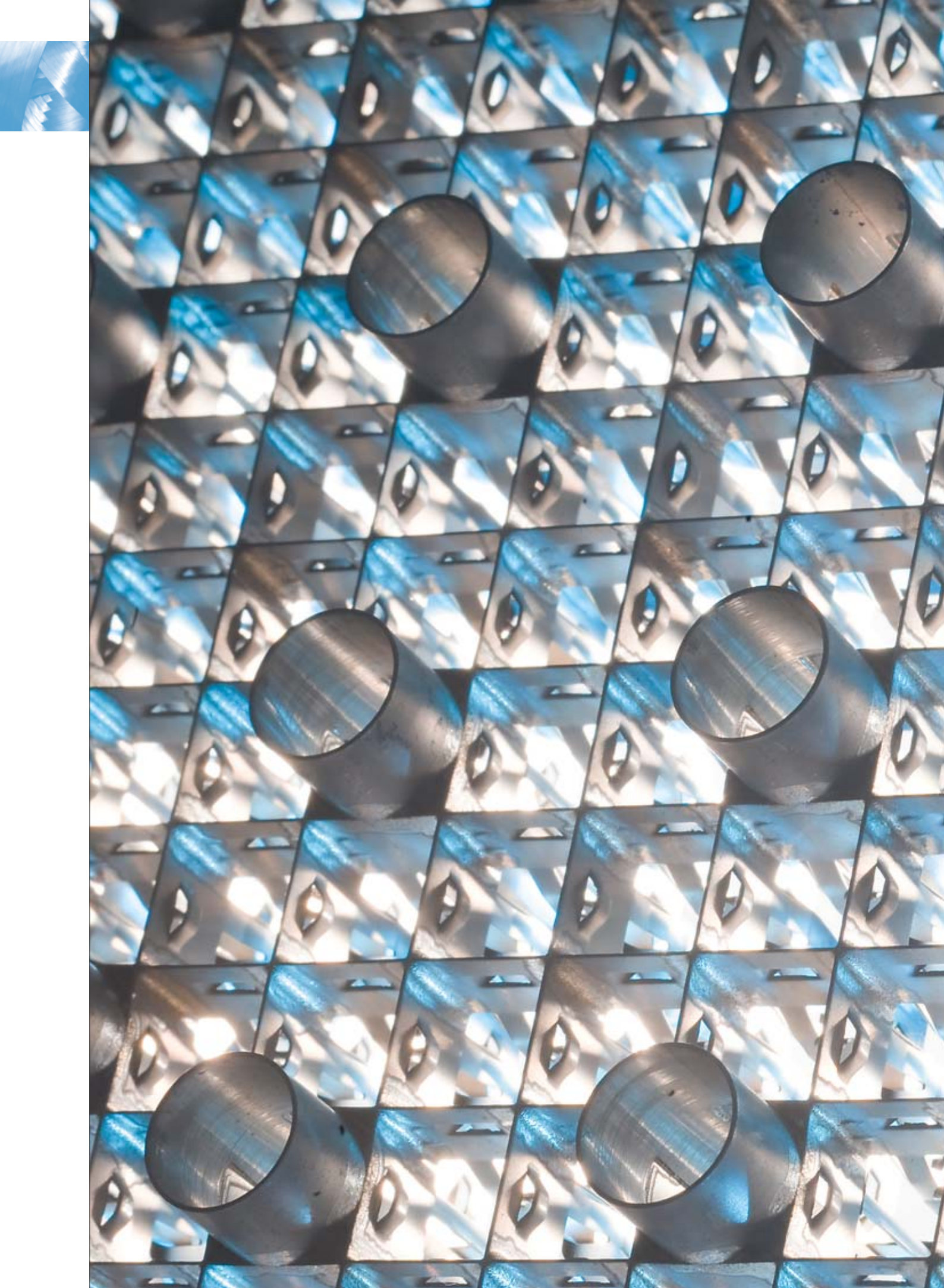




I. LES MATÉRIAUX POUR LE NUCLÉAIRE

Les matériaux sont d'une importance cruciale pour le nucléaire civil. Leur tenue sous irradiation et sous sollicitations thermique, mécanique et chimique détermine la durée de vie des réacteurs existants, et conditionne leur sûreté et leurs performances. Ces quatre types de sollicitations sont couplés et reliés entre eux par la variable « temps » : des matériaux qui remplissent leur fonction comme prévu pendant toute la vie de l'installation sont exigés !

La gestion des déchets nucléaires est, elle aussi, étroitement dépendante des matériaux utilisés pour leur conditionnement : verres, ciments, bitumes. Ces matériaux sont destinés à confiner la radioactivité des déchets, et à les mettre sous une forme solide et stable, permettant leur manipulation et leur stockage. La gestion des déchets nucléaires pose la double question de l'élaboration des matrices et des colis, et de leur comportement à long terme, en entreposage ou en stockage profond. Comme pour les matériaux constituant les réacteurs, il s'agit principalement de maîtriser la corrosion, la fatigue, le fluage, la fragilisation et le gonflement sous irradiation des matériaux, métaux, alliages ou céramiques. La conception des réacteurs nucléaires du futur est également fortement liée aux matériaux qui seront employés pour leur structure et leur combustible. Il y va non seulement de leurs performances, mais de leur faisabilité même. Avec les futurs réacteurs à neutrons rapides, les matériaux seront soumis à rude épreuve, du fait des flux neutroniques et de températures de fonctionnement nettement plus importants que dans les réacteurs à eau actuels. Les fluides caloporteurs envisagés posent des questions de corrosion très spécifiques. Avec des neutrons plus énergétiques et des flux de chaleur plus élevés, les matériaux devront satisfaire à de sévères contraintes.

Pour relever ces défis, tous les types de matériaux sont examinés : métaux et alliages continueront d'être utilisés pour leur ductilité, leur résistance mécanique et leur souplesse de mise en œuvre. Les céramiques sont envisagées du fait de leur résistance mécanique, thermique et chimique. Seul défaut, mais de taille, elles sont fragiles. C'est pourquoi beaucoup des matériaux du futur seront des composites, car ils permettent d'allier les qualités de leurs composants sans en avoir les défauts.

Le développement et la qualification d'un nouveau matériau pour le nucléaire est une tâche de longue haleine. Il faut d'abord savoir *l'élaborer*, du stade du laboratoire au stade industriel, puis le *caractériser*, depuis l'échelle macroscopique jusqu'à l'échelle atomique. Ce domaine a connu des progrès importants ces dernières années avec les microscopies en champ proche. Il faut ensuite le *tester*. Les expériences d'irradiation neutronique sont en général longues et coûteuses, et les endroits pour les réaliser sont rares. Enfin, il faut savoir le *modéliser*. Avec l'augmentation de la puissance des supercalculateurs, il est maintenant possible d'espérer relier entre elles les différentes échelles de modélisation pour fonder les lois de comportement des matériaux sur des bases physiques microscopiques solides. Cette modélisation servira de cadre pour comprendre les matériaux, simuler et prévoir leur comportement, guider leur conception et restreindre les expériences à mener pour les qualifier.

➤ **Bernard Bonin**

Direction scientifique
Direction de l'énergie nucléaire
CEA Centre de Saclay