

L'étude de nouveaux concepts de réacteurs et des différentes options pour l'amont et l'aval du cycle nécessite de disposer de données et d'outils de simulation fiables. Ceci requiert à la fois des études fondamentales sur les mécanismes de base qui régissent les réactions et des démonstrations à différentes échelles des concepts proposés afin de valider ces simulations. Les recherches en physique et chimie pour l'énergie nucléaire, menées ces dernières années par l'IN2P3 et l'Irfu, se sont déroulées en collaboration étroite avec les autres acteurs du domaine au niveau français (CEA/DEN, EDF, Areva...), européen (projets PCRD) et mondial (Forum Génération IV). Les développements nécessaires pour avancer des solutions pertinentes aux problèmes de l'énergie nucléaire vont se poursuivre sur la période 2012-2020. Ces développements concernent trois aspects : les études de systèmes et de scénarios, les données nucléaires et la physico-chimie.

Les **études de systèmes et de scénarios**, développées au CNRS et au CEA, sont basées sur la maîtrise de la physique des réacteurs. Elles permettent d'optimiser des cycles voire des filières, et de tester les sensibilités et les corrélations entre les différentes grandeurs physiques. Ces travaux trouvent leur prolongement dans des analyses multidisciplinaires sur les impacts économiques ou sociétaux des grands choix qui seront faits dans les années à venir. Peut-on définir des cycles efficaces de production d'énergie à la fois sûrs et produisant peu de déchets ? Comment développer des scénarios globaux et anticiper les impacts d'une stratégie énergétique ? Répondre à ces questions sera le défi des études des systèmes et scénarios dans les années à venir.

La fiabilité des outils de simulation, et donc la pertinence des études réalisées, nécessite une maîtrise accrue de **la neutronique et des données nucléaires**. C'est un enjeu majeur de ces perspectives que de réduire les incertitudes associées à certaines données. Si pour le cycle et la filière actuels les données accumulées sur les actinides majeurs sont relativement bien maîtrisées, il n'en est pas de même pour le cycle alternatif Th-U, les combustibles enrichis en actinides mineurs et la filière rapide. Pour répondre à ces besoins, deux axes ont été définis par la communauté : les mesures de sections efficaces de réaction en fonction de l'énergie du neutron incident et l'étude du processus de fission. Certaines réactions ne pouvant être atteintes directement, elles font l'objet d'études *via* des réactions de substitution dont il faut maîtriser l'interprétation. Enfin, pour réaliser des études poussées de sensibilité associées aux différentes filières de réacteur, il devient indispensable d'identifier les corrélations dans les données et de savoir les propager dans les simulations. Cet effort doit être complété par des mesures en « maquettes » critiques ou sous-critiques afin de valider *in-situ* les codes de calcul de neutronique et les concepts technologiques de certains systèmes innovants tels que les ADS. En parallèle de la filière « fission », des activités se développent à l'Irfu dans le cadre de la fusion, tant inertielle que magnétique.

Un effort important doit aussi être poursuivi autour de la **physico-chimie pour le nucléaire**. Cette thématique commence à la mine, se poursuit au sein du réacteur avant une fin de cycle avec la séparation et le stockage des différents matériaux du cycle électronucléaire. A chacune de ces étapes, il faut suivre et contrôler les transferts à la géosphère et la biosphère afin de maîtriser les impacts environnementaux. Comment prédire ces transferts ? Quelles sont les propriétés de confinement des matériaux ? Comment élaborer les différents matériaux nécessaires aux réacteurs de génération IV ? Peut-on prévoir leur évolution sous rayonnement ? Plusieurs études abordant ces questions sont présentées dans ces perspectives.

L'expertise acquise dans les domaines des simulations, des modèles et des données nucléaires a conduit les physiciens à **appliquer leurs savoir-faire** à des questions de société comme les analyses de sûreté pour des installations en fonctionnement ou en construction (Spiral 2...) et l'organisation du démantèlement d'installations nucléaires (Saturne...). D'autre part, l'expertise du groupe 11 sur le fonctionnement des réacteurs et sur la détection de

neutrinos lui a permis de proposer à l'AIEA un moyen de contrôle des réacteurs dans le cadre du traité de non-prolifération. Enfin, les similitudes dans les procédés d'extraction chimique entre le combustible et les lanthanides pourraient conduire à un partenariat industriel pour extraire des terres rares stratégiques.

Le groupe de travail a pu dégager les **recommandations** suivantes :

Les travaux du groupe 11 s'appuient sur l'expertise de physiciens et de chimistes qui mettent à profit leur connaissance et leur savoir-faire au service d'enjeux sociétaux majeurs. Il existe deux façons de progresser : soit par une avancée générale des connaissances qui permettra de mieux décrire un processus physique, soit par l'étude spécifique d'une grandeur nécessaire pour les simulations. Cette dualité des chercheurs du groupe 11 est une richesse qui doit être reconnue : toutes leurs études ne doivent pas être avec une visée applicative à court terme, même s'ils doivent être capables de répondre à un besoin précis.

Les choix énergétiques et politiques de la France pourraient avoir un impact sur les priorités données à nos activités. Cela a été le cas, par exemple pour la loi Birraux-Bataille, cela peut être le cas pour d'autres décisions. Il est essentiel de préserver l'expertise indépendante, scientifique et technologique, du CNRS et du CEA, afin de pérenniser sur le long terme les savoirs acquis et de pouvoir contribuer objectivement aux débats politiques.

Compte tenu du caractère pluridisciplinaire des travaux de ce groupe, les collaborations devraient s'étendre à d'autres thématiques, en particulier pour l'étude de la physique des réacteurs (thermo-hydraulique...). Un rapprochement des groupes de recherche de radiochimie avec les partenaires du réseau Becquerel pourrait avoir un effet synergique concernant l'étude du transfert des isotopes radioactifs dans l'environnement.

Il apparaît indispensable pour maîtriser l'ensemble du cycle, de connaître les marges et les sensibilités, d'être capable de calculer des incertitudes et les corrélations entre les différentes grandeurs physiques. Il faut donc développer des outils pour introduire les incertitudes et les covariances dans toutes les tables de données nucléaires mais aussi pour propager ces incertitudes en les couplant aux autres processus physiques.

Il semble nécessaire pour analyser les données nucléaires, de disposer d'un fort soutien théorique (modélisation et évaluation). De plus, pour augmenter la reconnaissance des travaux expérimentaux du groupe, le contrôle d'une chaîne complète d'évaluation serait un atout majeur pour l'inclusion des résultats de nos travaux dans les bibliothèques de référence (ENDF, Jeff...).

Lors des expériences, les cibles utilisées sont généralement radioactives. D'une part, il est impératif de disposer du savoir-faire et d'installations nécessaires à la fabrication de cibles spécifiques et à leur caractérisation. Le laboratoire Cacao (Chimie des actinides et cibles radioactives à Orsay), le laboratoire Pierre Süe de Saclay, la ligne Aramis du CSNSM et, à plus long terme, la construction d'un séparateur magnétique doivent être soutenus afin de répondre à cette demande. D'autre part, compte tenu de la réglementation actuelle pour la détention, la manipulation et l'évacuation des radio-isotopes, il est important de maintenir des infrastructures et des compétences nécessaires pour assurer la radioprotection, la gestion des radio-isotopes et la sûreté des expériences.

L'accès aux sources de neutrons est critique pour un grand nombre de nos études. Nous soutenons donc les installations existantes en Europe (Gelina à Geel, n-tof au Cern, ILL) et futures (NFS à Spiral 2) ainsi que les projets futurs de faisceaux radioactifs (HIE à Isolde et Fair à GSI).

Pour finir, il existe de nombreux interlocuteurs possibles dans le domaine de l'énergie nucléaire. Serait-il opportun de créer une cellule d'information ou d'experts susceptible d'informer sur les processus de base mis en jeu dans l'électronucléaire? Une telle cellule d'information augmenterait l'unité, l'identité et la visibilité du groupe « physique et chimie pour l'énergie nucléaire ».