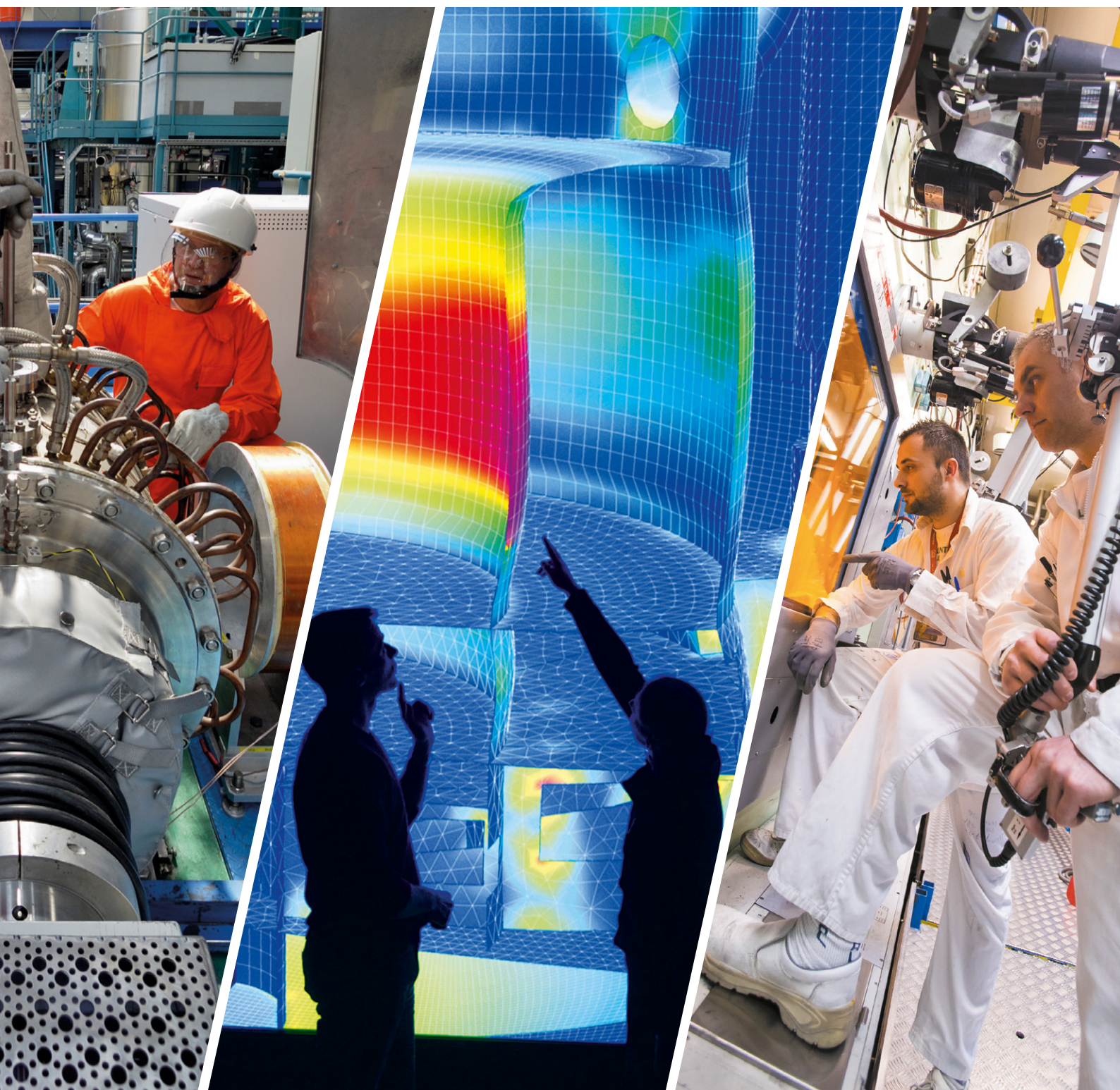


DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

# DIRECTION DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE







Irradiateur Poséidon à Saclay utilisé pour la qualification nucléaire.

# Optimiser le nucléaire actuel

**La DEN mène des recherches pour répondre aux enjeux de ses partenaires industriels. Elle contribue ainsi à améliorer la compétitivité et la sûreté du parc nucléaire français en soutien à EDF et Framatome. Elle participe également à l'optimisation des installations du cycle du combustible en collaboration avec Orano et l'Andra.**

## Cycle du combustible

De l'extraction de l'uranium dans les mines jusqu'au retraitement des combustibles usés, la DEN œuvre à l'amélioration des procédés et à la réduction de leur empreinte environnementale sur l'ensemble du cycle du combustible. Il s'agit des procédés d'extraction sélective de l'uranium, de purification, de conversion, de traitement du combustible usé en soutien à l'usine de la Hague ou encore de fabrication du combustible MOX<sup>1</sup> en lien avec l'usine Melox d'Orano. Les programmes de recherche concernent également les futurs sites de stockage en partenariat avec l'Andra et la gestion de déchets spécifiques avec EDF.

## Recherche scientifique et technologique de base

La recherche scientifique et technologique de base se positionne en amont de la recherche appliquée, en répondant à des défis transverses aux domaines de la DEN. En s'appuyant sur des collaborations dynamiques, elle élargit la base et la qualité scientifique des connaissances, et ce dans trois domaines principaux : les matériaux, les combustibles et la chimie séparative.

## Réacteurs de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> générations

La DEN contribue au maintien au meilleur niveau de sûreté et de performance des réacteurs à eau sous pression (REP) du parc nucléaire actuel (2<sup>e</sup> génération). Elle mène des recherches principalement avec EDF, Framatome et l'IRSN visant à améliorer la durée de vie et les marges de conception et de sûreté des centrales notamment dans le contexte d'extension de leur durée de fonctionnement. Elle propose également des innovations dans le cadre du déploiement des réacteurs de 3<sup>e</sup> génération.



Laboratoire Atalante à Marcoule dédié aux études du cycle du combustible.

(1) Combustible constitué d'un mélange d'oxyde d'uranium et de plutonium

# Préparer le futur de l'industrie nucléaire

**La DEN travaille sur les systèmes nucléaires du futur avec 3 axes forts : le multi-recyclage du combustible, les réacteurs dits de 4<sup>e</sup> génération et les réacteurs plus petits et modulables, les Small modular reactor (SMR).**

Ces systèmes innovants visent une gestion optimisée des matières, utilisant mieux la ressource en uranium et permettant le multi-recyclage du plutonium tout en minimisant la production de déchets. Ils répondent aussi à des nouveaux besoins énergétiques notamment à l'international.

## Réacteurs de 4<sup>e</sup> génération

Dans une perspective de déploiement industriel des réacteurs de 4<sup>e</sup> génération à l'horizon de la fin du siècle, les programmes de recherche s'organisent en 3 axes principaux : la simulation sur les réacteurs à neutrons rapides (RNR), la définition et la qualification de composants industriels clés pour la technologie sodium (robotique et instrumentation sous sodium), et les études d'esquisses sur des systèmes autres que les RNR sodium, plus lointain en termes de maturité (par exemple les réacteurs à sels fondus).



Modélisation en soutien à la conception de réacteur de 4<sup>e</sup> génération à neutrons rapides.

## Cycle futur

Les recherches sur le cycle du combustible pour le futur visent à évaluer l'ensemble des options pour mieux gérer la ressource en uranium, permettre le multi-recyclage du plutonium tout en minimisant la production de déchets. La DEN étudie notamment le multi-recyclage des combustibles dans les réacteurs à eau sous pression et à plus long terme les évolutions du cycle du combustible avec les réacteurs de 4<sup>e</sup> génération.

## Small modular reactor

Les programmes portent sur le développement d'un nouveau type de réacteurs, plus petits et plus flexibles, les *Small Modular Reactors* (SMR). En collaboration avec EDF, Naval Group et TechnicAtome, la DEN participe au projet de SMR français NUWARD™ afin de compléter la gamme des réacteurs français. Le marché visé est à l'export pour remplacer d'anciennes centrales thermiques ou alimenter des zones isolées et décarboner ainsi l'électricité mondiale. La DEN travaille aussi au couplage avec d'autres vecteurs énergétiques, comme la chaleur pour le chauffage urbain, des besoins industriels ou encore une production massive d'hydrogène pour la mobilité.

# Assainir et démanteler les installations nucléaires

**Les installations expérimentales de la DEN arrivant en fin de vie nécessitent de mettre en œuvre des programmes de démantèlement. Ils couvrent l'ensemble des activités réalisées après l'arrêt définitif de l'installation jusqu'à l'atteinte d'un état final prédéfini. Outre les opérations d'assainissement et de démantèlement, les activités concernent aussi la reprise et le conditionnement de déchets anciens, ainsi que la mise œuvre de programmes transverses à tous les chantiers, destinés à soutenir ou coordonner l'ensemble.**

## Chantiers de démantèlement

Aujourd'hui, 36 installations nucléaires de base (INB) ou individuelles sont en cours de démantèlement à la DEN. Une spécificité réside dans la grande variété des installations à démanteler (réacteurs expérimentaux, laboratoires, ateliers et usine du cycle, installations

de traitement de déchets et d'entreposage...), qui ne permet pas de bénéficier d'un effet de série. Au fil des années, la DEN a acquis une expérience importante, aussi bien dans la maîtrise d'ouvrage des opérations que dans les méthodologies et savoir-faire nécessaires à leur réalisation.



# Concevoir et gérer des grands outils au service du nucléaire



Réacteur Jules Horowitz actuellement en construction.

**Les recherches pour les systèmes nucléaires actuels ou futurs nécessitent une capacité de simulation prédictive et validée. La DEN développe ainsi des codes de calcul dans tous les grands domaines liés au fonctionnement des réacteurs nucléaires et des usines du cycle. Elle s'appuie sur un parc d'installations expérimentales performant dont elle gère les optimisations ou renouvellements.**

## Simulation et outils numériques avancés

La DEN développe des plateformes et des codes de simulation dans les principaux domaines du nucléaire : neutronique, thermohydraulique, mécanique et thermique, combustible, chimie du cycle et matériaux. Ils permettent de modéliser l'ensemble des phénomènes complexes entrant en jeu dans le fonctionnement normal ou accidentel d'un réacteur ou d'une installation nucléaire. Majoritairement utilisés par les industriels du nucléaire français, les codes développés par la DEN sont aussi partagés avec des organismes de R&D internationaux, la plupart du temps dans le cadre de collaborations. La DEN travaille aussi au développement de maquettes numériques et de smart experimentations, nouveaux outils au service de la filière nucléaire.

## Grandes installations en soutien aux programmes

Les recherches menées par la DEN font appel à des installations expérimentales : réacteurs de recherche, laboratoires chauds, plateformes technologiques. Ce parc d'installations fait l'objet d'importantes actions de rénovation et d'optimisation pour les adapter aux évolutions des programmes de recherches ou aux exigences réglementaires.

### Réacteur Jules Horowitz (RJH)

La construction du RJH à Cadarache est un projet majeur pour le CEA. Seul outil de ce type en construction en Europe, le RJH sera une installation unique pour l'étude des matériaux et des combustibles sous irradiation, en soutien aux réacteurs nucléaires actuels et futurs. Il assurera aussi une part importante de la production de radio-isotopes médicaux. Construit dans le cadre d'un consortium international, le projet RJH bénéficie d'un financement du programme d'investissements d'avenir, le CEA étant propriétaire, exploitant nucléaire et maître d'ouvrage de l'installation.

## Programmes transverses pour l'assainissement-démantèlement

Les chantiers d'assainissement-démantèlement et de reprise et de conditionnement des déchets requièrent le soutien de programmes transverses. Il s'agit par exemple des transports et emballages, de la gestion des flux de déchets et matières, des installations de service nucléaire, ou de la gestion des chroniques vers les exutoires actuels et futurs. Enfin, des actions de R&D sont menées visant à diminuer les coûts, la durée des chantiers, les doses et les déchets, et à améliorer les conditions d'intervention des chantiers.



Chantier d'assainissement-démantèlement d'une installation nucléaire arrêtée.



## Direction de l'énergie nucléaire

**Au sein du CEA, la Direction de l'énergie nucléaire (DEN) apporte aux pouvoirs publics et aux industriels les éléments d'expertise et d'innovation pour développer un nucléaire durable, sûr et économiquement compétitif.**

Dans cette optique, la DEN conduit ses travaux selon trois axes majeurs :

- le soutien à l'industrie nucléaire française pour les réacteurs du parc actuel, le démarrage de l'EPR (réacteur européen à eau pressurisée) et les usines du cycle
- l'assainissement et le démantèlement de ses installations nucléaires en fin de vie
- le développement des systèmes nucléaires du futur avec les réacteurs de 4<sup>e</sup> génération, la fermeture du cycle du combustible et les SMR (Small modular reactor).

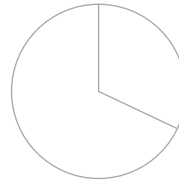
Ses recherches s'appuient sur le développement d'outils de simulation, prédictifs et validés, et sur un parc d'installations expérimentales ciblées.

# Chiffres clés\*

**4 240**  
salariés

dont...

**2 827**  
hommes



**1 413**  
femmes

répartis sur 4 sites

**1 109**  
Paris-Saclay

**1 394**  
Marcoule

**9**  
Grenoble

**1 728**  
Cadarache

**515**  
publications scientifiques

**38**  
post-doctorants

**311**  
thésards

**43**  
brevets déposés

### 🔍 Coopérations internationales

La DEN coopère avec la plupart des grands pays nucléaires avec différents objectifs. Il s'agit de répondre aux demandes de l'État, qui peut encourager la mise en place d'un partenariat stratégique comportant un volet nucléaire avec d'autres pays ; Il s'agit également de développer des coopérations à l'étranger avec des compétences complémentaires à celles de la DEN. Enfin, la DEN se positionne en offre de services vis-à-vis des industriels étrangers ou cherche des participations étrangères à ses investissements en infrastructures de recherche.

\* À fin 2018.

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



**Direction de l'énergie nucléaire**

Centre de Paris-Saclay  
91191 Gif-sur-Yvette cedex

**[www.cea.fr](http://www.cea.fr)**

Contact communication : [alexandra.bender@cea.fr](mailto:alexandra.bender@cea.fr)