

ROAD TO SERIES FUTURE

A worker wearing a blue jacket, white helmet, and yellow gloves is working on a large green industrial pipe. The pipe is part of a complex system with various valves and fittings. The worker is holding a yellow tool, possibly a wrench or a screwdriver, and is focused on the task. The background shows a large industrial facility with various pieces of equipment and a high ceiling.

**OSER LE FUTUR
ET INNOVER AU PRÉSENT**



LA PLUS IMPORTANTE R&D DANS LE MONDE DES ÉNERGÉTICIENS



Grâce à l'expertise de ses chercheurs, ses moyens d'essais et sa capacité numérique, la R&D d'EDF prépare l'avenir et ouvre les voies possibles dans le monde de l'énergie.

La R&D d'EDF couvre l'ensemble des métiers et activités du secteur de l'énergie.

Elle oriente ses axes de recherche en cohérence avec la stratégie du Groupe EDF au service de sa raison d'être.



Chaque jour, les chercheurs de la R&D d'EDF œuvrent aux côtés de tous les métiers du Groupe pour améliorer leurs performances opérationnelles et techniques, et ainsi préparer son avenir. Chaque jour, ils contribuent à la raison d'être d'EDF.

Bernard Salha, directeur technique du groupe EDF, directeur de la R&D d'EDF



La raison d'être d'EDF

Construire un avenir énergétique neutre en CO₂ conciliant préservation de la planète, bien-être et développement grâce à l'électricité et à des solutions et services innovants.



LES MISSIONS DE LA R&D

La R&D appuie au quotidien les métiers et filiales
du groupe EDF avec 3 missions :



Améliorer la performance

du groupe EDF dans
toutes ses activités
d'aujourd'hui et en
faire profiter ses
clients.



Préparer l'avenir énergétique

en travaillant sur
les solutions et les
technologies de rupture.



**Effectuer
des recherches
pour des commanditaires
externes** au groupe EDF,
dans le cadre de
partenariats ou de
commandes.

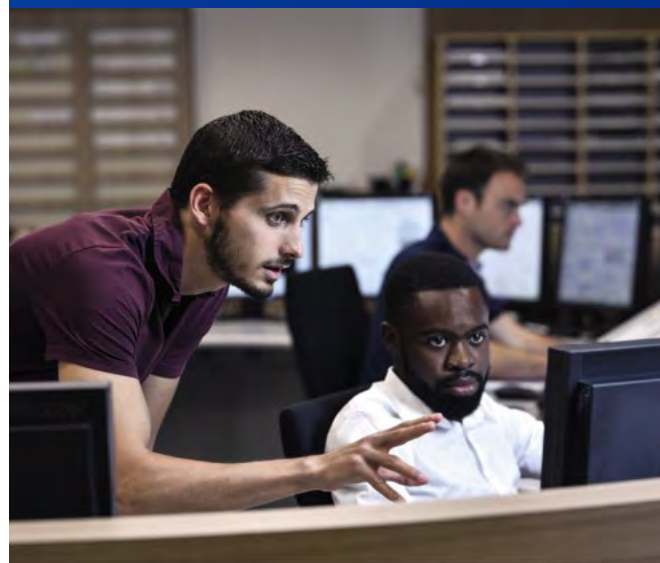


*Vous souhaitez en savoir plus
sur l'appui que peut vous
apporter la R&D d'EDF ?
**Téléchargez le catalogue
de solutions** en scannant
ce QR code.*



*Le saviez-vous ? La R&D partage également
ses connaissances et son expertise
dans le cadre de formations, dispensées
par les chercheurs d'EDF au sein de
l'organisme ITECH.*

*Retrouvez l'offre de formation sur edf.fr
en scannant ce QR code.*





LES FORCES DE LA R&D

- L'expertise des femmes et des hommes au service de la performance du secteur énergétique, consolidée par 75 ans de recherche
- Nos codes de calcul et nos moyens de simulation numérique
- Nos laboratoires et maquettes physiques
- Notre réseau de partenariats





1 800

salariés en France



Plus de

250

chercheurs enseignants



44

nationalités



220

chercheurs experts et seniors
avec un haut niveau d'expertise
sur le plan national ou international



L'excellence
des femmes
et des hommes
de la R&D

31 % de
femmes



14 % de moins
de 30 ans



282

salariés hors de France



160

doctorants



L'ouverture sur un Groupe comptant

160 000

collaborateurs dans le monde



Plus de

300

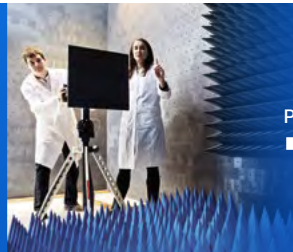
partenariats académiques
et industriels



Des moyens
d'essais
exceptionnels

9

centres
de recherche
en France
et à l'étranger



Plus de
70

plateformes
d'essais,
de mesure
et de simulation

11

pétaflops
de capacité
de calcul



21

laboratoires
communs

512

M€ de budget en 2023

99%

des budgets d'exploitation dédiés
à la décarbonation et à la transition
des systèmes énergétiques

17,6

M€ de ventes de prestations
ou subventions



Des moyens
consacrés à la
décarbonation





Des
résultats
concrets

400

projets de R&D
conduits en 2023



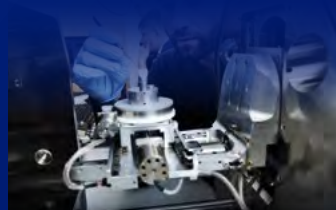
97%

de satisfaction
exprimée par les
clients de la R&D



2178

brevets



5

millions de vues
sur X



45

actions réalisées avec
les écoles / universités
(forums et visites écoles)



300

publications scientifiques
dans des revues en 2023



LA R&D EN CHIFFRES

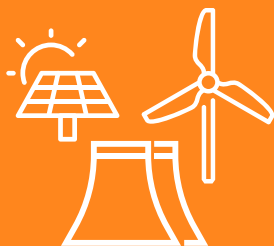


NOS PRIORITÉS SCIENTIFIQUES



Axe 1

**Décarboner
les usages
de nos clients
grâce à
l'électricité**



Axe 2

**Renforcer
la performance
de nos moyens
de production**



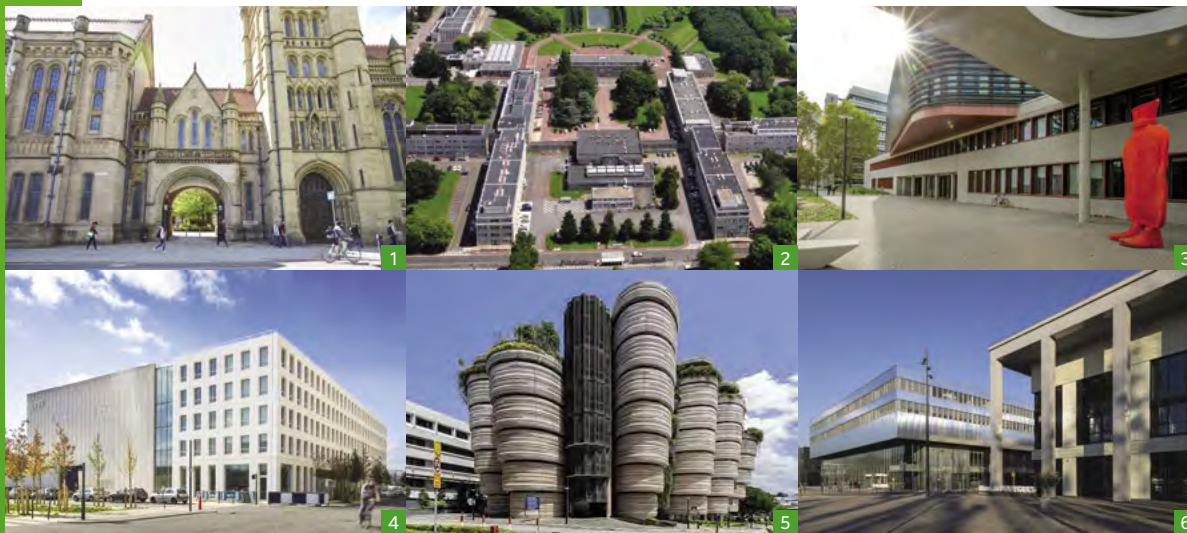
Axe 3

**Inventer
les systèmes
énergétiques
de demain**



Axe 4

**Accélérer
la transformation
digitale**



21 laboratoires communs

La R&D a mis en place depuis plusieurs années une vingtaine de laboratoires communs avec des partenaires académiques et des centres techniques ou industriels et participe notamment avec eux à des projets de recherche collaborative financés par différents guichets nationaux ou européens.

Chaque laboratoire commun est l'occasion de créer une équipe mixte autour d'une problématique scientifique et technique partagée, dans le but de créer de la valeur, de l'expertise et de la connaissance pour tous les partenaires.

Les conventions de laboratoires communs sont nombreuses, en voici 2 exemples : les travaux de recherche menés avec l'IPVF dans le domaine de l'énergie solaire photovoltaïque. Également les recherches sur l'intelligence artificielle avec TotalEnergies et Thales dans le cadre du laboratoire Sinclair.

LES PARTENARIATS

UN RÉSEAU D'ALLIANCES FORTES AVEC LE MONDE ACADÉMIQUE ET L'INDUSTRIE

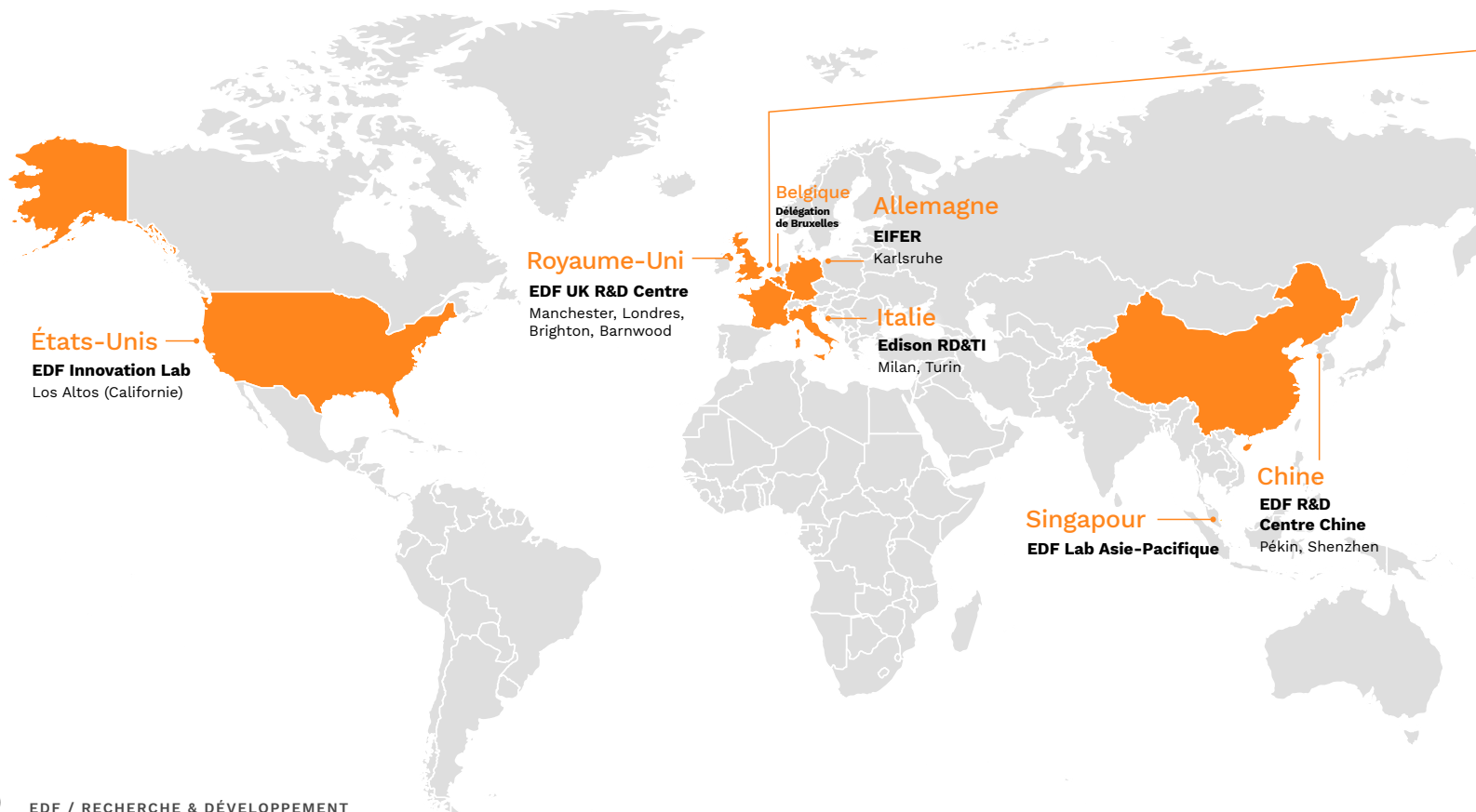
Pour répondre aux grandes problématiques de recherche et aux demandes des directions métiers du Groupe, **la R&D a développé un réseau de plus de 300 partenariats en France et à l'international** avec des universités, des instituts de recherche et des partenaires académiques et industriels.

Parmi les partenaires internationaux les plus prestigieux, citons notamment le Massachusetts Institut of Technology et l'EPRI aux États-Unis, le Karlsruhe Institute of Technology en Allemagne, l'université de Manchester au Royaume-Uni, l'université de Xian Jiaotong en Chine, la Nanyang Technological University à Singapour, ou encore Politecnico di Torino et Politecnico di Milano en Italie.

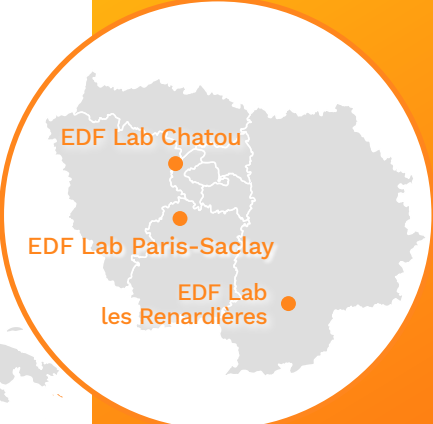
1 Université de Manchester, Royaume-Uni 2 Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), Paris-Saclay 3 Karlsruhe Institut of Technology (KIT) 4 Institut Photovoltaïque d'Île-de-France (IPVF) 5 Nanyang Technological University (NTU) 6 CentraleSupélec, Paris-Saclay.

UNE R&D MAILLÉE AVEC LE MONDE

Avec 3 centres en France et 6 à l'étranger auxquels s'ajoute une délégation à Bruxelles, EDF conduit ses activités de recherche à l'échelle nationale et internationale.



LES 3 SITES FRANCILIENS



EDF Lab Chatou

EDF Lab Paris-Saclay

EDF Lab
les Renardières



EDF Lab Paris-Saclay

Depuis 2016, EDF Lab Paris-Saclay est implanté au cœur d'un écosystème scientifique mondialement reconnu, le plateau de Saclay, qui regroupera à terme 20 % de la recherche française.

EDF Lab Chatou

Site historique de la R&D, EDF Lab Chatou dispose d'une expertise de pointe dans les domaines de l'hydraulique, des énergies renouvelables, du nucléaire et de l'environnement.



EDF Lab les Renardières

EDF Lab les Renardières est le plus grand site de R&D du groupe EDF. Il concentre notamment des moyens d'expérimentation parmi les plus performants au monde.

NOS SITES INTERNATIONAUX

Implantés dans des zones où technologies et modèles d'affaires innovants prospèrent, les centres internationaux pilotent ou accompagnent des **projets clés** pour le Groupe.



ALLEMAGNE [Karlsruhe]

EIFER

Principaux domaines de recherche :

- Territoires à neutralité climatique
- Systèmes multi-énergétiques locaux
- Systèmes hydrogène bas carbone
- Transition énergétique, marchés et environnement

ITALIE [Milan, Turin]

Edison RD&TI

Principaux domaines de recherche :

- Maison intelligente et IoT
- Robotique
- Photovoltaïque avancé
- Stockage d'énergie
- Mobilité électrique
- Hydrogène et décarbonation
- Smart cities



ROYAUME-UNI [Manchester, Londres, Brighton, Gloucester]

EDF UK R&D Centre

Principaux domaines de recherche :

- Nucléaire
- Changement climatique
- Éolien offshore
- Systèmes énergétiques, flexibilité et stockage
- Mobilité bas carbone ET Chaleur
- Hubs énergétiques intégrés et hydrogène bas carbone
- Data science & IA

Délégation de la R&D d'EDF à BRUXELLES

La délégation de Bruxelles représente la R&D du groupe EDF au sein de la Direction des Affaires Européennes et auprès des institutions européennes. Ses missions consistent à porter les messages scientifiques d'intérêt pour le Groupe à Bruxelles, à faciliter le montage de projets collaboratifs, et à permettre aux équipes R&D d'EDF d'accéder aux sources de financements européens et de se connecter aux réseaux de partenaires influents en Europe.

CHINE [Pékin, Hangzhou] EDF R&D Centre Chine

Principaux domaines de recherche :

- Nucléaire
- Énergies Renouvelables, Hydrogène, Stockage & Cycles avancés
- Systèmes énergétiques décentralisés
- Systèmes électriques avancés
- Mobilité électrique
- Décarbonation
- Innovation digitale
- Intelligence artificielle



ASIE-PACIFIQUE [Singapour] EDF Lab Asie-Pacifique

Principaux domaines de recherche :

- Smartgrids et Interconnexions
- Mobilité Électrique (maritime et terrestre)
- Hydrogène bas carbone
- Marchés de l'Énergie
- Énergies Renouvelables
- Informatique quantique

ÉTATS-UNIS [Los Altos/Californie] EDF Innovation Lab

Principaux domaines de recherche :

- Smart Grids
- Mobilité électrique
- Marchés de l'énergie
- Solutions Clients
- Technologies numériques
- Solutions de décarbonation
- Open innovation
- Nexalis





UNE EXPERTISE, DES MOYENS D'ESSAIS, UN SAVOIR-FAIRE DE RANG MONDIAL

La R&D mobilise ses experts de l'énergie au bénéfice des problématiques des entités et filiales du groupe EDF et de clients externes.

Pour cela, elle peut s'appuyer sur plus de **70 plateformes d'essais, de mesure et de simulation**, parmi les plus modernes et performantes au monde, dans tous les domaines du secteur énergétique.

Découvrez un aperçu des laboratoires et moyens d'essais de la R&D d'EDF au travers de quelques exemples.

EDF Lab Paris-Saclay

La Halle d'essais → D'une hauteur de 17 mètres et d'une surface au sol de 700 m², la halle d'essais abrite un ensemble complet de moyens d'essais destiné à la recherche industrielle dans les domaines de l'électrotechnique et de la mécanique des structures. **1**

ConnexLab → Dédié à l'innovation digitale au service de la filière nucléaire (réalité augmentée, réalité virtuelle, chatbot, jumeau numérique, intelligence artificielle), ce laboratoire accompagne le développement de maquettes et de prototypes pour la conception, l'exploitation et la maintenance des centrales nucléaires. **2**

La plateforme de contrôle-commande numérique → La R&D met en œuvre son expertise, ses méthodes et ses outils afin de proposer une offre d'ingénierie de contrôle-commande numérique de postes couvrant des besoins jusqu'à la conception d'un palier complet. Pour cela, elle se dote d'une plateforme de test de contrôle-commande située sur le site EDF Lab Paris-Saclay dans le Laboratoire Smart Grids, qui joue un rôle clé dans le cadre des essais de qualification et d'intégration des matériels.

EDF Lab Chatou

Le Hall J → Ce hall expérimental de 10 000 m² est composé de moyens d'essais équipés pour la modélisation physique des écoulements en hydraulique et du transport sédimentaire. Il contribue depuis 1947 à maîtriser l'impact des ouvrages de production d'électricité sur l'environnement aquatique et à les protéger contre les agressions telles que les crues ou les tempêtes. **3**

IGNIS → L'Installation Grandeur Nature Incendie Sécurité étudie les problématiques d'incendie du parc nucléaire en grandeur réelle. Son objectif est d'obtenir une meilleure connaissance du risque incendie et de ses conséquences sur les installations. **4**

Le Laboratoire de soudage WAAM → Le WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) est un procédé de fabrication additive ou impression 3D, qui consiste à fabriquer ou réparer de gros composants à l'aide d'un robot de soudage et du fil métallique. Cette technique vise une meilleure maîtrise de nos procédés de fabrication. **5**



1



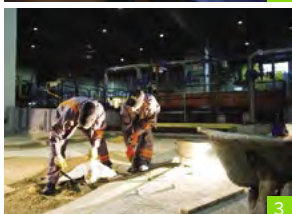
6



2



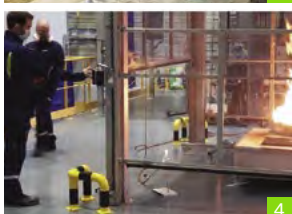
7



3



8



4



9



5



10

EDF Lab les Renardières

La Station d'essais grande puissance → Cette station d'essais permet de tester la tenue de matériels électriques aux forts courants et d'étudier la capacité de déclenchement d'appareils de protection. **6**

VERCORS (VERification Réaliste du CONfinement des RéacteursS) → Une maquette à l'échelle 1/3 représentative d'une enceinte double paroi, qui étudie en accéléré le comportement du béton et de la structure de l'enceinte ainsi que l'évolution des taux de fuite. Cette maquette physique d'enceinte dispose d'un jumeau numérique. **7**

Concept Grid → Ce moyen d'essais permet de tester des matériels innovants et solutions « smart » pour les réseaux de distribution. Il anticipe et accompagne l'évolution des systèmes électriques, en proposant des essais grandeur nature. Sa mission consiste à développer de nouveaux systèmes électriques intelligents pour les réseaux de demain en intégrant les énergies renouvelables et les nouveaux usages de l'électricité. **8**

La plateforme de tests d'électrolyseurs → Chargée d'accompagner le groupe EDF, notamment sa filiale Hynamics sur l'ensemble de la chaîne de production et de valorisation de l'hydrogène, cette plateforme teste et qualifie des technologies d'électrolyseurs arrivant à maturité. Elle évalue l'impact d'une alimentation des électrolyseurs par une électricité variable issue d'installations ENR. **9**

Le Centre de tests cellules et modules batteries → Ce centre réalise des études et des expertises, allant de la cellule électrochimique au pack complet portant sur : la détection et le test de prototypes de nouvelles générations de batteries, les essais sur des batteries commerciales, et des études sur leur seconde vie. **10**

Le Laboratoire de microscopie électronique → Ce laboratoire dispose de 5 microscopes électroniques permettant de caractériser et analyser des matériaux jusqu'à l'échelle atomique : 2 microscopes en transmission dont les capacités vont de l'analyse chimique à la microstructure en passant par l'imagerie haute résolution et 3 microscopes électroniques à balayage, proposant des fonctionnalités avancées pour l'usinage par faisceau ionique, l'atmosphère contrôlée et la micro-mécanique pour la réalisation de mesures *in situ*.

La boucle Énergie → Ce moyen d'essai permet de reproduire l'encrassement du côté secondaire des générateurs de vapeur (GV) soumis à des écoulements diphasiques représentatifs des centrales nucléaires à eau sous pression. Cette boucle a été adaptée récemment pour permettre d'étudier d'autres phénomènes tels que le colmatage des plaques entretoises des GV en milieu diphasique.

DES MOYENS DE SIMULATION NUMÉRIQUE EXCEPTIONNELS

Acteur de 1^{er} plan dans ce domaine, la R&D d'EDF met au service de ses clients son expertise sur les grands logiciels de simulation numérique et ses supercalculateurs.

La R&D d'EDF se dote en 2021 d'une puissance de calcul de plus de **11 pétaflops**, grâce aux supercalculateurs GAIA et au dernier-né CRONOS.



CRONOS

Dans le cadre de la mutualisation des moyens de l'informatique scientifique, la mise en exploitation du nouveau supercalculateur CRONOS se partage entre la R&D (45 %), la direction Ingénierie et Projets Nouveau Nucléaire (25 %) et FRAMATOME (30 %), pour répondre aux besoins de simulation numérique intensive au service des études.

CRONOS se classe en 2021 à la **67^e place du TOP 500** à l'échelle mondiale et en 8^e position au niveau des supercalculateurs installés dans l'hexagone !

CONNEXITY : LE PROGRAMME D'INNOVATIONS NUMÉRIQUES

Depuis juin 2017, les partenaires industriels de la filière nucléaire française se sont unis pour élaborer un programme de travail de R&D ambitieux afin d'intégrer des innovations majeures dans la conception et la réalisation des moyens de pilotage et de préparation des chantiers de centrales nucléaires.

Le programme ConnexITY a été construit dans une logique de filière industrielle, à travers la mise en place de plusieurs démonstrateurs de concept à fort effet de levier, dans le but de rapprocher les acteurs et ainsi, de simplifier l'exploitation et la conception des centrales nucléaires : concepteurs et exploitants, acteurs de la conduite et de la maintenance, EDF et ses partenaires industriels.



Codes de calcul de la R&D d'EDF : deux exemples



Depuis plus de 30 ans, code_aster est un outil de modélisation dans le domaine de la mécanique. Il permet de simuler la tenue et le comportement mécanique des structures, telles que les centrales nucléaires et les barrages hydroélectriques.

Sa spécificité est sa capacité à prendre en considération, dans les simulations, des phénomènes physiques complexes (fissuration,

thermique, irradiation, etc.), parfois uniques à l'ingénierie nucléaire par conséquent absents dans les logiciels du commerce.

Développé à la R&D d'EDF, code_aster permet également d'industrialiser les travaux de recherche en mécanique, et ainsi de les rendre accessibles, via le déploiement du logiciel, aux différentes ingénieries du groupe EDF.



Risk-BU est un logiciel d'aide à la décision pour la gestion des risques liés aux marchés d'énergies : électricité, gaz, charbon, quotas de CO₂, produits pétroliers, etc.

Il permet de sécuriser les portefeuilles d'actifs de production et de contrats de fourniture.





LA R&D INNOVE POUR PRÉPARER L'AVENIR

→ AGRI PV

Une innovation qui répond aux ambitions de développement des énergies renouvelables du groupe EDF : couplage d'une activité agricole et d'une installation photovoltaïque.



→ ÉOLIEN OFFSHORE

La R&D soutient EDF Renouvelables pour accompagner l'essor de la filière de l'éolien offshore flottant. Elle apporte, entre autres, son expertise en modélisation.



→ NOUVEAUX RÉACTEURS

La R&D poursuit ses travaux de recherche sur le SMR NUWARD, fruit du consortium entre EDF, CEA, Technicatome et Naval Group. Elle réalise aussi une veille sur différents concepts d'AMR, réacteurs de 4^e génération et apporte son expertise auprès d'un écosystème de start-ups.



→ BIODIVERSITÉ

La R&D a mis en place un programme ambitieux pour soutenir le groupe EDF et préserver la biodiversité (faune et flore) aux abords de ses ouvrages de production.



→ BORNES DE RECHARGE

La R&D contribue à la fiabilité et à la durabilité des bornes de recharge déployées par les entités du Groupe (IZI, IZIVIA, DREEV), en testant et en qualifiant le matériel.



→ STOCKAGE

La R&D est pleinement engagée dans le développement des technologies de stockage électrique. Elle étudie notamment la durée de vie, la performance et la seconde vie des batteries.



→ POURSUITE D'EXPLOITATION DU PARC

En appui des équipes en charge du parc nucléaire, la R&D mène des travaux pour améliorer les connaissances et la maîtrise du vieillissement des matériels.



→ CENTRALE IMMERSIVE INTERACTIVE

La R&D met à la disposition du parc nucléaire, un simulateur en réalité virtuelle pour former les agents de terrain.

→ POSEIDON

Un projet européen piloté par Eifer qui ouvre la voie sur la production et l'utilisation de méthanol de synthèse (e-méthanol) comme carburant dans le transport maritime. Un projet moteur de l'élimination des combustibles fossiles et de la décarbonation du transport maritime européen.



→ INFINITE COOLING

La R&D étudie un procédé permettant de récupérer une partie de l'eau contenue dans les panaches des tours de refroidissement. Ce procédé, breveté par une startup américaine émanant du MIT, est fondé sur un mécanisme d'ionisation des gouttelettes à l'intérieur de l'aéroréfrigérant. Il permettrait de récupérer entre 5 et 15 % de l'eau évaporée.





Parcourez l'univers de la R&D d'EDF



edf.fr/recherche



#EDFLab

La R&D recrute



edf.fr/edf-recrute



EDF SA
22-30 avenue de Wagram
75382 Paris cedex 08 - France
Capital de 2 084 365 041 euros
552 081 317 RCS Paris

www.edf.fr