



Site EDF Lab Paris-Saclay – ©EPA Paris-Saclay/DronePress.

La R&D d'EDF : un acteur majeur de la transition énergétique

Entretien avec Bernard Salha,
 Directeur de la R&D du groupe EDF

Propos recueillis par Jean-Pierre Hauet et Jacques Horvilleur



La transition énergétique, à laquelle aspirent aujourd'hui la plupart des pays ne se fera pas sans une décarbonation totale de la production d'électricité et sans une électrification massive de tous les usages qui peuvent l'accepter. Comment la direction de la R&D d'EDF contribue-t-elle, au sein du grand électricien national, à l'atteinte de ces objectifs ?

REE : En guise d'introduction, pouvez-vous nous présenter globalement l'entité R&D du groupe EDF en 2020 ?

Bernard Salha : La R&D, dans le groupe EDF, ce sont d'abord près de 2 000 salariés qui travaillent sur nos sites en France et à l'étranger. Le budget de ces sites, qui

constituent la R&D, s'est élevé en 2019 à 500 millions d'euros environ.

Aux trois sites « historiques » situés en région parisienne (dont celui du plateau de Saclay, où ont été transférées en 2016 les activités précédemment exercées à Clamart), se sont ajoutés six centres de recherche ouverts dans des pays dans lesquels le groupe est

actif. Ces centres, qui emploient environ 300 personnes, sont spécialisés chacun dans un domaine particulier. Ils nous donnent accès à ce qui se fait hors de France et permettent en outre, dans certains domaines, de valoriser le patrimoine scientifique d'EDF et de faciliter les partenariats.

Les centres de R et D d'EDF à l'étranger

- **Allemagne** : l'EIFER (*European Institute for Energy Research*) en association avec le KIT (*Karlsruhe Institute of Technology*), spécialisé dans les concepts énergétiques bas carbone locaux, les villes intelligentes et durables et leurs interactions avec les systèmes énergétiques, etc.
- **Italie** : Edison RD&I, à Milan et Turin, spécialisé dans l'habitat connecté, le stockage d'énergie, les piles à combustible, etc.
- **Royaume-Uni** : le centre de recherches d'EDF Energy travaillant notamment sur le nucléaire, les énergies renouvelables, les services connectés, etc.
- **Etats-Unis** : l'EDF Innovation Lab à Los Altos (Californie) centré sur les ressources énergétiques distribuées, l'analyse de données, l'analyse du marché, etc.
- **Chine** : le centre R&D de Chine à Pékin et Shenzhen, spécialisé dans le nucléaire, les énergies renouvelables, les smartgrids, la planification énergétique, etc.
- **Singapour** : EDF Singapour axé sur les villes durables, la planification énergétique, les microgrids, etc..

En France, notre transfert à Paris-Saclay est une grande réussite, notamment grâce aux partenariats académiques et industriels que cela favorise. Nos travaux ont contribué au lancement de startups, telles que Metroscope qui propose des solutions de diagnostic d'installations industrielles basées sur l'intelligence artificielle. Ce projet entrepreneurial a été conçu par une équipe de chercheurs issus de la direction de la R&D d'EDF

et grâce à l'impulsion et l'accompagnement des équipes d'EDF Pulse Croissance. La solution proposée aux industriels a été testée et approuvée par EDF sur ses propres installations.

Au fil de nos expériences, nous élargissons nos champs de compétences, qui touchent progressivement à tous les secteurs de la transition énergétique (carbone, agriculture, transport, etc.).

REE : Au moment de l'ouverture des marchés de l'énergie, on pouvait craindre que la R&D des opérateurs historiques en soit une victime collatérale. Votre exemple semble indiquer que ce n'est pas le cas. Est-ce une spécificité d'EDF ? Comment vous situez-vous par rapport à d'autres grands électriciens mondiaux ?

B. S. : Nous ne sommes pas une exception. Il semble même que la tendance générale soit actuellement à la croissance de l'effort de R&D chez les électriciens. En Europe, elle est certes moindre en Allemagne, mais elle est significative côté italien (ENEL) ou surtout espagnol (Iberdrola). Si l'on fait abstraction de nos travaux sur le nucléaire qui mobilisent 40 % de nos moyens, les autres acteurs consacrent à la R&D un effort qui est similaire au nôtre et qui lui est même plutôt supérieur.

Il faut noter également qu'il existe de grands centres de recherche coopératifs comme l'EPRI aux Etats-Unis ou le CRIEPI au Japon.

REE : Avant d'en venir à la transition énergétique, parlons justement du nucléaire. Quels sont les résultats les plus marquants de vos travaux actuels dans le nucléaire ?

B. S. : Notre ligne d'action est d'intégrer dans la filière nucléaire un maximum de briques technologiques innovantes dont beaucoup relèvent du concept de l'usine du futur. Nous en dénombrons une trentaine toutes développées dans le cadre de

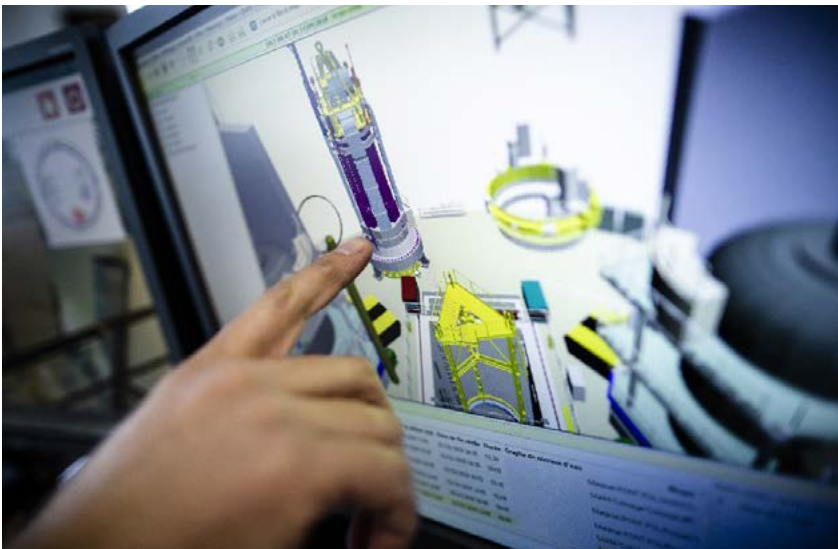
l'Initiative Usine Nucléaire du Futur (IUNF), j'en citerai trois :

- Les jumeaux numériques des réacteurs nucléaires : nous sommes leader d'un vaste projet associant Framatome, le CEA, le CNRS et cinq autres partenaires. Ce projet vise à développer des jumeaux numériques des réacteurs nucléaires c'est-à-dire la reproduction par le calcul et les algorithmes de processus physiques mis en œuvre dans chacun des sous-systèmes. Les simulations réalisées concernent notamment les générateurs de vapeur, afin notamment de mieux organiser les opérations de maintenance.
- La fabrication additive : nous nous sommes investis dans la fabrication additive métallique, par projection de matière, en utilisant de la poudre métallique ; le standard de qualité y est élevé. L'acquisition de cette compétence nous permet de répondre à la demande de divers clients industriels (Framatome, Naval Group, Safran...).
- Le combustible nucléaire : à l'avenir, le combustible EATF (*Enhanced Accident Tolerant Fuel*), plus résistant aux situations accidentelles graves et notamment aux pertes de refroidissement, offrira aux exploitants davantage de temps pour réagir en cas d'accident.

REE : Pour la production nucléaire de demain, on parle de plus en plus de petits réacteurs modulaires (les SMR). EDF est-elle associée au projet Nuward ? De quelle échéance parle-t-on et pour quels marchés ?

B. S. : Le projet Nuward de *small modular reactor*, sur lequel travaille EDF en est au stade de la réalisation d'un avant-projet sommaire, porté par notre direction de l'Ingénierie après que la R&D en a été l'instigateur. L'objectif est de réaliser un réacteur compact dont tous les équipements seront intégrés à la cuve et qui pourront être construits en usine.

En termes de marché, l'idée n'est pas de multiplier les réacteurs dans tous les pays du



■ Jumeau numérique – ©EDF - Denis ALLARD/REA.

●●● monde. Le marché restera pour nous circonscrit aux pays ayant atteint un niveau de maturité suffisant en matière de maîtrise des technologies nucléaires. Il nous semble que ces SMR joueront un rôle très important dans la substitution des centrales au charbon.

REE : Le parc de production d'électricité français, 100 % décarboné, sera un mix nucléaire/renouvelables (y compris l'hydraulique). Avec la montée en puissance des énergies renouvelables, aura-t-il la flexibilité suffisante pour faire face aux fluctuations de la demande ?

B. S. : Le nucléaire français est très flexible. La loi prévoit que l'on atteindra un mix électrique 50 % nucléaire/50 % énergies renouvelables en 2035. Nous savons gérer un tel équilibre sans porter atteinte à la durée de vie de nos centrales, nous l'avons démontré par des simulations à la maille horaire.

REE : Venons-en maintenant à la transition énergétique. Quelle est votre approche générale du sujet ?

B. S. : Dans cette problématique, on peut distinguer trois volets :

- La transition climatique : nous y répondons par une production décarbonée (sans émission de CO₂) ;

- La transition électrique : il s'agit d'électrifier tous les usages qui peuvent l'être ;

- La transition digitale et sociétale : c'est le développement du numérique (jumeaux numériques, intelligence artificielle...).

Dans ce cadre, notre raison d'être, formulée dans le projet « CAP 2030 » d'EDF, s'exprime ainsi :

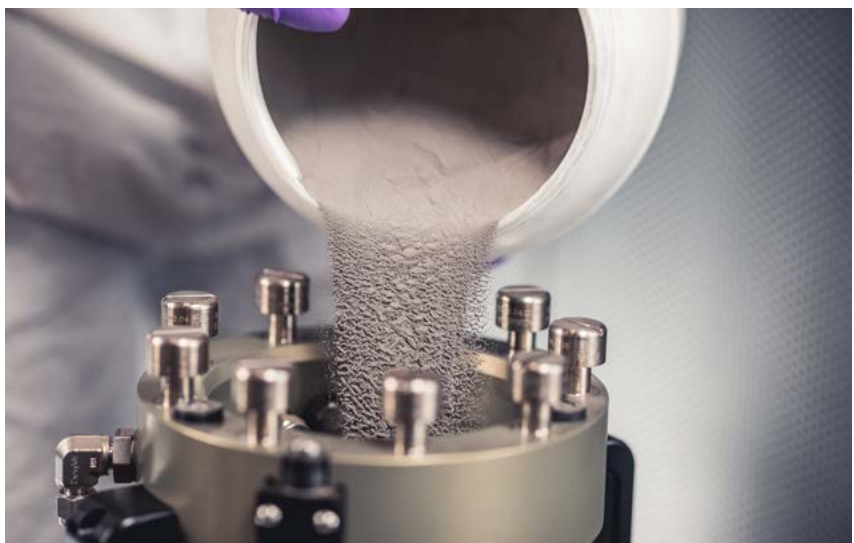
« Construire un avenir énergétique neutre en CO₂, conciliant préservation de la planète, bien-être et développement, grâce à l'électricité et à des services innovants. »

Pour y parvenir, la question de l'économie est centrale. Il ne s'agit pas seulement de poursuivre la baisse des prix des énergies renouvelables, mais aussi de disposer d'un modèle réglementaire permettant de sécuriser les investissements, de les « dé-risquer » et de gérer leur utilisation. Le projet européen EUSysFlex a été lancé dans cet esprit. Il est mené par 34 opérateurs (gestionnaires de réseaux, agrégateurs, instituts de recherche, consultants) dans 15 pays et EDF en assure un pilotage. Il vise à permettre à l'Europe d'atteindre un taux d'énergies renouvelables d'au moins 50 % en 2030, en développant les solutions de toutes natures (techniques, économiques, etc.) assurant la sécurité et la flexibilité de sa gestion ¹.

REE : Sur le second thème, l'électrification des usages, pouvez-vous nous citer quelques-unes des actions sur lesquelles travaillent des équipes de la R&D ?

B. S. : Dans le dernier numéro de la REE, nous avons présenté les actions que nous menons en faveur du secteur industriel, soit en valorisant les compétences acquises dans le cadre de nos recherches (décarbo-

¹ On pourra se reporter à la présentation du projet européen à l'adresse : https://eu-sysflex.com/wp-content/uploads/2019/10/EUSysFlex-brochure_web.pdf



■ Laboratoire Cold Spray fabrication additive – ©EDF - Adrien Daste/TOMA.

nation, automatisation, numérisation, etc.), soit en développant des solutions innovantes (notamment pompes à chaleur à haute température). Je n'y reviens pas.

Dans les autres secteurs, on notera particulièrement les travaux engagés sur :

- la mobilité électrique, en particulier la recharge « intelligente » ou *smart charging* ; nous expérimentons aux Renardières une plateforme disposant de stations de recharge de 350 kW (deux satellites) configurables et pilotables ainsi que d'un système de stockage 160 kW/160 kWh modulable, dont l'intégration dans le système électrique doit être optimisée ;

- les batteries : nous travaillons surtout sur les batteries lithium-ion notamment sous l'angle de leurs conditions d'utilisation, de leur vieillissement, de leurs causes de défaillance car nous pensons que leurs performances vont, par étapes, continuer à s'améliorer. Les batteries tout solide sont l'un des paliers qui sont attendus.

- nous avons également contribué à la création d'une spin-off dédiée aux batteries zinc-air (filiale du Groupe accompagnée par EDF Pulse croissance). Plus longues à charger et à décharger que celles au lithium-ion, mais deux fois moins chères, ces nouvelles batteries, baptisées Zinium, sont plus adaptées au stockage stationnaire, de l'électricité produite par exemple dans la journée, qu'à la mobilité.

- les pompes à chaleur dans le bâtiment, y compris celles à destination des immeubles d'habitation collectifs qui posent des difficultés particulières dans le neuf et dans l'existant.

En résumé, pour nous, tout ce qui électrifiable doit être électrifié, à partir du moment où nous savons produire, à grande échelle, de l'électricité décarbonée.

C'est un sujet sur lequel nous avons des échanges suivis avec nos collègues américains de l'EPRI (*Electric Power Research*



Station de charge de très forte puissance pour mobilité électrique – ©EDF - Adrien Daste/TOMA.

Institute), avec lesquels nous avons récemment organisé un colloque à Paris.

REE : On ne peut pas terminer cet entretien sans parler de l'hydrogène. Quel avenir en France, si la priorité est une électrification « tous azimuts » ?

B. S. : L'électrification est une priorité mais tout n'est pas électrifiable. On peut par exemple penser à l'industrie du ciment, au transport aérien, à la fabrication de l'acier, etc.

Il y a donc un espace pour le développement de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique, soit en utilisation directe, soit demain par recombinaison à partir de carbone biosourcé ou de CO₂ récupéré, pour fabriquer des produits à haute valeur ajoutée, y compris des e-fuels pour l'aviation par exemple.

Une question essentielle est celle de sa fabrication. Elle doit être bas-carbone et donc se faire par électrolyse de l'eau. Nous testons les trois filières d'électrolyseurs : alcalins, à membrane (technologie PEM : *Proton exchange membrane*) et à haute température (procédé SOEC : *Solid Oxide Electrolysis Cell*).

Rappelons que le groupe EDF a créé une filiale, Hynamics, capable d'accompagner les territoires et les industriels dans leurs projets de transition énergétique avec une solution clef en main de production et de distribution d'hydrogène par électrolyse. EDF Pulse Croissance est également l'actionnaire de référence de la société McPhy. ■

Bernard Salha

est directeur technique du Groupe EDF et directeur de la recherche et développement. Il est membre des conseils d'administration de EDF Renouvelables, Technicatome, Etablissement public de Paris Saclay, Electrical Power Research Institute (USA) et du conseil de surveillance d'ENEDIS. Il est président de SNETP (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform a.i.s.b.l.).

Dans ses précédentes fonctions, il a été notamment directeur de la division Ingénierie nucléaire d'EDF (2005-2010). Il a participé au programme nucléaire chinois en tant que responsable local de l'équipe de construction d'EDF sur le site de Ling Ao (1996-98). Il a également participé à la modernisation des infrastructures du port militaire de Cherbourg pour le compte de la Marine nationale (1997-1992).