

COMMUNIQUÉ DE PRESSE

Cinq ans de découvertes scientifiques avec l'ESRF-EBS, source de rayons X de nouvelle génération

Le 25 août 2025 marque les cinq ans de la mise en service de l'ESRF-EBS (Extremely Brilliant Source), une nouvelle génération de synchrotron qui représente un véritable changement de paradigme dans la science des rayons X. Ouvert à la communauté scientifique internationale le 25 août 2020, à l'issue d'un ambitieux programme de modernisation — un véritable défi technologique — l'ESRF-EBS a déjà permis des avancées majeures dans des domaines aussi variés que la santé, l'énergie, les matériaux, l'environnement ou le patrimoine culturel. Ses performances exceptionnelles permettent aux scientifiques d'explorer la matière avec un niveau de détail inédit — ouvrant la voie à de nouvelles réponses face aux grands défis de notre société.

Santé : de l'atlas des organes humain à la cartographie du système neuronal

Dans le domaine de la santé, l'ESRF a développé une technique qui a révolutionné la bio-imagerie médicale - la tomographie hiérarchique par contraste de phase (HiP-CT). S'appuyant sur la construction d'une nouvelle ligne de lumière taille XXL, elle permet de scanner des organes humains entiers en 3D, jusqu'au niveau cellulaire. Cette technologie a notamment permis de mieux comprendre les lésions pulmonaires causées par la COVID-19 et ouvre des perspectives prometteuses dans le diagnostic des cancers et l'étude des maladies infectieuses. Soutenu par la fondation Chan Zuckerberg Initiative, le projet Human Organ Atlas, piloté par l'ESRF et l'University College London (UCL), regroupe plus de 50 équipes de recherche dans le monde et propose un atlas du corps humain en 'open science' pour les chercheurs du monde entier. À ce jour, plus de 200 organes ont été scannés.

Dans le domaine émergent de la connectomique, un projet financé par le Conseil européen de la recherche (ERC) utilise une autre technologie innovante, la nano-holotomographie aux rayons X, pour cartographier les circuits neuronaux. Cette technique, des centaines de fois plus rapide que les techniques d'imagerie traditionnelles, a permis à des chercheurs de reconstituer les réseaux neuronaux responsables du mouvement des ailes et des pattes chez la mouche drosophile. Cette approche, en complément d'autres méthodes, pourrait contribuer à établir une cartographie du système neuronal du cerveau humain. Une nouvelle ligne de lumière dédiée à la nano-imagerie est en construction pour relever ce défi scientifique, avec des applications attendues pour la recherche sur les maladies neurodégénératives comme Alzheimer.

Faire avancer la recherche sur l'énergie, les matériaux, et l'environnement

Parmi les autres domaines de recherche majeurs rendus possibles par les performances exceptionnelles de l'EBS figurent le développement de nouveaux matériaux pour l'énergie durable et l'économie circulaire. La capacité d'observer des processus dans des conditions *in situ* et *operando*, de l'échelle atomique à celle des objets, est rendue possible par la nature hautement pénétrante des rayons X de l'EBS. Au sein d'un projet européen sur les batteries, l'ESRF collabore activement avec les acteurs industriels pour développer des batteries plus sûres, durables et performantes. En partenariat avec l'entreprise BASF, un nouveau service a été mis en place, de criblage rapide par rayons X, permettant d'analyser plus de 3 000 échantillons de cathodes par heure – une avancée qui réduit considérablement les temps de développement industriel.

Dans le domaine des géosciences, la haute énergie des rayons X de l'ESRF-EBS et le faisceau nanométrique permettent aux scientifiques d'étudier des matériaux soumis à des pressions statiques extrêmes, de plusieurs gigapascals — des conditions que l'on retrouve au cœur des planètes géantes gazeuses comme Jupiter et Neptune, ainsi que dans certaines exoplanètes. Un projet ERC utilise ces performances pour mieux comprendre la structure du noyau terrestre.

En sciences de l'environnement, les chercheurs ont désormais la possibilité de suivre la diffusion d'éléments toxiques, comme le cadmium, dans les sols et les plantes, et même dans les fèves de cacao. Les performances d'EBS couplées à un nouveau microscope permettent aux scientifiques de cartographier ces éléments avec une résolution inégalée, et jusqu'à 20 fois plus rapidement qu'auparavant. Ces données sont cruciales pour améliorer la sécurité alimentaire et les techniques de dépollution des sols.

Patrimoine culturel et paléontologie : éclairer le passé

L'ESRF-EBS s'illustre aussi dans le domaine du patrimoine culturel. L'ESRF et sa nouvelle ligne BM18 ont récemment accueilli un instrument mythique : Il Cannone, le violon préféré du célèbre Niccolò Paganini. Conservateurs et scientifiques ont uni leurs expertises pour scanner l'instrument sans l'endommager, jusqu'à la structure cellulaire du bois. Ces analyses offrent de nouvelles informations sur les techniques de fabrication, le vieillissement des matériaux et les propriétés acoustiques, contribuant à la préservation de ces trésors historiques.

En paléontologie, les mêmes techniques ont permis de scanner le minuscule crâne fossilisé d'un reptile vieux de 247 millions d'années, pris dans la roche. Cette découverte a conduit à l'identification d'une nouvelle espèce et à un nouveau regard sur l'histoire évolutive des reptiles.

Une installation de pointe très demandée

Les résultats scientifiques obtenus depuis 2020 confirment le potentiel exceptionnel de l'EBS. La demande de la communauté scientifique est d'ailleurs forte, avec un nombre record de demandes d'expériences et dix projets ERC en cours. En 2024, l'ESRF a enregistré 1 407 publications scientifiques de référence, soit près de 400 de plus que les années précédentes, avec une forte augmentation des publications dans des revues à fort impact. Chaque année, ce sont 10 000 scientifiques qui mènent des expériences sur les 46 lignes de lumière de l'ESRF.

Cette réussite repose sur un projet de modernisation qui a été un véritable défi scientifique et technique. En décembre 2018, après 26 ans de fonctionnement, l'ESRF a mis à l'arrêt son anneau de stockage historique pour 20 mois. Trois mois ont été nécessaires pour le démonter — 200 km de câbles déconnectés, 1 720 tonnes d'équipements retirés — puis neuf mois pour installer la nouvelle machine dans le tunnel de 844 mètres de circonférence. Plus de 10 000 composants ont été installés et alignés avec une précision de 50 microns, soit moins qu'un cheveu humain. Le premier faisceau de rayons X a été produit en janvier 2020, et l'ESRF-EBS a été mis en service le 25 août 2020, dans les délais prévus.

L'ESRF-EBS a permis de repousser les frontières de la science, y compris dans des domaines qui n'étaient pas imaginés au départ, renforçant ainsi le rôle de l'Europe dans des secteurs stratégiques tels que la santé, l'énergie, l'environnement et le climat.

Comme l'explique Jean Daillant, directeur général de l'ESRF, « *L'EBS a déjà permis des avancées remarquables dans plusieurs domaines scientifiques, faisant progresser les connaissances et contribuant à relever les défis majeurs auxquels nos sociétés sont confrontées. Et, ce n'est que le début de l'histoire. Au-delà de cette réalisation extraordinaire, l'ESRF est pleinement mobilisé pour exploiter le potentiel d'EBS en développant des instruments et des logiciels novateurs, pour repousser les frontières de la science et préparer la prochaine génération de synchrotrons.* »