



Célébration des 30 ans des lignes de lumière françaises à l'ESRF

DOSSIER DE PRESSE – JANVIER 2025

Sommaire

Programmation	3
Les lignes de lumière françaises à l'ESRF	4
Les lignes de lumière et leurs principales applications	5
Des instruments de pointe	6
Des résultats marquants	8
Des lignes tournées vers le futur	10
À propos	12
Contact presse	14

Programmation

1. Présentations

- 1.1. Introduction par Thierry Deutsch, Responsable de la structure d'exploitation des F-CRG, représenté par Nathalie Boudet, Directrice adjointe de l'Institut Néel
- 1.2. Exposé historique (Alain Bourret et Denis Raoux, anciens responsables de la structure d'exploitation des F-CRG)
- 1.3. Aujourd'hui et futur des lignes (Pascale Bayle-Guillemaud, Directrice du CEA/IRIG & Sylvain Ravy, Directeur adjoint scientifique CNRS Physique)

2. Discours officiels

- 2.1. Ouverture de la cérémonie par Jean Daillant, Directeur de l'ESRF
- 2.2. Intervention de Anne-Isabelle Étienne, Directrice de CEA/DRF
- 2.3. Intervention de Jean-Pierre Simorre, Directeur adjoint scientifique de CNRS Chimie
- 2.4. Intervention de Gabriele Fioni, Recteur délégué à l'enseignement supérieur, à la Recherche et à l'Innovation de la région académique Auvergne-Rhône-Alpes

3. Point presse et visite de lignes de lumière CRG françaises

- 3.1. BM02 - CRG D2AM : Diffraction/diffusion anormales pour la science des matériaux
- 3.2. BM 32 - CRG IF : Diffraction/diffusion, surfaces et interfaces
- 3.3. BM 07 - CRG FIP2 : cristallographie des macromolécules et physico-chimique
- 3.4. BM 30 - CRG FAME-PIX : Spectroscopie d'absorption pour les sciences des matériaux, de la Terre et de l'environnement

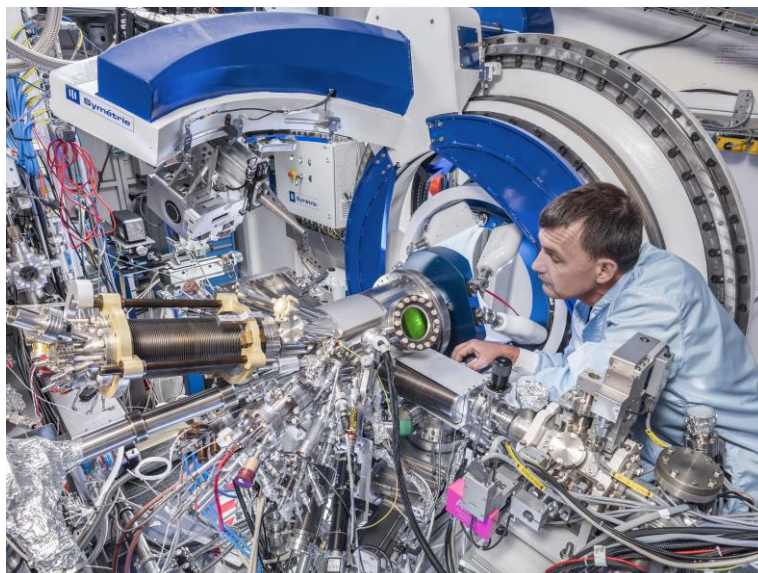
Les lignes de lumière françaises à l'ESRF

Installé sur le campus des grands instruments européens à Grenoble, l'ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) possède 44 lignes de lumière, dont cinq sont financées par la France et appelées lignes F-CRG (French-Collaborating Research Groups).

Les lignes CRG françaises de l'ESRF ont reçu en 1994 du CNRS et du CEA, les missions de renforcer et de faciliter l'utilisation des techniques synchrotron au travers d'une part, l'accueil, l'accompagnement et la formation des scientifiques des laboratoires français, et d'autre part, le développement d'une instrumentation de pointe et d'outils d'analyse adaptés.

Depuis 1994, ces cinq lignes de lumière couvrent un large éventail de domaines scientifiques, tels que la physique et la chimie des matériaux, des surfaces, la structure atomique des macromolécules biologiques, la catalyse, les sciences de la Terre et de l'environnement.

Les lignes F-CRG sont accessibles aux scientifiques du monde entier via un processus de soumission de proposition et d'évaluation par des pairs.



Instruments de mesure

D. Morel / CEA

Les lignes de lumière et leurs principales applications

- **D2AM**: Diffraction/diffusion anormales pour la science des matériaux (étude de la structure et des propriétés des matériaux massifs et matière molle),
- **IF**: Diffraction/diffusion, surfaces et interfaces (étude des surfaces et interfaces des matériaux). Science des matériaux et Nanoscience,
- **FIP2**: Cristallographie macromoléculaire et physico-chimique (études structurales et mécanistiques de protéines et autres macromolécules biologiques, ainsi que de molécules issues de synthèse chimique),
- **FAME**: Spectroscopie d'absorption pour les sciences des matériaux, de la Terre et de l'environnement (géochimie de sols pollués, hydrothermalisme, catalyse, matériaux dopés...),
- **FAME-UHD**: Spectroscopie d'absorption d'éléments traces (à l'état naturel dans les sols, à la concentration physiologique dans les cellules, en conditions réelles d'utilisation...).



Des instruments de pointe

Organisation

Ces cinq lignes françaises sont regroupées au sein d'une structure d'exploitation financée à hauteur de 60% par le CNRS et 40% par le CEA. Un responsable, de rang directeur d'unité de recherche, est chargé de coordonner le travail et le support sur les lignes qui ont chacune un responsable de ligne.

Multi-technique

Ces instruments proposent un très large panel de techniques de caractérisation utilisant le rayonnement synchrotron, permettant aux scientifiques de toujours trouver le mode de caractérisation adapté à leurs échantillons et à leur questionnement.

Sur-mesure

Les chercheurs et ingénieurs qui développent et accueillent leurs collègues extérieurs pour des expériences de quelques heures adaptent les dispositifs aux besoins de l'expérience, en proposant par exemple des dispositifs *in situ* et *operando* (pour travailler en conditions réelles d'utilisation ou de fonctionnement du matériau sondé, comme pour les batteries, les catalyseurs..., pour caractériser les composés en cours d'élaboration, comme pour la croissance de couches minces sur des substrats pour la micro-électronique). Issus eux-mêmes de laboratoires du CEA ou du CNRS, ils sont en ligne directe avec le tissu de la recherche académique grenobloise, française et internationale.

En évolution technique permanente

L'obtention successive de trois financements EquipEx, dont le dernier en date s'intitule MAGNIFIX* et d'un projet PEPR, nommé DIADEM**, a permis à ces instruments de se construire (5ème ligne FAME-UHD ouverte en 2017 à travers l'EquipEx EcoX), de se développer (nouveaux instruments sur les lignes existantes) et de toujours rester à la pointe de la technologie (jouvence de l'ensemble des lignes à travers l'EquipEx MAGNIFIX).

*MAGNIFIX

Porté par les unités mixtes de recherche IBS, MEM et Symmes de l'Irig, ainsi que par l'Institut Néel et l'OSUG, ce projet va permettre une mise au meilleur niveau des infrastructures françaises d'investigation aux rayons X durs. La communauté académique et industrielle française pourra ainsi accéder dans les meilleures conditions à la nouvelle source synchrotron de quatrième génération de l'ESRF, via les 5 « Collaborative Research Groups » français dont 2 sont gérés par l'IBS et par MEM. Cette mise à niveau débutera en 2021 et se poursuivra jusqu'en 2025, en maintenant l'accueil des projets sur ces lignes existantes.



Chargement d'échantillons par l'utilisateur de la ligne de lumière synchrotron BM07-FIP2

A. Aubert / CEA

Des résultats marquants

Les lignes F-CRG ont permis de contribuer à de nombreuses découvertes scientifiques. Parmi les résultats de ces dernières années nous pouvons citer :

- **en sciences de la Terre**, la compréhension de la formation des gisements d'or¹ ou du platine² dans la croûte terrestre, les interactions fluide-roche au niveau des zones de subduction³, la recherche de nouvelles sources de terres rares dans des déchets miniers⁴ et plus généralement la compréhension du transport de ces mêmes terres rares dans la couche terrestre⁵,
- **en sciences de l'environnement** le devenir des nanoparticules dans l'environnement et leur toxicité (nAg⁶) ou leur impact sur la production de bio-gaz⁷, le transport du cadmium dans les cacoyers depuis le sol jusqu'à nos tablettes⁸.
- **en médecine** l'intérêt du sélénium pour combattre certains cancers⁹, ou l'étude sur l'utilisation de polymères naturels bio compatibles¹⁰
- **dans le domaine de l'énergie**, l'amélioration des batteries au Li^{11,12,13}, des piles à combustible¹⁴, de l'efficacité des catalyseurs^{15,16},

¹ <https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/une-pompe-or-dans-la-croûte-terrestre>

² <https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/un-nouveau-moyen-de-transport-du-platine-dans-la-croûte-terrestre>

³ <https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/les-bouffées-doxygène-des-zones-de-subduction>

⁴ Couturier et al. "Yttrium speciation variability in bauxite residues of various origins, ages and storage conditions", *Journal of Hazardous Materials* **464** (2024) 132941

⁵ <https://www.esrf.fr/home/news/general/content-news/general/when-carbonates-are-key-to-the-concentration-of-rare-earth-elements-in-the-earths-crust.html>

⁶ <https://www.esrf.fr/home/news/spotlight/content-news/spotlight/spotlight441.html>

⁷ Auffan et al. "Combusted-diesel additives containing CeO₂ nanomaterials shape methanogenic pathways during sludge digestion and enhance biogas production", *Environmental Science: Nano* **9** (2022) 4201-4213

⁸ <https://www.synchrotron-soleil.fr/fr/actualites/du-sol-la-feve-de-cacao-quelles-voies-emprunte-le-cadmium-dans-les-cacoyers>

⁹ <https://www.univ-grenoble-alpes.fr/news/headlines/international-team-examines-how-selenium-could-help-in-fight-against-ovarian-cancer-1215294.kjsp?RH=1581082035011>

¹⁰ Langmuir, 2017 33(44) 12697-12707

¹¹ https://www.chemistryviews.org/details/news/11216766/Cathode_Additive_Improves_Lithium-Ion_Batteries/

¹² Nat Commun 15, 10258 (2024)

¹³ Adv. Energy Mater. 2024, 2404080

¹⁴ <https://phys.org/news/2016-10-catalyst-pem-fuel-cell.html>

¹⁵ https://www.esrf.fr/Apache_files/Highlights/2020/index.html#/page/115

¹⁶ https://www.esrf.fr/Apache_files/Highlights/2020/index.html#/page/125

¹⁷ <https://www.esrf.fr/home/news/general/content-news/general/green-chemistry-and-biofuel-the-mechanism-of-a-key-photoenzyme-decrypted.html>

- **en chimie verte** pour la biosynthèse d'alcane¹⁷ ou d'hydrogène¹⁸,
- **en biologie marine** pour comprendre comment certaines bactéries survivent¹⁹,
- **dans les matériaux de prothèse pour la santé** (stent en Titane, dent en Zircane)²⁰
- **dans les matériaux, architectures d'aujourd'hui et de demain** (métaux nanoporeux pour la catalyse, les matériaux 2D, l'intégration 3D en microélectronique)²¹
- **dans les procédés innovants de chimie séparative** (recyclage des déchets nucléaires)²²
- **dans les matériaux réfractaires** (Tungstène des divertors d'ITER)²³
- **dans la fiabilisation des mesures sous synchrotron** sur les batteries en cours de fonctionnement²⁴
- **dans les procédés et substrats pour la microélectronique** (smartcut SOI)²⁵



Intérieur de la cabane optique de la ligne de lumière synchrotron BM07-FIP2

A. Aubert / CEA

¹⁸<https://www.ibs.fr/fr/communication/faits-marquants/2023/un-transfert-sous-haute-protection-pour-l-assemblage-du-site-actif-des>

¹⁹ <https://www.esrf.fr/home/news/spotlight/content-news/spotlight/marine-bacteria-manage-iron-scarcity-to-produce-half-worlds-oxygen.html>

²⁰ <https://doi.org/10.1021/acsami.2c05939>, <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2024.116794>

²¹ <https://www.esrf.fr/files/live/sites/www/files/ExternalFiles/Communication/Highlights/2022/index.html#/page/94>, <https://www.esrf.fr/files/live/sites/www/files/ExternalFiles/Communication/Highlights/2023/test.html#/page/88>, https://irig.cea.fr/drf/irig/Pages/Vulgarisation/2021_Materiaux-2D-enjeux-et-perspectives.aspx, <https://doi.org/10.1016/j.mee.2022.111809>

²² <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.131049>

²³ <https://doi.org/10.1016/j.nme.2023.101533>, <https://www.cea.fr/drf/Pages/Actualites/Vie-de-la-DRF/2023/celebration-divertor-tungstene-west.aspx>

²⁴ <https://doi.org/10.1021/acsenerylett.3c00815>

²⁵ <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2011.12.050>, <https://www.soitec.com/en/>

Des lignes tournées vers le futur

Ces lignes sont en constante évolution, dans un domaine très compétitif, pour toujours répondre aux attentes actuelles des chercheurs, mais avec l'ambition de répondre aux futures attentes. Le Programme et Equipement Prioritaire de Recherche (PEPR) DIADEM entre autres va permettre d'investir dans des systèmes permettant de passer plus facilement plus d'échantillons en moins de temps, ce qui est possible depuis longtemps avec les systèmes biologiques ; cette possibilité permettra par exemple de cribler rapidement de très nombreux nouveaux matériaux, de travailler non pas en analysant un échantillon unique mais des duplicats, des triplicats...plus représentatifs lors des études sur des systèmes naturels.

L'EquipEx MAGNIFIX va permettre de construire deux nouvelles stations d'analyse, dédiées pour l'une aux mesures d'imagerie X à une résolution d'une cinquantaine de nanomètres, pour l'autre aux mesures des contraintes dans un échantillon hétérogène à une échelle d'une centaine de nanomètres.

Points forts :

- Optiques à l'état de l'art pour exploiter la brillance et la cohérence du faisceau synchrotron de rayons X,
- Instrumentations pour analyses *in situ* et *operando*,
- Collaborations étroites entre les instruments et les scientifiques des laboratoires français,
- Accompagnement complet, de la définition du projet jusqu'à l'analyse des données.

Pour plus d'informations : <https://f-crg.fr/>

Financements

- **Projet « MAGNIFIX »** : Le financement du projet Magnifix a été attribué dans le cadre du troisième Plan d'Investissement d'Avenir français (PIA3 / Appel à manifestations d'intérêt ESREquipEx+), au titre de l'AMI « Equipements structurants pour la recherche / EQUIPEX + »

Budget accordé : 8,632 M€

- **Projet « DIADEM »** : il s'agit d'un Programme et Équipements Prioritaires de Recherche Exploratoire (PEPR), qui vise à accélérer la conception et l'arrivée sur le marché de matériaux plus performants et durables

Budget accordé : 3,240 M€



Chargement d'échantillons par l'utilisateur de la ligne de lumière synchrotron BM07-FIP2

A. Aubert / CEA

À propos ...

Le CEA



Fort d'un modèle unique, le CEA est un organisme public de recherche dont la raison d'être est d'éclairer la décision publique et de donner aux entreprises françaises et européennes ainsi qu'aux collectivités les moyens scientifiques et technologiques de mieux maîtriser des mutations sociétales majeures autour des transitions énergétique et numérique, de la santé du futur ainsi que de la défense et la sécurité globale. Cette raison d'être s'appuie sur trois grandes valeurs qui guident l'action du CEA et de ses équipes : curiosité, coopération et conscience des responsabilités.

Le centre CEA-Grenoble, qui réunit plus de 4 500 collaborateurs, est à la pointe de la recherche technologique, des batteries électriques aux nanotechnologies en passant par les matériaux et les biotechnologies, et participe activement au transfert de ces connaissances vers l'industrie, appuyé sur un socle scientifique d'excellence.

<https://www.cea.fr/>

Le CNRS



Le Centre national de la recherche scientifique est une institution publique de recherche parmi les plus reconnues et renommées au monde. Depuis plus de 80 ans, il répond à une exigence d'excellence au niveau de ses recrutements et développe des recherches pluri et interdisciplinaires sur tout le territoire, en Europe et à l'international. Orienté vers le bien commun, il contribue au progrès scientifique, économique, social et culturel de la France. Le lien étroit qu'il tisse entre ses activités de recherche et leur transfert vers la société fait de lui aujourd'hui un acteur clé de l'innovation. Le partenariat avec les entreprises est le socle de sa politique de valorisation. Le CNRS rend accessible les travaux et les données de la recherche ; ce partage du savoir vise différents publics : communautés scientifiques, médias, décideurs, acteurs économiques et grand public.

La circonscription Alpes du CNRS regroupe 70 unités et 2300 agents, au cœur de l'innovation et de l'écosystème du sillon alpin

www.cnrs.fr

L'ESRF



L'ESRF – European Synchrotron Radiation Facility – est la plus intense des sources de rayonnement synchrotron, avec des rayons X 100 milliards de fois plus brillants que les rayons X utilisés à l'hôpital. Ces rayons X aux propriétés exceptionnelles sont produits à l'ESRF par des électrons de très haute énergie circulant dans un "anneau de stockage", un tunnel circulaire de 844 m de circonférence. La demande d'utilisation de ces faisceaux de rayons X est croissante et, chaque année, des milliers de chercheurs du monde entier viennent à Grenoble pour réaliser des expériences sur les 43 stations expérimentales, appelées "lignes de lumière" de l'ESRF, toutes spécialisées et équipées d'instruments à la pointe de l'innovation, en fonctionnement 24h/24 et 7jours/7.

Grâce à la brillance et la qualité de sa source de rayons X, l'ESRF fonctionne comme un « super microscope », qui permet de « filmer » la position et le mouvement des atomes et de révéler la structure de la matière dans toute sa beauté et sa complexité. L'ESRF offre ainsi aux scientifiques des outils inégalés pour l'exploration des matériaux et de la matière vivante, dans des domaines très variés allant de la chimie et de la physique des matériaux, à l'archéologie et au patrimoine culturel, en passant par la biologie structurale, la santé et les sciences de la vie, les sciences de l'environnement, de l'information et les nanotechnologies.

www.esrf.fr

Contact presse :

Célia DAHAN / 06 79 65 99 71

celia.dahan@cea.fr

Suivez toute l'actualité du CEA sur **cea.fr**
et sur nos réseaux sociaux

