




UNE LUMIÈRE INTENSE POUR LA SCIENCE





Situé à Grenoble, France, l'ESRF (Installation Européenne de Rayonnement Synchrotron) brille sur la recherche mondiale. Les faisceaux de lumière extrêmement intenses produits à l'ESRF attirent, chaque année, des milliers de chercheurs, du monde académique comme de l'industrie.

LA PLUS INTENSE DES SOURCES DE LUMIÈRE SYNCHROTRON

Un équipement de recherche unique au monde

Imaginez une source de rayons X 100 milliards de fois plus brillante que les rayons X utilisés à l'hôpital. Des rayons X permettant de comprendre les plus petits détails de la structure de la matière, au niveau atomique. Ces rayons X, aux propriétés exceptionnelles, sont produits à l'ESRF par des électrons de très haute énergie circulant dans un accélérateur aux dimensions impressionnantes, "l'anneau de stockage".

Fonctionnant à la manière d'un microscope géant, l'ESRF offre des possibilités inégalées dans l'exploration des matériaux et de la matière vivante.

Une référence pour la science et l'innovation

Inauguré en 1994, l'ESRF est un institut international de recherche fondamentale, ouvert à la recherche appliquée et industrielle. Financé par 21 pays partenaires, l'ESRF est la plus intense des sources de lumière synchrotron au monde.

Doté de 43 stations expérimentales spécialisées, appelées "lignes de lumière", toutes équipées de technologies à la pointe de l'innovation, l'ESRF offre aux scientifiques un outil extrêmement performant, en constante évolution.

La force de l'ESRF est aussi de réunir, au sein d'un même équipement, des équipes interdisciplinaires de chercheurs, d'ingénieurs et de techniciens au plus haut niveau mondial.

Chaque année, plusieurs milliers de chercheurs viennent à Grenoble réaliser des expériences sur les lignes de lumière de l'ESRF, en fonctionnement 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7.

AU CŒUR DE LA MATIÈRE

Percer les secrets de la matière

De quoi est composée notre planète? Que sait-on des processus du vivant? Comment expliquer les propriétés de la matière? Sera-t-il possible un jour de lutter plus efficacement contre le cancer ou de développer des médicaments plus ciblés? D'utiliser des matériaux renouvelables plus performants? D'imaginer de nouveaux composants électroniques? De lutter plus efficacement contre la pollution? La plupart de ces questions ne peuvent être résolues que par une connaissance approfondie de la structure intime de la matière. C'est tout l'enjeu des recherches menées à l'ESRF. Par la qualité et la brillance de sa source de rayons X, l'ESRF permet de mieux comprendre la structure atomique et microscopique de la matière, dans toute sa complexité.

La brillance extrême des rayons X synchrotron

En lumière visible et à l'aide d'un microscope optique, il est possible d'observer des objets de la taille d'un microbe. Mais pour "voir" les atomes, 10 000 fois plus petits qu'un microbe, il faut une lumière ayant une très courte longueur d'onde : les rayons X. L'extrême brillance des faisceaux de lumière de l'ESRF ouvre de nouveaux champs d'applications, rendant par exemple possible l'observation d'échantillons nanoscopiques, le suivi de réactions chimiques ou biologiques sur des échelles de temps extrêmement courtes et dans des environnements complexes.

21 pays partenaires de l'ESRF *

13 états membres :

- France : 27,5 %
- Allemagne : 24 %
- Italie : 13,2 %
- Royaume-Uni : 10,5 %
- Russie : 6 %
- Benesync (Belgique, Pays-Bas) : 5,8 %
- Nordsync (Danemark, Finlande, Norvège, Suède) : 5 %
- Espagne : 4 %
- Suisse : 4 %

8 pays associés : **

- Israël : 1,5 %
- Autriche : 1,3 %
- Centralsync (République tchèque, Hongrie, Slovaquie) : 1,05 %
- Portugal : 1 %
- Pologne : 1 %
- Afrique du Sud : 0,3 %

* L'ESRF a la forme juridique d'une société civile de droit français

** % de la contribution totale des pays membres

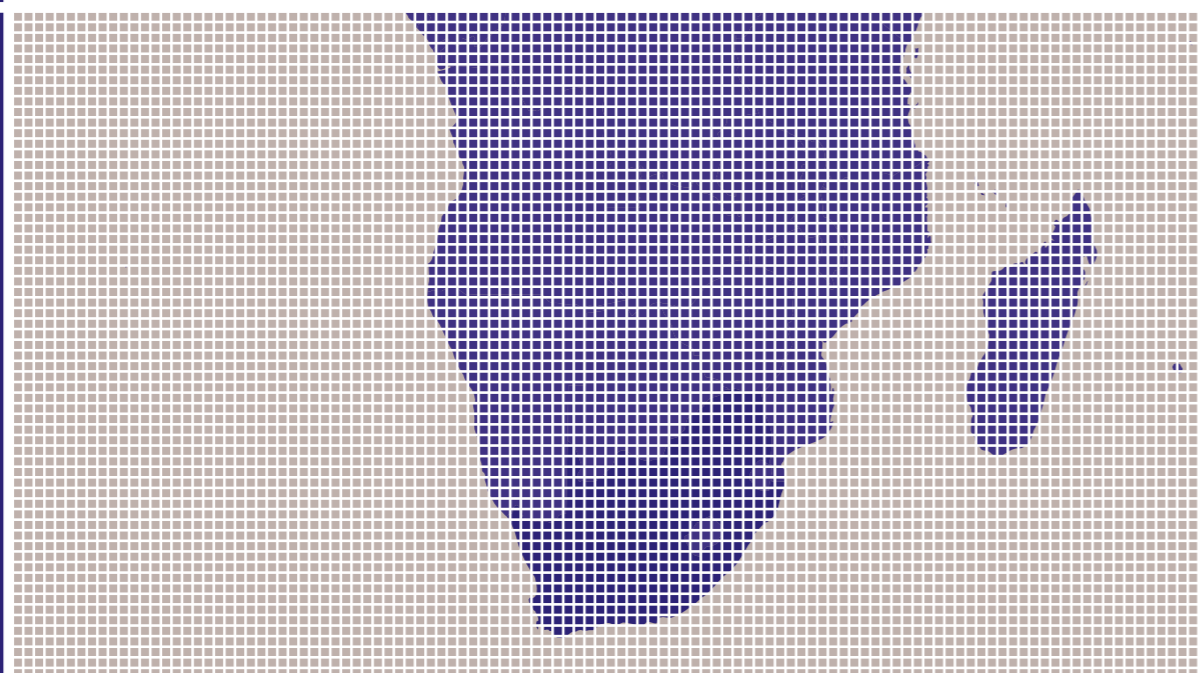


UN MODÈLE DE COOPÉRATION INTERNATIONALE

Une vision internationale

En 1988, douze pays européens ont mis leurs forces en commun pour construire le plus grand synchrotron du monde. Ce projet visionnaire a contribué à l'excellence de la science européenne. Près de trente ans après, l'ESRF est une référence mondiale, développant des technologies qui bénéficient aux autres synchrotrons. La communauté d'utilisateurs, forte de plusieurs milliers de chercheurs dans le monde entier, n'a cessé de grandir.

Aujourd'hui, l'ESRF est un modèle de coopération internationale, avec 21 pays partenaires, tous guidés par la même quête d'excellence, la même volonté d'apporter des réponses aux grands défis technologiques, économiques, sociétaux et environnementaux auxquels notre monde est confronté.



Un personnel et des utilisateurs de classe mondiale

Au premier plan de la recherche en rayons X, l'ESRF compte un nombre record de publications dans les revues scientifiques : plus de 25 000 publications de référence sur les deux dernières décennies, près de 2 000 par an !

L'ESRF, qui cultive l'innovation et l'excellence scientifique et technique, s'est lancé dans un programme ambitieux de modernisation, "l'Upgrade Programme". Pour relever ce défi, l'ESRF peut s'appuyer sur une concentration de compétences et d'expertise de son personnel au plus haut niveau mondial. Issu de 40 pays et de formations variées, le personnel de l'ESRF apporte à l'institut une richesse et une dynamique incomparables.

Former une nouvelle génération de scientifiques

L'ESRF est très impliqué dans la formation des jeunes scientifiques. Un grand nombre d'étudiants en thèse et de post-doctorants font leurs premiers pas comme chercheurs dans l'un des synchrotrons les plus renommés au monde. Ce flux continu de nouveaux scientifiques est essentiel pour maintenir la vitalité de la recherche internationale et assurer son avenir.

L'ESRF a également mis en place des programmes pédagogiques en direction des plus jeunes, pour les sensibiliser aux enjeux scientifiques, leur faire découvrir la science sous toutes ses facettes et la diversité des carrières scientifiques.

Un environnement exceptionnel

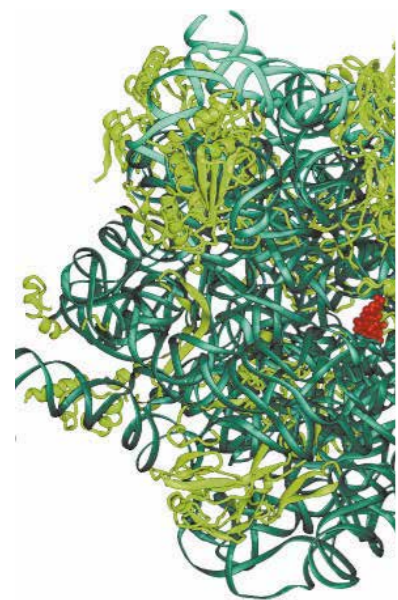
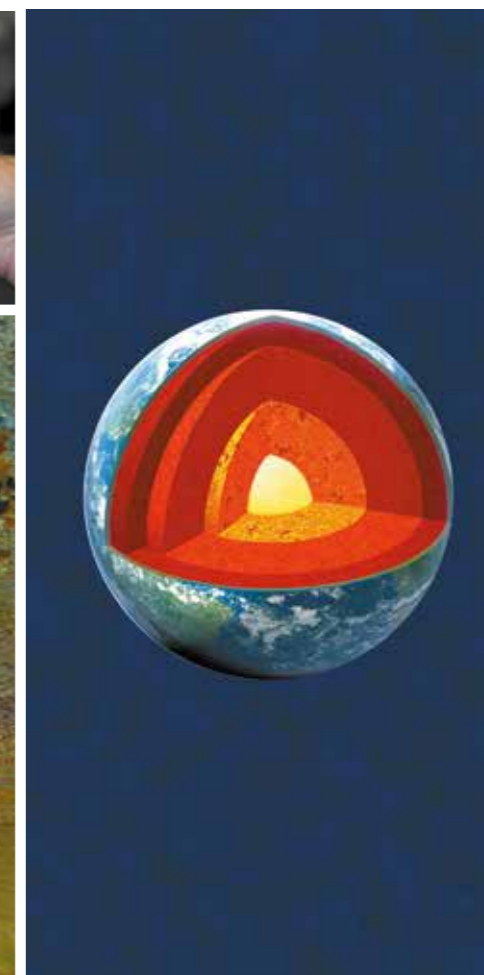
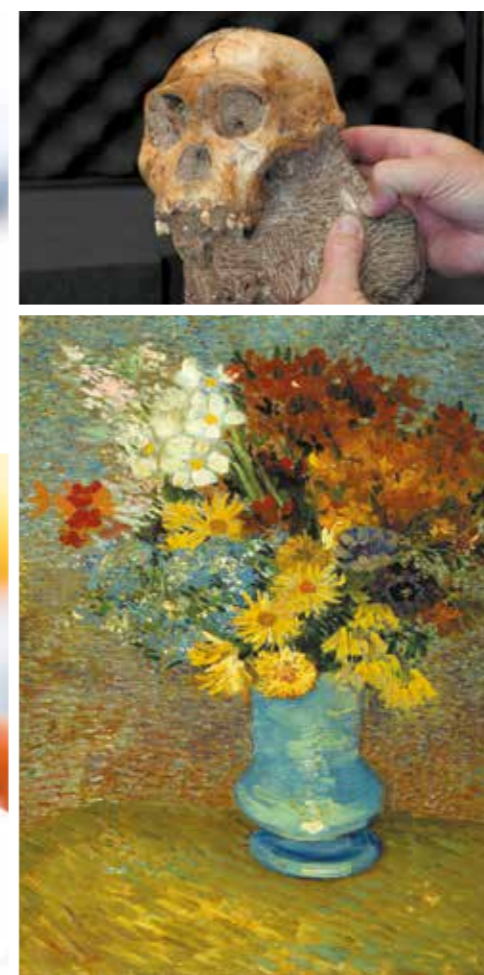
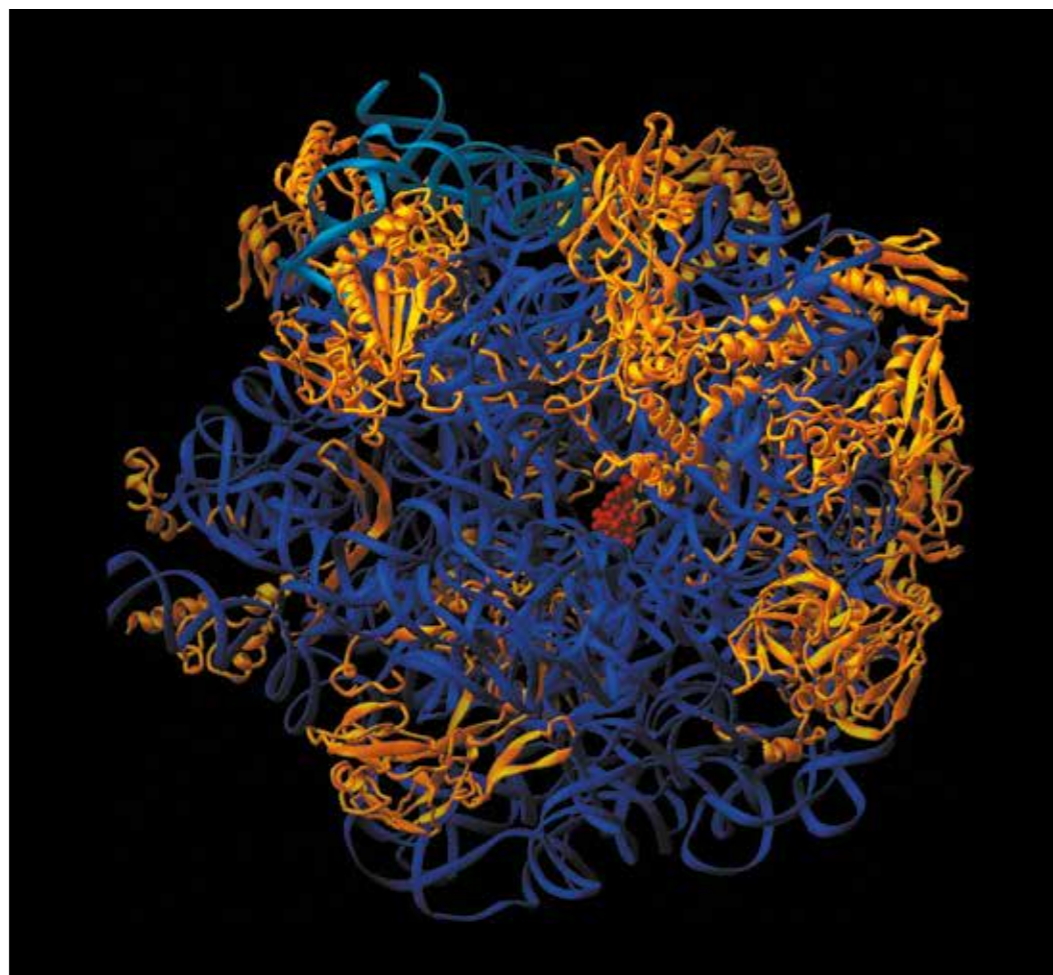
Implanté à Grenoble, au cœur des Alpes françaises, l'ESRF bénéficie d'un environnement exceptionnel et d'une qualité de vie qui attirent les talents. Ville cosmopolite, Grenoble est un pôle d'innovation mondialement reconnu pour ses centres de recherche, ses universités, son dynamisme économique.

L'ESRF bénéficie d'un positionnement stratégique, au cœur de l'EPN Science Campus, qui concentre des moyens de recherche uniques en Europe et au monde pour l'exploration du vivant et des matériaux. L'ESRF est aussi un partenaire actif du campus d'innovation mondial, GIANT, Grenoble Innovation for Advanced New Technologies, poumon du développement économique et scientifique de Grenoble.



LA SCIENCE SOUS TOUTES SES FACETTES

Observer et déchiffrer la matière est à la base de la quête de l'humanité pour mieux comprendre le monde dans lequel nous vivons. La lumière extrêmement brillante de l'ESRF offre des possibilités inégalées dans 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.



AU CŒUR DU VIVANT

Une révolution pour la biologie structurale

L'étude des protéines est essentielle pour décrypter les mécanismes complexes du vivant. La cristallographie par rayons X est une des techniques les plus utilisées pour étudier les protéines individuellement, comprendre l'organisation des atomes à l'intérieur des protéines. Cependant les systèmes biologiques plus complexes nécessitent une approche multidisciplinaire pour obtenir l'image la plus complète possible. L'ESRF offre la possibilité de combiner les techniques, à basse et haute résolution : diffraction, spectroscopie, microscopie.

Le ribosome, créateur de protéines

Le ribosome est un complexe macromoléculaire situé au cœur de la cellule. Il est constitué d'ARN et de nombreuses protéines. Sa fonction est de fabriquer des protéines à partir de l'information génétique contenue dans les gènes. Sa structure a été étudiée pendant de longues années et finalement résolue grâce à la lumière synchrotron. Deux utilisateurs de l'ESRF, Ada Yonath et Venki Ramakrishnan, ont été récompensés par le prix Nobel de Chimie en 2009, pour leurs recherches sur le ribosome, qui ouvrent des perspectives importantes, par exemple pour l'élaboration de nouvelles générations d'antibiotiques.

UNE RECHERCHE MÉDICALE DE POINTE

L'invisible rendu visible

Les propriétés uniques de la lumière synchrotron permettent d'améliorer les techniques traditionnelles à base de rayons X utilisées pour l'imagerie médicale mais aussi de développer des techniques thérapeutiques nouvelles, par exemple pour mieux lutter contre certains cancers. Les enjeux : mieux cibler les tumeurs, réduire les doses de rayonnement, éviter d'abîmer les tissus sains et améliorer l'efficacité des thérapies.

Développer de nouveaux médicaments

L'un des objectifs de l'industrie pharmaceutique aujourd'hui est de concevoir des médicaments plus "ciblés". Les techniques proposées par l'ESRF, comme la cristallographie par rayons X, sont devenues indispensables pour aller encore plus vite et plus loin dans la connaissance de la structure des protéines. Un exemple : le parasite du paludisme, appelé Plasmodium, transmis chez l'homme par les piqûres de moustiques. Plus de 300 millions de personnes dans le monde en sont victimes. Le parasite se sert d'une protéine spécifique qui se fixe aux cellules sanguines afin de s'introduire dans la cellule puis de s'y reproduire. Des travaux menés à l'ESRF ont permis de mieux comprendre la structure du domaine de fixation.

DE LA PALÉONTOLOGIE À LA CULTURE

Aux origines de l'Homme

L'imagerie par rayons X est de plus en plus utilisée pour l'étude des fossiles. Les chercheurs peuvent bénéficier, à l'ESRF, de données de haute qualité mais aussi de techniques d'investigation non-destructives. L'ESRF est leader dans ce domaine. Les équipes de l'ESRF ont ainsi ausculté des fossiles célèbres comme Toumaï, Sediba, dévoilé des insectes cachés dans de l'ambre opaque ou encore identifié le plus ancien squelette de primate connu.

Préserver notre patrimoine culturel

Pourquoi le jaune des tableaux de grands peintres de la fin du 19^e siècle / début du 20^e siècle comme Vincent Van Gogh ou Henri Matisse, perd-il son éclat ? Une réponse a été apportée par le rayonnement synchrotron de l'ESRF, grâce à des expériences qui ont permis de déterminer non seulement les processus chimiques qui se produisent dans la peinture décolorée, mais aussi le procédé chimique de préparation des pigments utilisés par ces grands maîtres. Ces résultats sont essentiels pour améliorer la conservation de ces chefs-d'œuvre et détecter au plus tôt ces dégradations.

UNE FENÊTRE SUR L'UNIVERS

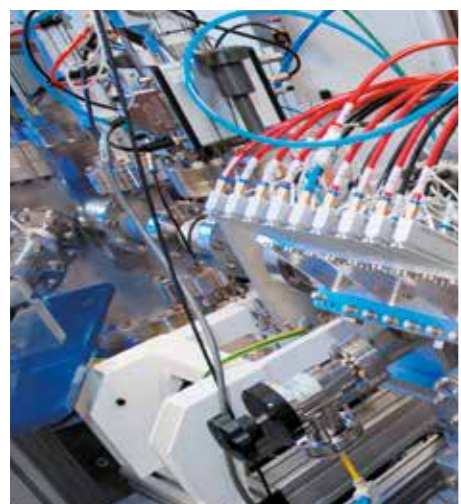
Notre planète, cette inconnue

Les tremblements de terre, les éruptions volcaniques, la tectonique des plaques sont les manifestations, à la surface de la Terre, de mouvements qui prennent naissance à des milliers de kilomètres sous nos pieds. Afin de mieux comprendre ces phénomènes, les géophysiciens, grâce aux techniques synchrotron, étudient la composition et la structure des matériaux qui composent le noyau de la Terre. Pour cela, ils reconstituent, en laboratoire, les conditions extrêmes de température et de pression qui règnent au centre de la Terre.

Voyage au centre de la Terre

La température du centre de la Terre intrigue depuis longtemps les scientifiques. Elle est essentielle car elle influence les mouvements du manteau terrestre, responsables de la tectonique des plaques, mais aussi de l'activité volcanique. Elle entretient également le champ magnétique terrestre.

Des expériences menées à l'ESRF permettent de déterminer la température de fusion du fer près du centre de la Terre. Pour réussir ce tour de force expérimental, les scientifiques soumettent des micro-grains de fer à des millions d'atmosphères et plusieurs milliers de degrés.



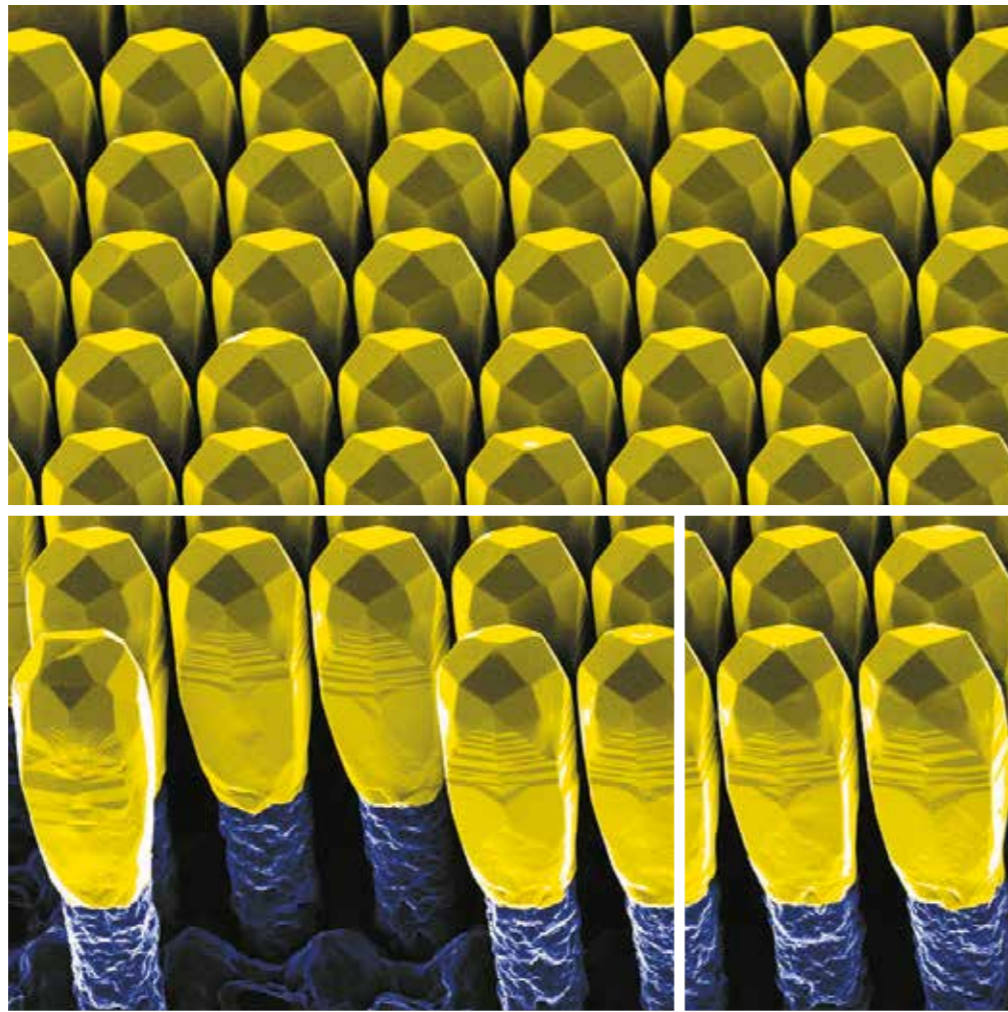
EXPLORER LE NANOMONDE

À l'échelle du nanomètre

Ce monde, invisible à l'œil nu, fascine les chercheurs car la matière y révèle des propriétés tout à fait étonnantes. Situées au croisement de plusieurs disciplines – physique, chimie, biologie, science des matériaux –, les nanosciences sont à l'origine de véritables révolutions technologiques, dont beaucoup sont à venir. La lumière synchrotron est idéale pour explorer les nano-structures.

Pour un avenir plus lumineux

Les LEDs ont progressivement remplacé les ampoules traditionnelles, révolutionnant le monde de l'éclairage et des écrans. Aujourd'hui, les chercheurs, les industriels réfléchissent à une nouvelle génération de LEDs, plus lumineuses, avec des coûts de production moindres. Une des pistes les plus prometteuses réside dans la composition de LEDs par nanofils. En combinant plusieurs techniques à l'ESRF, il est possible d'étudier les nanofils avec de hautes résolutions spatiales et ainsi de relier les aspects structuraux/chimiques aux propriétés de la lumière émise.



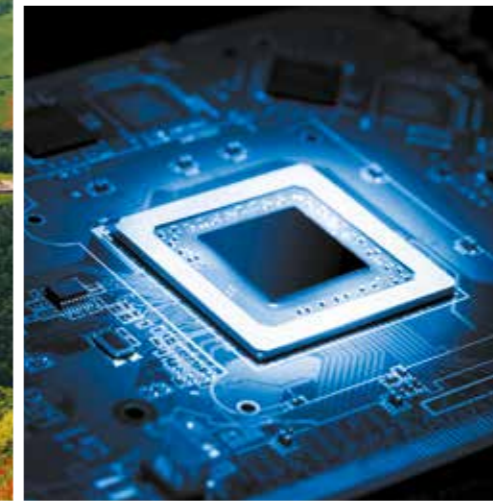
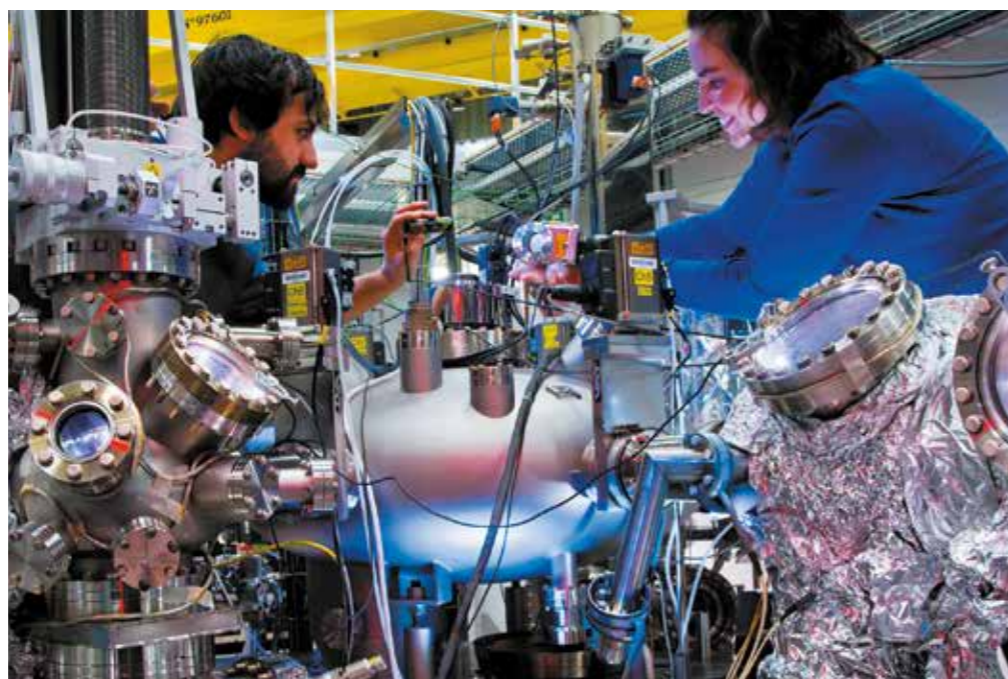
CONCEVOIR LES MATÉRIAUX DE DEMAIN

De plus en plus performants

Une grande variété de matériaux sont étudiés grâce aux rayons X : alliages métalliques, semi-conducteurs, cristaux liquides, polymères, colloïdes, verres, fibres optiques, plastiques, catalyseurs. Les techniques proposées à l'ESRF sont extrêmement utiles pour étudier le comportement de ces matériaux mais aussi pour concevoir des matériaux plus résistants, plus performants, plus respectueux de l'environnement.

S'inspirer de la nature

Imaginez un polymère qui aurait la résistance d'un fil d'acier tout en étant deux fois plus élastique que le nylon ? Ce polymère, impossible à fabriquer par l'homme jusqu'à présent, existe à l'état naturel : c'est le fil de soie produit par l'araignée. Les études menées à l'ESRF pour comprendre comment les molécules s'organisent pour donner des propriétés mécaniques aussi extraordinaires permettront peut-être demain de produire des fibres en polymères synthétiques de qualité équivalente. Des enjeux pour la médecine, le bâtiment, le sport, l'habillement, l'industrie automobile !



CONSTRUIRE UN FUTUR DURABLE

Relever les défis de l'environnement et de la gestion de l'énergie

Ces deux dernières décennies, l'environnement et l'énergie ont pris une part croissante dans le panel de recherches menées à l'ESRF. Mieux comprendre comment les batteries lithium-ion fonctionnent, élaborer un catalyseur puissant pour la conversion de la biomasse en carburants renouvelables, étudier le devenir de nanoparticules dans l'eau, dans les sols, réduire la toxicité de certains polluants, imaginer de nouveaux matériaux pour le stockage de l'hydrogène... Voilà quelques exemples de recherches rendues possibles grâce aux équipements scientifiques de pointe de l'ESRF.

Étudier la photosynthèse pour améliorer notre avenir

Dans la nature, un complexe enzymatique, appelé photosystème II, est capable de réaliser cette réaction cruciale (oxydation de molécules d'eau et production d'oxygène) avec le maximum d'efficacité. Ce complexe enzymatique se trouve dans les plantes, les algues et les cyanobactéries. Le photosystème II a été étudié dans le moindre détail par cristallographie, mais il fallait une autre technique, la spectroscopie d'absorption avec résolution temporelle, pour pouvoir suivre "en ligne", à l'ESRF, le cycle complet du mécanisme sophistiqué d'oxydation de l'eau. La compréhension de ce mécanisme devrait permettre d'utiliser l'énergie solaire pour produire de l'hydrogène, ce qui ouvrirait la voie à une nouvelle génération de piles rechargeables.

INDUSTRIE

Un "super-microscope" pour l'industrie

La lumière synchrotron est de plus en plus utilisée pour répondre à des problématiques industrielles très concrètes, liées au cycle de vie des matériaux : recherche et développement de nouveaux produits, mise au point ou optimisation de procédés de fabrication, contrôle qualité, suivi du vieillissement des produits, métrologie, recyclage ou valorisation en fin de vie. 30 % des recherches menées à l'ESRF impliquent des partenariats industriels. Les champs d'application sont nombreux : produits pharmaceutiques et biotechnologie, chimie et catalyse, cosmétiques, produits alimentaires, ingénierie automobile et construction, nanotechnologies et semi-conducteurs, énergie, environnement, métallurgie et matériaux avancés.

Les technologies électroniques de demain

L'observation à l'échelle microscopique et nanoscopique des composants électroniques est un enjeu majeur pour une industrie, soumise à un rythme d'innovation accéléré. L'ESRF est impliqué, avec plusieurs partenaires de recherche, dans un programme européen de développement et de diffusion technologique au bénéfice direct des entreprises, en particulier des PME et ETI, Entreprises de Tailles Intermédiaires. Les projets développés à l'ESRF sont centrés sur la caractérisation avancée d'objets micro-nanoélectroniques.

COMMENT FONCTIONNE L'ESRF ?

La lumière synchrotron est produite lorsque des électrons de haute énergie, circulant dans un anneau de stockage, sont déviés par des champs magnétiques. Le premier faisceau de lumière synchrotron a été observé en 1947. Depuis, des progrès spectaculaires ont été réalisés en physique des accélérateurs, électronique, informatique, ainsi qu'en technologies du magnétisme et du vide, permettant de produire des faisceaux de rayons X très intenses. La demande d'utilisation de ces faisceaux est croissante.

L'accélérateur linéaire (linac)

Les électrons sont émis au départ du "linac", regroupés sous forme de paquets puis accélérés progressivement par des ondes électromagnétiques jusqu'à une vitesse très proche de celle de la lumière.

Le booster synchrotron

Les électrons passent ensuite dans le "booster synchrotron", un anneau de 300 mètres de circonférence dans lequel ils font plusieurs milliers de tours, gagnant un peu plus d'énergie à chaque tour. Dès qu'ils atteignent leur énergie finale, 6 milliards d'électronvolts – en à peine 50 millisecondes – ils sont envoyés dans l'anneau de stockage.

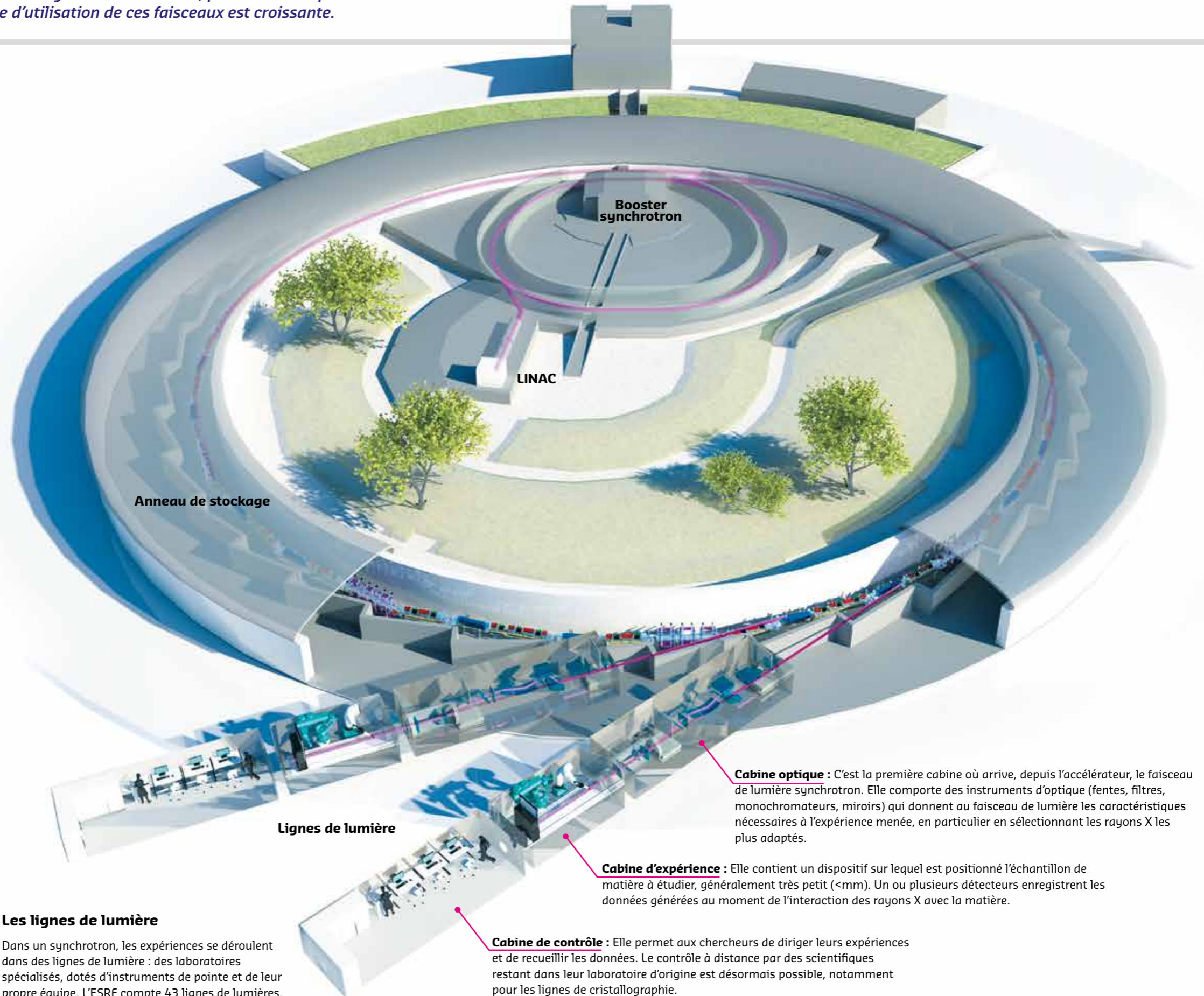
L'anneau de stockage

L'anneau de stockage, de 844 mètres de circonférence, est l'endroit où les électrons circulent à la vitesse de la lumière, dans un tube où règne l'ultravide (environ 10^{-9} mbar). Au cours de leur voyage dans l'anneau, les électrons passent dans différents types d'aimants : aimants de courbure, onduleurs et aimants de focalisation. Ils subissent des accélérations et perdent de l'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique appelé "lumière synchrotron". À l'ESRF, cette lumière synchrotron est principalement constituée de rayons X.

Les **aimants de courbure** forcent les électrons à changer de direction. Ces aimants servent également de sources de lumière synchrotron. Cette lumière, émise tangentiellement à la courbure du faisceau d'électrons, est dirigée vers les "lignes de lumière".

Les **onduleurs** sont des structures magnétiques formées de petits aimants à polarité alternée. Les faisceaux de lumière qu'ils produisent sont un million de fois plus intenses que les faisceaux issus des aimants de courbure. Ils ont des propriétés de brillance et de cohérence proches des lasers.

Les **aimants de focalisation**, également appelés lentilles magnétiques, sont utilisés pour concentrer le faisceau d'électrons afin de le rendre le plus fin possible.



Les lignes de lumière

Dans un synchrotron, les expériences se déroulent dans des lignes de lumière : des laboratoires spécialisés, dotés d'instruments de pointe et de leur propre équipe. L'ESRF compte 43 lignes de lumières. Les différentes composantes d'une ligne de lumière sont décrites ci-contre.

Cabine de contrôle : Elle permet aux chercheurs de diriger leurs expériences et de recueillir les données. Le contrôle à distance par des scientifiques restant dans leur laboratoire d'origine est désormais possible, notamment pour les lignes de cristallographie.

Cabine d'expérience : Elle contient un dispositif sur lequel est positionné l'échantillon de matière à étudier, généralement très petit ($< 1\text{ mm}$). Un ou plusieurs détecteurs enregistrent les données générées au moment de l'interaction des rayons X avec la matière.

Cabine optique : C'est la première cabine où arrive, depuis l'accélérateur, le faisceau de lumière synchrotron. Elle comporte des instruments d'optique (fentes, filtres, monochromateurs, miroirs) qui donnent au faisceau de lumière les caractéristiques nécessaires à l'expérience menée, en particulier en sélectionnant les rayons X les plus adaptés.

Lignes de lumière

Anneau de stockage

LINAC

Booster synchrotron

PRÉPARER L'AVENIR

Depuis sa création, l'ESRF, première source de lumière dite de troisième génération, a multiplié les records (brillance et stabilité des faisceaux de rayons X, cohérence de la lumière). Après 20 années de succès scientifiques, l'ESRF s'est lancé dans un programme ambitieux et innovant de modernisation, "l'Upgrade Programme". Après la livraison réussie de la première phase sur la période 2009-2015, l'ESRF a lancé en 2015 le projet "ESRF - EBS" (Source de lumière Extrêmement Brillante).

L'ESRF dessine une nouvelle génération de synchrotrons

Avec l'ESRF - EBS, l'ESRF confirme son rôle pionnier et prépare l'avenir en imaginant une nouvelle génération de synchrotrons, capable de produire un flux de lumière synchrotron plus intense, plus cohérent et plus fiable. Pour concevoir et livrer cette nouvelle source de lumière extrêmement brillante, l'ESRF peut s'appuyer sur 20 années d'expérience et sur l'expertise unique de ses ingénieurs et scientifiques. Ce projet innovant, qui mobilise les 21 pays partenaires de l'ESRF, représente un investissement de 150 millions d'euros sur la période 2015-2022.

Un défi technologique

L'ESRF-EBS présente de nombreux défis technologiques. L'enjeu principal est de construire un nouvel anneau de stockage au sein de la structure existante, réutilisée à 95 %. Les propriétés inégalées de cette nouvelle source de lumière en feront un instrument unique au monde, avec, par rapport aux projets existants ou prévus, une multiplication d'un facteur 100 de la brillance et d'au moins un facteur 10 de l'émission horizontale du faisceau de rayons X.

Phase I 180 M€ sur 2009-2015

- La création d'une nouvelle génération de lignes de lumière (19 stations expérimentales)
- La création d'un nouveau hall expérimental de 8000 m²
- L'amélioration ou le renouvellement de la plupart des équipements scientifiques

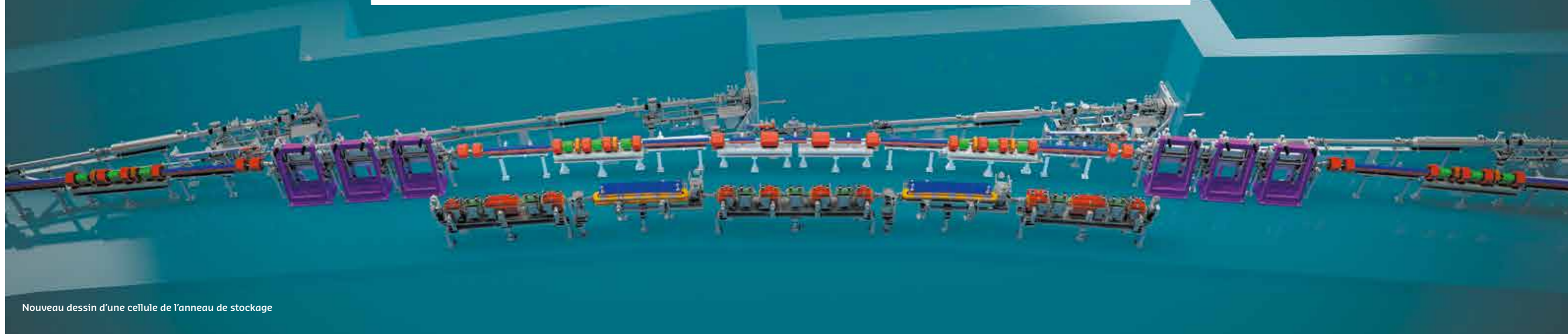


ESRF - Extremely Brilliant Source 150 M€ sur 2015-2022

- La construction d'un nouvel anneau de stockage, au sein de l'infrastructure existante
- La création de nouvelles lignes de lumière
- Un programme ambitieux d'instrumentations (détecteurs de haute performance)
- Une stratégie renforcée de "big data"

Une nouvelle conception pour l'anneau de stockage

Ce projet innovant qu'est l'ESRF - EBS repose sur l'élaboration par les équipes de l'ESRF d'un nouveau dessin pour l'anneau de stockage. Les éléments constitutifs de l'anneau de stockage, notamment les aimants de courbure et les aimants de focalisation, seront remplacés par des composants plus sophistiqués. Le séquençage sera amélioré dans le but de réaliser une source de rayons X de très faible émission (à la fois moins divergente et de plus petite taille). Sur le schéma, on voit la structure actuelle (en bas) et la structure modifiée (au-dessus).



Nouveau dessin d'une cellule de l'anneau de stockage

DE NOUVEAUX DÉFIS SCIENTIFIQUES

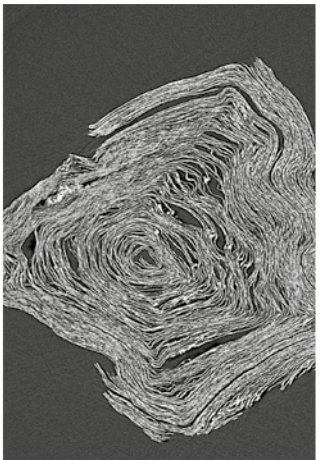
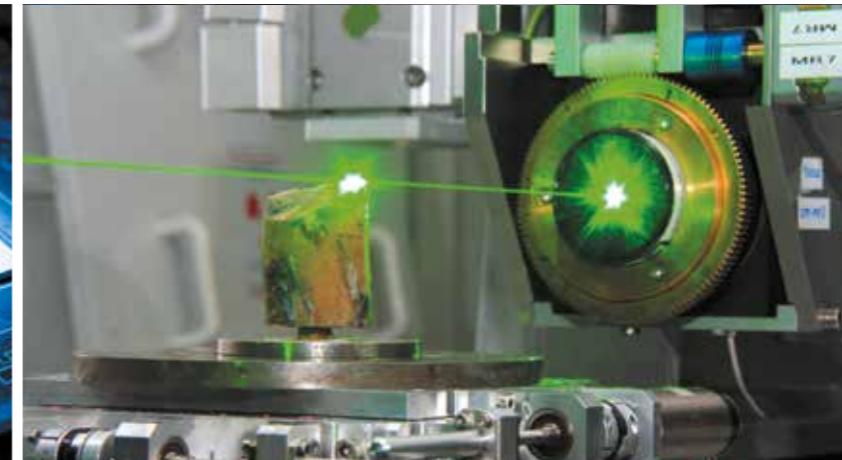
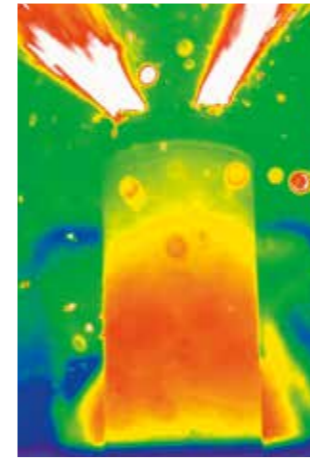
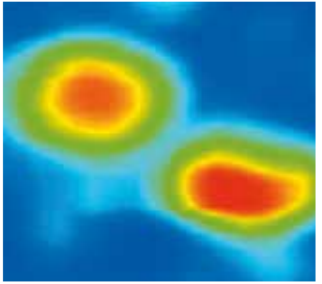
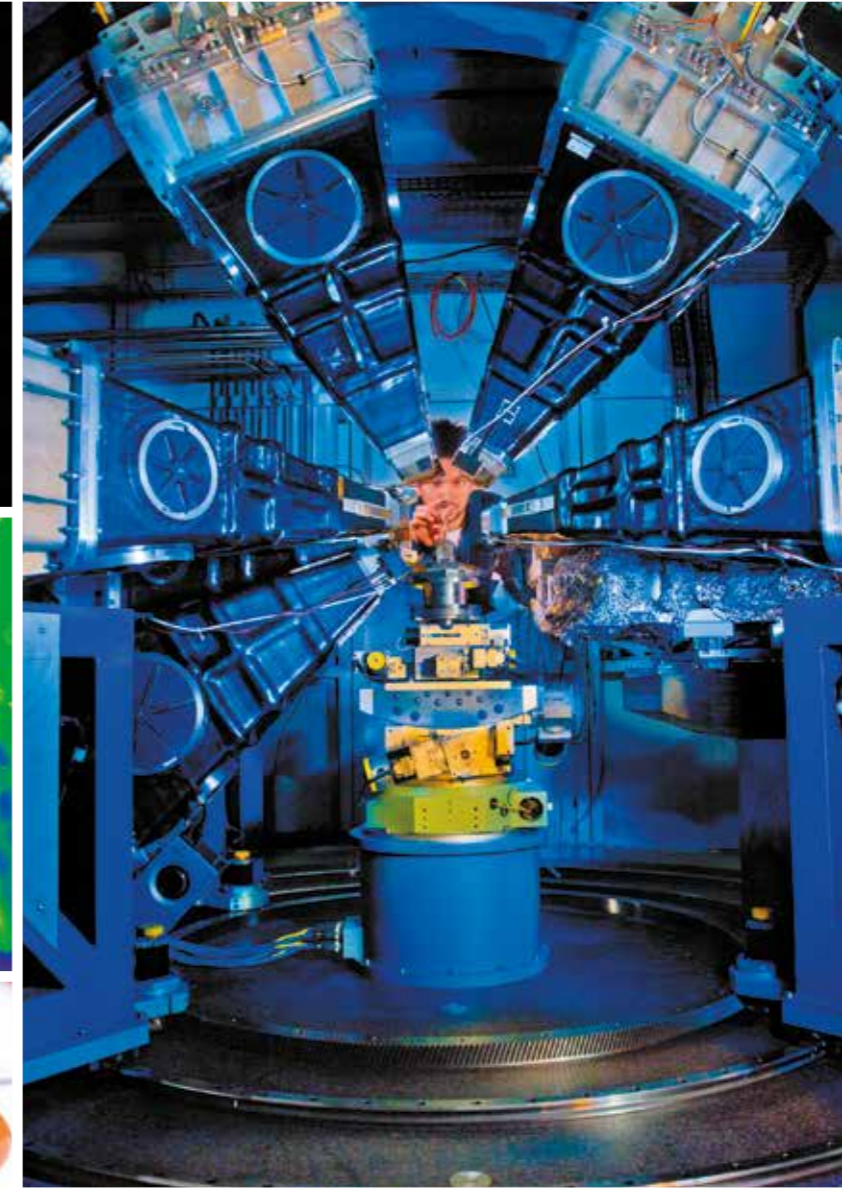
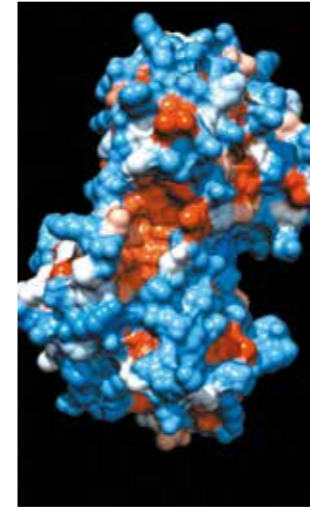
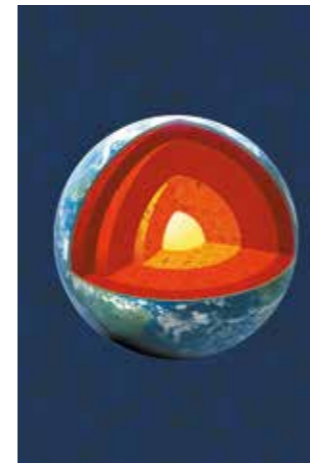
Les propriétés exceptionnelles de la nouvelle source de rayons X ouvrent la voie à des projets de recherche de plus en plus pointus, avec une meilleure résolution spatiale et temporelle et dans des conditions d'expériences de plus en plus sophistiquées.

L'exploration du nanomonde, où chaque nano-objet pourra être examiné spécifiquement, va révolutionner de nombreux domaines où la miniaturisation est devenue un enjeu majeur, des technologies de l'information et de la communication à la santé en passant par l'énergie et l'environnement.

L'analyse des réactions chimiques ou biologiques sur des échelles de temps ultra-rapides (allant jusqu'à la nanoseconde ou même la picoseconde) pourra s'appliquer à des systèmes de plus en plus complexes. La cinématographie en rayons X permet de relever de nouveaux défis en nano-électronique, catalyse ou biologie cellulaire.

L'environnement expérimental évolue également pour reproduire sur une ligne de lumière les conditions (température, pression, atmosphère, contraintes diverses), souvent extrêmes, permettant de caractériser in situ et in operando les matériaux et procédés les plus innovants.

En biologie structurale, l'étude des protéines s'enrichit de techniques rendues possibles par la brillance des nouveaux faisceaux de rayons X, comme la "cristallographie en série", qui peut s'appliquer sur des cristaux minuscules et à température ambiante. Mais les progrès les plus spectaculaires sont peut-être à attendre du côté de la microscopie par rayons X, qui permettra de faire le lien entre les différentes échelles (moléculaire, cellulaire, tissulaire) et ainsi de comprendre les mécanismes du vivant dans leur globalité.



**AUTOMATISATION EN
CRISTALLOGRAPHIE
MACROMOLÉCULAIRE**

SANTÉ,
BIOLOGIE STRUCTURALE

**EXPÉRIENCE SOUS
CONDITIONS
EXTRÊMES (P,T)**

SCIENCE DE LA TERRE,
NOUVEAUX MATÉRIAUX

**De meilleures
techniques
pour une
meilleure science**

**IMAGERIE EN
RAYONS-X ET
MICROSCOPIE**

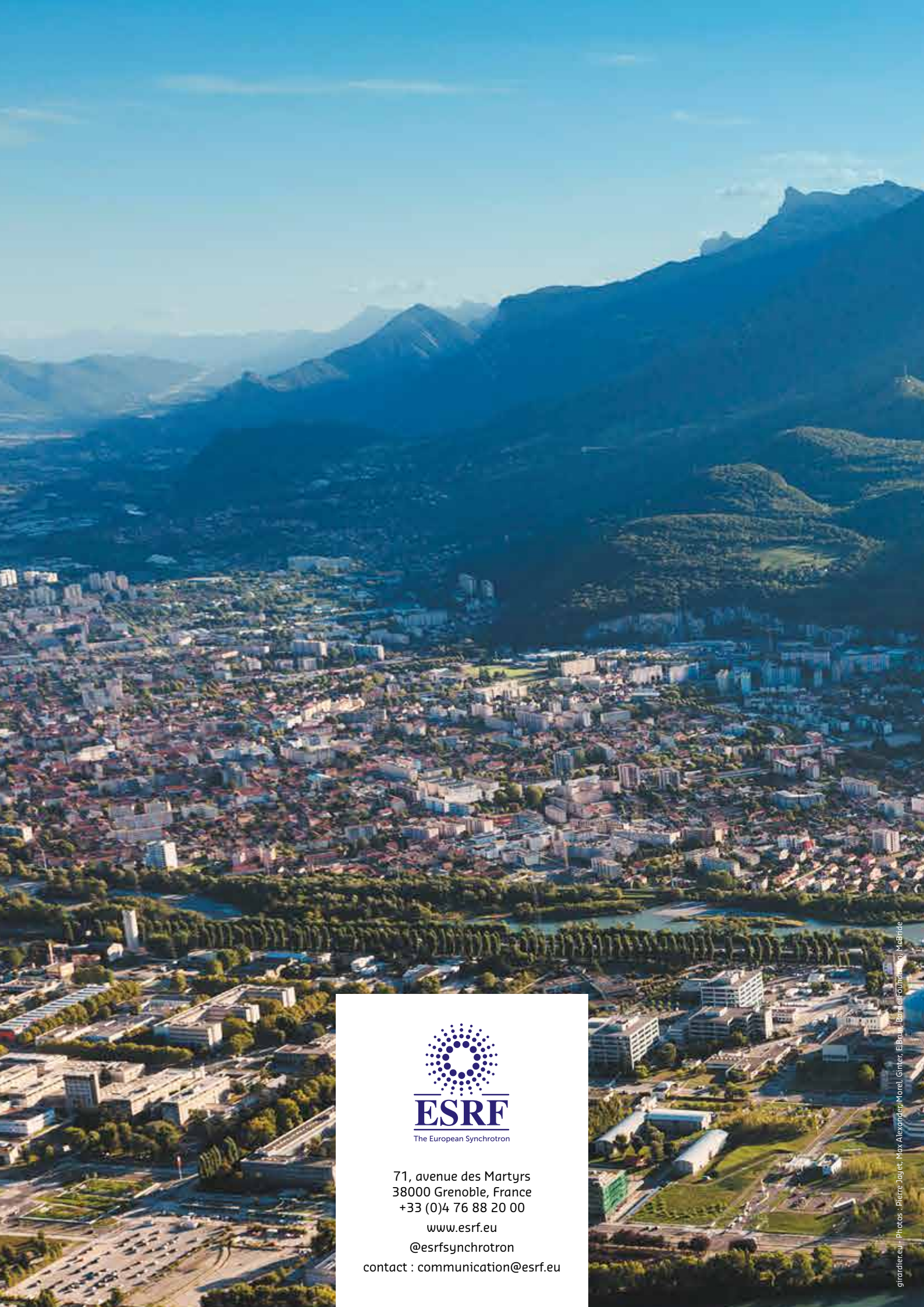
MÉDECINE,
PALÉONTOLOGIE,
PATRIMOINE CULTUREL

NANOFAISCEAUX

NANOSCIENCE,
TECHNOLOGIE
DE L'INFORMATION

**IN OPERANDO
RÉSOLUTION
TEMPORELLE**

CHIMIE, ÉNERGIE/MATÉRIAUX,
BIOLOGIE ULTRA RAPIDE



71, avenue des Martyrs
38000 Grenoble, France
+33 (0)4 76 88 20 00
www.esrf.eu
@esrfsynchrotron
contact : communication@esrf.eu