



---

## Impact de l'ESRF et de son programme de revalorisation

---

*Promouvoir l'excellence scientifique*

*Attirer une nouvelle génération de scientifiques*

*Former des personnels hautement qualifiés*

*Assurer des retombées économiques*

*Diffuser du savoir-faire vers les centres nationaux*

# L'ESRF : une nouvelle ère de la science des rayons X

## Retours socio-économiques de l'ESRF

Les retombées premières de l'ESRF vers la société sont les savoirs scientifiques et technologiques développés à l'ESRF et partagés avec l'ensemble de la communauté scientifique, en particulier, avec les chercheurs des pays partenaires. Les résultats des recherches originales réalisées à l'ESRF diffusent dans toute la société. Leurs répercussions s'étendent vers les milieux scientifiques mais aussi vers les économies des pays membres et au-delà. En outre, l'industrie bénéficie fortement de la recherche fondamentale réalisée à l'ESRF et participe aussi à son développement.

Depuis sa création en 1988, l'ESRF a reversé plus de 2 milliards d'euros sous forme de contrats vers le secteur commercial et industriel. Ces contrats irriguent directement et indirectement les économies des pays partenaires, par exemple sous forme de formation et de développement des compétences dans les secteurs de l'éducation et de l'industrie.

Les recherches réalisées à l'ESRF reposent sur un nombre impressionnant de jeunes chercheurs, étudiants en thèse et post-doctorants. L'ESRF est non seulement engagé dans la formation de personnels hautement qualifiés en son sein mais il s'emploie également à la diffusion des méthodes et techniques propres au rayonnement synchrotron auprès d'autres centres de recherche.

L'objectif de ce document est de décrire l'impact de l'ESRF sur la science et la société, en mettant en avant les aspects suivants :

- l'excellence scientifique de l'ESRF ;
- l'impact de l'ESRF sur l'innovation et les entreprises ;
- la capacité de l'ESRF à former des personnels hautement qualifiés et à promouvoir des partenariats européens ;
- les retombées économiques de l'ESRF pour l'Europe ;
- le rôle de l'ESRF dans la société ;
- la pertinence, aujourd'hui, du programme de revalorisation.

Le niveau attendu des retombées de l'ESRF encourage fortement à investir dans un nouveau chapitre de l'histoire de l'ESRF : construire une source de rayons X inégalable en Europe.

## Revalorisation de l'ESRF - en bref

Initié grâce aux fonds structurels européens du Programme CAPACITÉS du 7ème Programme Cadre, le programme de revalorisation de l'ESRF (ESRF UP) est inscrit dès son origine sur la feuille de route du Forum Stratégique Européen pour les Infrastructures de Recherche (ESFRI). ESRF UP est un processus en deux étapes. ESRF UP Phase I (de 2009 à 2015, pour un coût de 168 millions d'euros) est en cours de réalisation et repose sur la création d'une nouvelle génération de lignes de lumière et de stations expérimentales. Le second volet, ESRF UP Phase II (de 2015 à 2020 pour un investissement supplémentaire de 150 millions d'euros) est en cours de discussion.

ESRF Phase II prévoit la création d'une source plus performante de rayons X qui réduira l'étalement horizontal ou « émittance » des faisceaux de l'ESRF à un niveau jamais atteint auparavant. Cela comprend :

- la construction et la mise en service de nouveaux éléments magnétiques dans l'anneau de stockage ;
- la construction de quatre lignes de lumière de haute technicité capables d'exploiter la brillance et la cohérence de la nouvelle source de rayons X ;
- le développement d'une infrastructure inégalée pour l'instrumentation liée à la source de rayons X.

La phase II de ESRF UP permettra :

- de rendre la source de lumière synchrotron de l'ESRF plus de 30 fois plus brillante qu'auparavant ;
- d'augmenter la cohérence des faisceaux de rayons X à des niveaux proches de ceux des rayons lasers ;
- d'accroître les capacités expérimentales ;
- de favoriser le développement de nouvelles technologies en matière d'aimants, de radiofréquence et de vide ;
- de réduire la consommation énergétique de l'anneau de stockage de 30 % ;
- d'optimiser les retours sur les investissements antérieurs grâce à la réutilisation de 90 % de l'infrastructure existante.

En résumé, l'ESRF UP ouvrira une nouvelle ère de la science des rayons X, en permettant d'obtenir des informations dans les sciences de la matière et du vivant à l'échelle d'objets de quelques dizaines d'atomes.

Plus d'informations sur le programme de revalorisation ESRF sont disponibles sur les pages Web de l'ESRF :

<http://www.esrf.eu/about/upgrade/documentation>

<http://www.esrf.eu/about/upgrade/ESRFUP>

Quatrième de couverture : Vue d'artiste du nouvel arrangement magnétique développé par les scientifiques de l'ESRF pour ESRF UP Phase II, superposé au tunnel existant.

# Le bon choix pour l'Europe



***L'ambitieux programme de revalorisation ESRF UP va attirer une communauté plus vaste d'utilisateurs et générer des bénéfices supplémentaires pour la science et la société.***

À l'ESRF, les faisceaux intenses de rayons X nous permettent d'observer le comportement des matériaux et de la matière vivante. Nous avons mis au point des outils pour explorer la nature autour de nous, en passant des matériaux innovants aux fossiles de serpent, pour étudier les changements rapides des processus biologiques, ou pour résoudre la structure de protéines de plus en plus complexes.

Les domaines d'excellence de l'ESRF sont les suivants :

- les sciences du vivant et de la matière molle ;
- la chimie et la physique des matériaux ;
- les sciences de l'environnement et le patrimoine culturel.

Les développements reposant sur la science réalisée à l'ESRF permettent aux chercheurs de relever les grands défis de la société et aux entreprises de développer des produits et matériaux innovants tout comme de nouveaux médicaments. L'ESRF est ainsi devenu un outil stratégique de recherche et développement.

Après 20 années de succès, qui se traduisent aujourd'hui par la publication chaque jour de cinq articles dans des revues scientifiques à comité de lecture, l'ESRF fait l'objet d'un ambitieux programme de revalorisation, ESRF UP, qui va :

- permettre à l'ESRF d'héberger la toute première installation au monde de rayons X durs ;
- conforter son leadership mondial dans la science des rayons X, par rapport à des programmes concurrents similaires aux États-Unis et au Japon ;
- ouvrir de nouveaux champs d'investigation grâce aux nanofaisceaux de rayons X ;
- générer une instrumentation et un système d'acquisition de données encore plus performants ;
- offrir des opportunités extraordinaires à une nouvelle génération de chercheurs.

La première phase du Programme ESRF UP, conçue autour de toutes nouvelles lignes de lumière et d'une instrumentation adaptée, a été approuvée par les pays membres de l'ESRF en 2008 ; sa réalisation est déjà à mi-parcours, tout en respectant les délais et le budget prévus.

La seconde phase, ESRF UP Phase II, prévue de 2015 à 2020, a pour objectif d'optimiser la source de rayons X de l'ESRF afin de produire les faisceaux de rayons X les plus brillants, les plus cohérents et les plus petits jamais obtenus sur un synchrotron.

Cette nouvelle source de lumière qui sera alors disponible à l'ESRF attirera une vaste communauté d'utilisateurs issus de la recherche publique et de l'industrie.

Le succès de ESRF UP renforcera la position de leader de l'ESRF dans le paysage mondial des synchrotrons et générera des retombées encore plus importantes pour les pays partenaires. En phase avec le programme stratégique européen Horizon 2020, la réalisation de cette nouvelle source de lumière profitera de l'infrastructure unique préexistante de l'ESRF.

L'Europe bénéficie d'un avantage stratégique de par son accès à une source aussi riche de science et d'innovation. Tout faire pour que l'ESRF puisse créer une source inégalable de rayons X est le bon choix pour renforcer la position de l'Europe au niveau mondial.

Francesco Sette  
Directeur général de l'ESRF

# L'ESRF : au service de l'excellence scientifique

## Un nombre inégalé de publications

L'ESRF est le leader mondial en science et technologie du rayonnement synchrotron, ce qui rend ses équipements très attractifs pour les chercheurs, les étudiants et les ingénieurs. Afin que la science réalisée à l'ESRF reste toujours à la pointe, son personnel et ses utilisateurs ont imaginé et mis au point de nombreuses méthodes spécifiques dans des domaines tels que les détecteurs, l'optique pour rayons X, l'environnement des échantillons à étudier, le contrôle d'alignement et de position du faisceau, le traitement des données, la robotique et les dispositifs d'insertion.

Les domaines d'excellence scientifique vont de la chimie et de la physique des matériaux innovants à l'archéologie et au patrimoine culturel, en passant par la biologie structurale et les applications médicales.

La variété et le nombre de publications de l'ESRF au cours des 10 dernières années prouvent sans conteste son leadership scientifique :

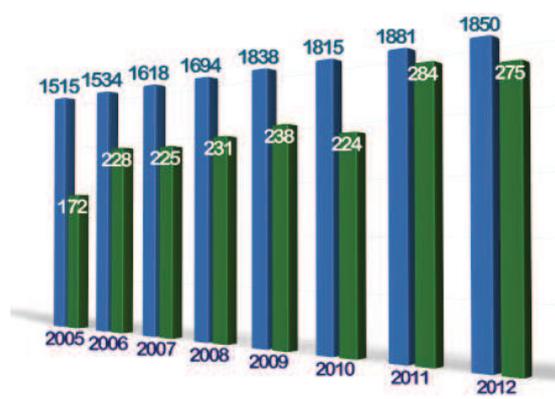
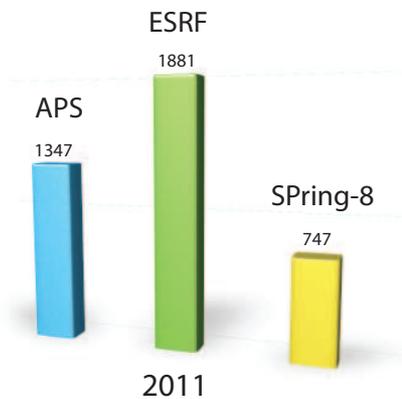
- 16 380 articles dans plus de 1 130 revues scientifiques à comité de lecture ;
- 2220 articles dans des revues très prestigieuses à l'impact équivalent sinon supérieur à celui de revues telles que Nature Communications, EMBO Reports et Physical Review Letters.

Ne serait-ce qu'en 2012, les travaux réalisés à l'ESRF ont été associés à plus de 50 articles publiés dans Nature et ses revues spécialisées, soit autant que les meilleurs centres de recherche et universités mondiaux. La production scientifique de l'ESRF est bien supérieure à celle des autres synchrotrons dans le monde, notamment de ses concurrents aux États-Unis (APS) et au Japon (SPring-8).

Grâce aux progrès en instrumentation et en analyse des données, le nombre de publications augmente chaque année, une productivité que le programme de revalorisation de l'ESRF ne fera que renforcer.

Les travaux réalisés à l'ESRF ont reçu de nombreuses distinctions au cours des 10 dernières années :

- quatre prix Nobel en chimie ;
- deux prix Gottfried Wilhelm Leibniz ;
- cinq médailles du CNRS et une de la Royal Society britannique ;
- distinctions de sociétés savantes en Allemagne, en France, au Royaume-Uni, en Autriche et en Suède ainsi que d'autres organisations internationales.



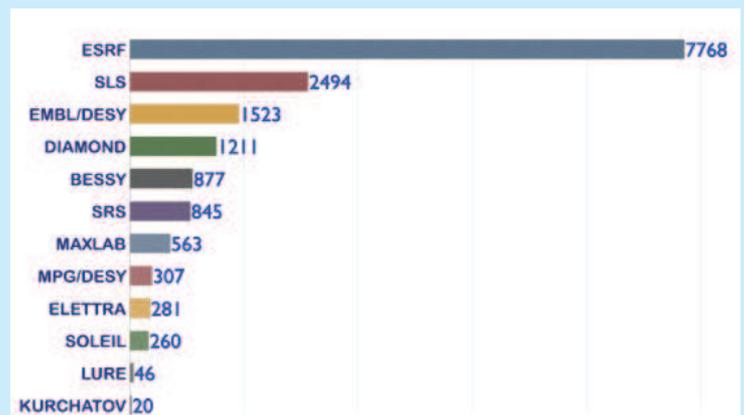
À gauche : Nombre de publications de l'ESRF, APS (États-Unis) et SPring-8 (Japon) en 2011.

À droite : Nombre total de publications (bleu) et de publications à fort impact (vert) dans des revues à comité de lecture.

En bas : Structures de protéines déposées en Europe à la Banque de Données des Protéines.

## Biologie structurale : une réussite de l'ESRF

Résoudre la structure de protéines et autres macromolécules est fondamental pour comprendre les processus biochimiques et pour mettre au point de nouveaux médicaments. Grâce à une instrumentation et une automatisation remarquables, les recherches réalisées à l'ESRF ont contribué à résoudre 48 % du nombre total de structures de protéines de la Banque mondiale de Données des Protéines (PDB) des déposants européens au cours des 10 dernières années et 16 % du total des dépôts à la PDB. La contribution européenne totale à la PDB représente 33 % des dépôts, contre 52 % pour le continent américain et 15 % pour l'Asie/Océanie.



# Une infrastructure efficace pour tous

## Au service de la communauté des utilisateurs

**Le programme de revalorisation de l'ESRF propose une instrumentation unique et un potentiel inégalé d'expériences innovantes, renforçant encore la productivité de l'ESRF.**

Les expériences réalisées sur les lignes de lumière de l'ESRF couvrent un nombre croissant de disciplines scientifiques, dont beaucoup débordent vers l'industrie. Les chercheurs du monde entier ont accès au temps d'expérience sur la base de l'excellence scientifique. Toutes les communautés sont équitablement représentées dans la répartition du temps de faisceau à l'ESRF.

Si l'on met en regard le coût d'exploitation de l'ESRF et le nombre d'articles approuvés par comité de lecture, le coût moyen par publication à l'ESRF est d'environ 50 k€. L'ESRF est donc un établissement très performant par rapport aux autres infrastructures de recherche nationales ou internationales.

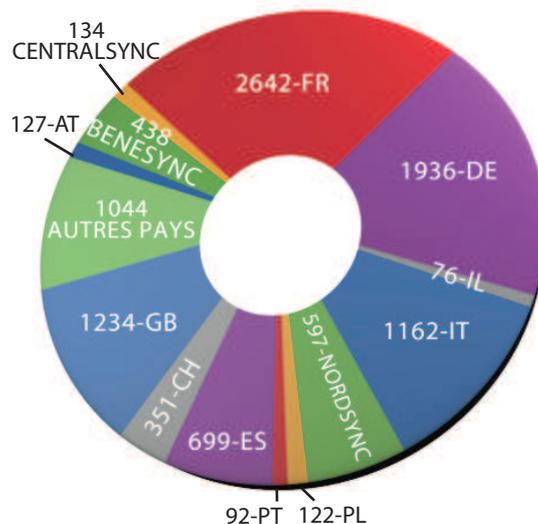
Au cours des 10 dernières années, l'ESRF a fourni plus de 46 000 instruments-jours d'utilisation du faisceau. Plus de 9 500 projets de recherche ont bénéficié de temps de faisceau sur la base du mérite scientifique.

L'ESRF est le seul synchrotron à avoir fusionné ses ressources technologiques avec près de 150 membres du personnel qui se consacrent au développement de dispositifs et de techniques innovants à la fois pour les lignes de lumière et pour la source de rayons X.

Les utilisateurs de l'ESRF bénéficient d'un environnement fertile constitué d'instituts de recherche de premier ordre : l'Institut Laue Langevin (ILL) et l'EMBL-Grenoble. Ces trois organismes internationaux se sont regroupés avec des instituts nationaux français de renommée mondiale (CNRS, CEA, GEM, INPG et l'Université J. Fourier) pour créer l'alliance GIANT qui vise à accroître la visibilité internationale et le pouvoir d'attraction du site de Grenoble. En retour, l'ESRF contribue largement à l'excellence du site : méthodes expérimentales innovantes ajoutées à la palette existante, champs de recherche inédits, venue de nombreux visiteurs et utilisateurs étrangers. De plus, tout un ensemble d'actions conjointes, de séminaires et d'ateliers organisés à l'ESRF entraîne une diffusion significative des connaissances dans l'environnement local. Il en résulte un cercle vertueux qui alimente et renforce la visibilité internationale et le pouvoir d'attraction du site de Grenoble.

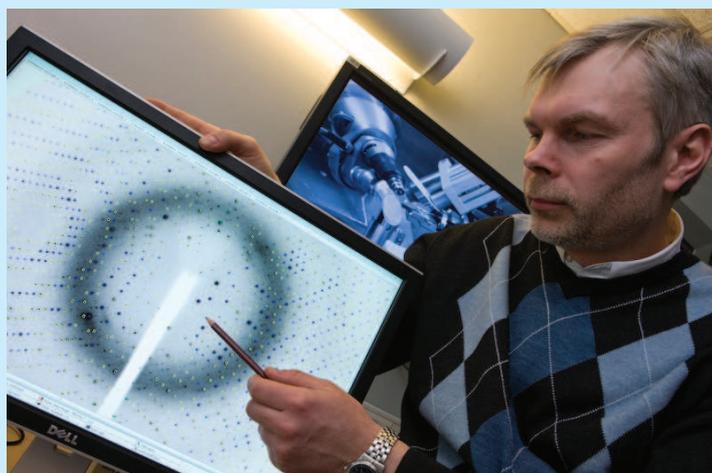
Répartition par pays des projets d'expérience proposés avec succès à l'ESRF au cours des 10 dernières années.

BENESYNC: Belgique et Pays-Bas ;  
CENTRALSUNC: Rép. tchèque, Hongrie et Slovaquie;  
NORDSYNC: Danemark, Finlande, Norvège et Suède.



L'ESRF a amélioré de façon extraordinaire la production des données des expériences de biologie structurale grâce à une automatisation poussée. Plusieurs logiciels initialement développés à l'ESRF deviennent la norme auprès de la communauté et sont adoptés par d'autres organismes de recherche.

La proximité de l'ESRF et de l'EMBL (European Molecular Biology Laboratory) et le partenariat qui les lie ont permis la création de lignes de lumière de cristallographie macromoléculaire parmi les plus évoluées au monde. Les techniques qui sous-tendent la productivité de l'ESRF sont perfectionnées en permanence afin de conserver le leadership mondial de l'ESRF dans ce domaine.



# L'ESRF : un moteur d'innovation

## Recherche privée et soutien de l'industrie

L'ESRF a établi un important programme d'accès pour l'industrie avec plus de 100 clients industriels différents, nombre d'entre eux utilisant régulièrement l'ESRF et générant près de 2 millions d'euros de chiffre d'affaires par an. Ce programme a eu un impact direct sur la création de valeur en Europe. En témoigne le niveau élevé de recherche en biologie structurale réalisée dans les différentes sources nationales de lumière en Europe par le secteur pharmacologique grâce aux efforts précurseurs de l'ESRF. À noter également que la demande croissante de temps de faisceau a conduit les principaux acteurs de l'industrie pharmaceutique à financer la construction et l'exploitation de lignes de lumière dans les synchrotrons nationaux.

L'ESRF tient une place majeure dans l'initiative locale IRT-NanoElec qui finance un effort d'approche des industriels de 6,5 millions d'euros afin de permettre à l'ESRF et à ses institutions voisines de travailler en plus étroite collaboration avec l'industrie de la microélectronique et de la nanoélectronique.

6 La nouvelle source de rayons X à l'ESRF permettra une meilleure analyse des matériaux et une meilleure compréhension des procédés adaptés aux enjeux de la société d'aujourd'hui :

- la santé et le bien-être (ex : découverte plus rapide de nouveaux médicaments, imagerie clinique en temps réel de l'apport de médicaments vers des cellules isolées) ;
- les matériaux innovants (ex : fonctionnement des semi-conducteurs de nouvelle génération, optimisation des plastiques, alliages et matériaux composites à hautes performances) ;
- le développement durable (ex : compréhension de la catalyse sur nanoparticules isolées) ;
- une énergie sûre, propre et efficace (ex : nouveaux matériaux pour les batteries et la conversion thermoélectrique, efficacité accrue des cellules solaires) ;
- des matériaux sûrs et plus efficaces (ex : comment comprendre les mécanismes de fatigue, la formation de fissures et la propagation des contraintes à l'échelle nanoscopique dans les composants essentiels des moyens de transport public).

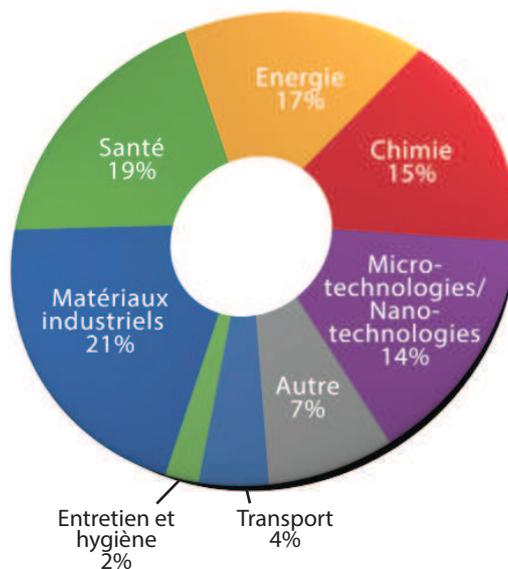
### Utilité de l'ESRF pour l'industrie

L'ESRF stimule également l'innovation par le biais de recherches universitaires financées par l'industrie dans le cadre de son programme d'accès public.

Dans une étude récente menée auprès des utilisateurs de l'ESRF, 40 % des personnes interrogées ont déclaré que leurs recherches avaient des applications en R&D dans le secteur industriel. Près de la moitié des utilisateurs de l'ESRF ont des liens directs avec des centres de R&D et un tiers d'entre eux bénéficie de financements de la part de l'industrie.

Le Business Development Office constitue le principal atout de l'ESRF vis-à-vis de ses partenaires industriels, véritable pont entre le monde économique et la recherche. De plus, la qualité de l'assistance scientifique offerte sur les lignes de lumière finit de combler le fossé entre l'excellence scientifique et le transfert des connaissances en direction de l'industrie.

**Environ 40 % des utilisateurs déclarent que les recherches qu'ils réalisent à l'ESRF ont des applications dans l'industrie.**



Secteurs industriels représentés à l'ESRF.

# Partager la technologie

## Générer de la valeur et favoriser la création d'entreprises

Cela fait 25 ans que l'ESRF développe de nouvelles techniques, une instrumentation et des systèmes de contrôle très pointus. Les technologies produites par l'ESRF pour répondre à ses propres besoins sont largement partagées avec les autres synchrotrons et de plus en plus exploitées par les autres centres de recherche ainsi que par l'industrie.

### Exemples de pertinence industrielle

#### Système de contrôle open source : TANGO

A l'image des développements informatiques réalisés par le CERN pour le web, l'ESRF a mis au point un produit nommé TANGO qui est en passe de toucher le secteur privé. TANGO est un logiciel de contrôle en Code Source Ouvert déjà utilisé dans presque tous les synchrotrons en Europe et qui se propage actuellement jusque dans l'industrie en raison de son énorme potentiel pour les centres de test et la production. Les études de marché indiquent que le chiffre d'affaires généré chaque année par les systèmes de contrôle en Europe est de l'ordre de 400 millions d'euros pour les centres de recherche et de l'ordre du milliard d'euros pour l'industrie. Les entreprises européennes bénéficient ici d'une occasion d'accroître leur compétitivité. Dans le monde, le marché de l'automatisation des procédés dépasse les 10 milliards d'euros par an et le chiffre d'affaires estimé pour les systèmes de contrôle est de l'ordre du milliard d'euros.

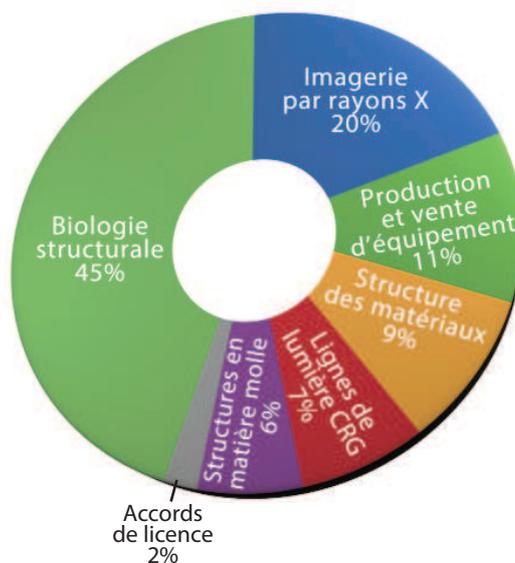
#### Technologie des aimants

L'amélioration des performances de l'anneau de stockage de l'ESRF exige le développement d'une nouvelle génération d'aimants, ainsi que leur fabrication en collaboration avec l'industrie. Depuis les travaux d'avant-garde menés sur les dispositifs d'insertion, l'ESRF possède une solide expérience dans le domaine des aimants permanents pour les accélérateurs et a su établir d'étroites collaborations avec des fabricants européens d'aimants. La reconstruction du nouvel anneau de stockage stimulera le transfert technologique et profitera également à l'industrie européenne dans le domaine des aimants et autres domaines associés.

**La mise en place de la source de lumière ultime de l'ESRF renforcera sa place de leader dans le monde sur le plan technologique.**

- L'ESRF génère des recettes grâce à la vente de temps de faisceau pour la recherche privée et propriétaire mais également grâce aux licences et aux subventions.
- Le revenu des licences et la vente directe de la technologie ESRF ont généré 1,4 millions d'euros au cours des cinq dernières années.
- Les brevets déposés par l'ESRF permettent à l'industrie européenne de vendre des technologies haut de gamme sur le marché mondial des infrastructures de recherche.

Revenus commerciaux par secteur en 2011. La biologie structurale et l'imagerie par rayons X dominent les ventes de temps de faisceau.



Le programme de revalorisation de l'ESRF accroîtra les capacités de l'ESRF en nanotechnologie et en nanoimagerie en ouvrant la voie à de nouvelles approches en ingénierie des matériaux et en offrant à l'industrie la possibilité de maîtriser les performances de nouveaux produits à une échelle bien plus fine. Les intenses nanofaisceaux de rayons X permettront également aux chercheurs de passer d'une caractérisation statique à une observation de nanoparticules isolées en temps réel et dans des conditions habituelles d'utilisation.

# Études supérieures et formation à l'ESRF

## Développer la base de compétences

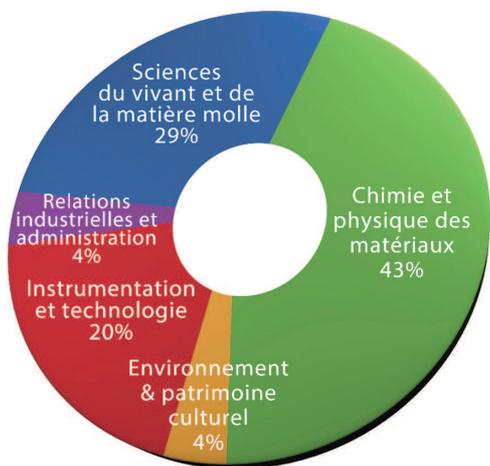
Les jeunes chercheurs, ingénieurs, thésards et postdoctorants représentent plus de 15 % de l'effectif total de l'ESRF. Ils y sont formés en sciences expérimentales selon des méthodes au premier rang mondial. Au cours des cinq dernières années, l'ESRF a accueilli plus de 170 postdoctorants et étudiants de 3e cycle, pour un budget total de 31,5 millions d'euros et plus de 260 stagiaires pour un budget total de 2,2 millions d'euros.

**L'ESRF travaille aujourd'hui à attirer et à enthousiasmer une nouvelle génération de chercheurs et d'ingénieurs.**

Un grand nombre de membres du personnel hautement qualifié de l'ESRF exercent désormais leurs talents dans d'autres institutions en Europe et dans le monde après avoir acquis leurs compétences à l'ESRF. Cela met en évidence le rôle de l'ESRF dans le paysage mondial des synchrotrons.

L'ESRF ouvre la voie à la nouvelle génération de synchrotrons et se positionne comme chef de file en matière d'instrumentation de rayonnement synchrotron. La réalisation de ESRF UP Phase II rendra l'équipement encore plus attractif pour les étudiants, ce qui est aujourd'hui essentiel pour inciter les jeunes à embrasser des carrières en sciences et en ingénierie.

Le programme ESRF Upgrade permettra aux ingénieurs, chercheurs et personnels administratifs d'élargir leur expérience et renforcer leur qualification.



À gauche : Stagiaires, étudiants et postdoctorants à l'ESRF par domaine d'activité. Les domaines indiqués illustrent les différentes activités existant à l'ESRF.

À droite : Répartition du personnel formé à l'ESRF ayant rejoint d'autres centres de recherche en Europe et dans le monde.



# Les collaborations en Europe

## Transfert de connaissances

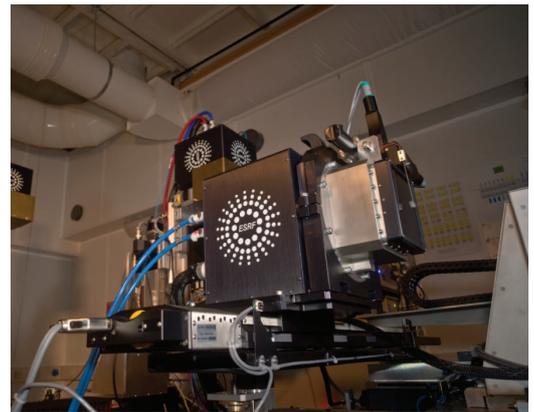
La forte concurrence que rencontrent les chercheurs soumettant un projet de recherche à l'ESRF incite ces derniers à allier leurs forces : 28 % des propositions acceptées à l'ESRF impliquent des chercheurs issus d'au moins trois pays. Les capacités nouvelles et uniques offertes par la nouvelle source de rayons X renforceront encore les collaborations au niveau européen.

- L'ESRF est la plate-forme d'échange en Europe dans le domaine du rayonnement synchrotron et contribue à la mobilité des chercheurs.
- La proximité de l'EMBL et de l'ILL a conduit à l'élaboration de programmes communs de grande qualité, pour le plus grand bénéfice de leur communauté d'utilisateurs.
- Des partenariats en biologie structurale et en sciences de la matière molle exploitent les synergies entre l'ESRF et les instituts associés sur le campus de l'EPN, créant de la valeur ajoutée pour les utilisateurs.
- L'ESRF joue un rôle crucial dans la combinaison des efforts européens en direction des nouvelles technologies, en participant à 11 contrats de Programme-Cadre.
- L'ESRF coordonne et participe activement à plus de 50 collaborations dans le domaine des hautes technologies avec des institutions de pays partenaires et de pays membres, impliquant généralement cinq à sept partenaires universitaires et industriels.

En haut : Détecteur de photons mis au point à l'ESRF.

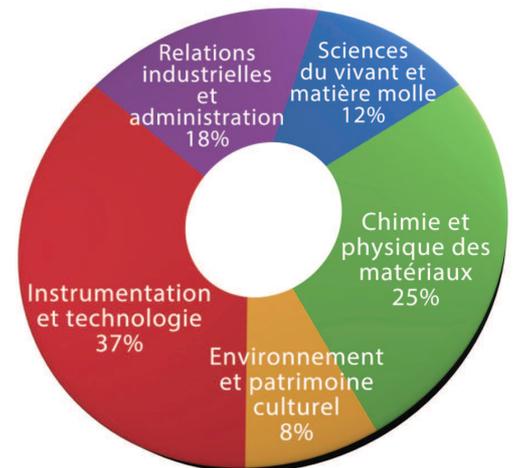
En bas : Répartition des contrats de collaboration ESRF en cours en 2013 par domaine d'activité.

**L'ESRF est un élément notable de la stratégie de l'Espace Européen de la Recherche visant à renforcer l'efficacité et la compétitivité en Europe.**



### L'ESRF, leader pour les détecteurs

Le développement de détecteurs de rayons X de pointe est une priorité pour les sources synchrotrons et les lasers à électrons libres. En 2009, l'ESRF a initié un consortium rassemblant toutes les sources de lumière européennes afin de protéger ce type de détecteurs et les technologies associées. Le consortium dispose de moyens techniques et financiers pour optimiser les retombées de R&D des détecteurs et pour permettre de piloter les différents développements dans l'industrie.



### Projets européens

CRISP est un partenariat regroupant 11 infrastructures de recherche identifiées sur la feuille de route de l'ESFRI. Cofinancé par la Commission européenne et coordonné par l'ESRF, CRISP vise à améliorer l'efficacité des grandes infrastructures de recherche basées sur la physique par le développement partagé de l'instrumentation et de la technologie.





# L'ESRF : retours sur investissement

## Commandes et contrats

Comme il le fait dans le domaine scientifique, l'ESRF a établi des politiques spécifiques d'achat et de recrutement de personnel, afin de garantir des retombées équitables pour tous les pays partenaires dans le domaine économique.

Au cours des cinq dernières années, l'ESRF a dépensé 228 millions d'euros en biens et services. Bien que le pays et la région hôtes bénéficient le plus de ces dépenses (à hauteur d'environ 80 %), comme c'est souvent le cas pour les grandes infrastructures de recherche, on observe que les contrats pour des biens et équipements complexes et innovants à forte valeur ajoutée sont souvent passés hors du pays hôte.

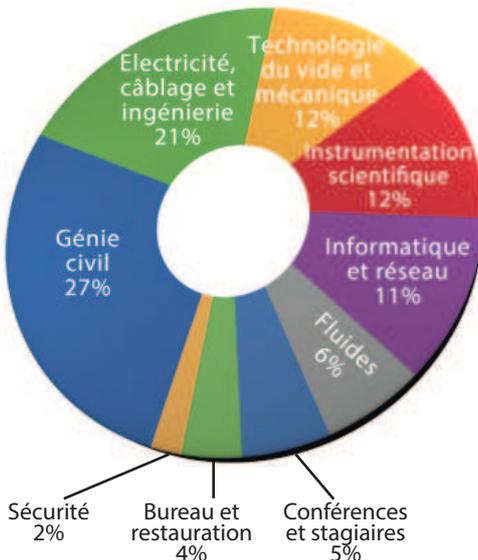
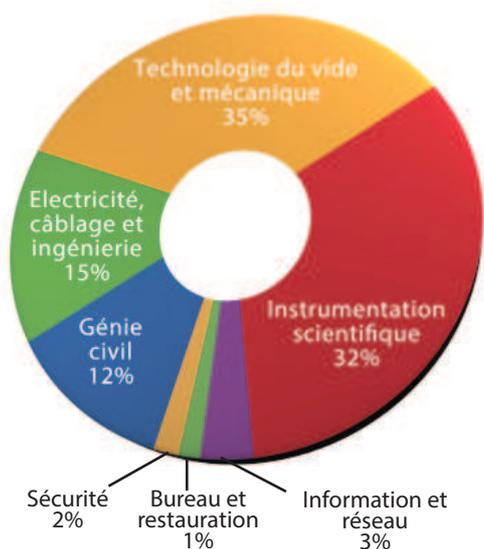
## Salaires

Au cours des 10 dernières années, le coût annuel des salaires était en moyenne de 51 millions d'euros. Les cotisations annuelles de retraite et de sécurité sociale étaient proches de 25 millions d'euros et les impôts sur le revenu payés par les employés de l'ordre de 2 millions d'euros. Les 24 millions d'euros de salaires nets par an sont dépensés principalement localement, directement au profit de la région grenobloise.

Les retombées économiques de l'ESRF sur la région hôte sont très significatives, un fait reconnu par les autorités locales françaises (Contrat Plan État-Région et Plan Campus) qui ont alloué une subvention de 18 millions d'euros à l'ESRF et à l'ILL sur la période 2007-2013.

10

**Les hautes technologies qui sous-tendent ESRF UP Phase II lui garantiront un impact socio-économique très large.**



À gauche : Répartition des contrats et des achats dans les pays membres et associés (hors France), par secteur, sur la période 2000-2012.

À droite : Répartition des contrats et achats en France, par secteur, sur la période 2000-2012.

## Recrutement

Dans la mesure du possible, l'ESRF applique le principe du « juste retour » au recrutement. Le pays hôte fournit la majeure partie du personnel de l'ESRF mais les postes de scientifiques et d'ingénieurs sont plus équitablement répartis entre les pays partenaires. Une telle équité est encore plus patente en ce qui concerne la répartition des thésards et postdoctorants.



## L'ESRF : un pôle d'expertise

L'ESRF a un effet domino dans de nombreux secteurs. Chaque contrat passé dans les pays membres et associés favorise l'établissement de contrats futurs, y compris pour la conception et la fabrication d'équipements élaborés. Les défis technologiques de la seconde phase du programme de revalorisation auront des répercussions dans des domaines tels que les détecteurs, la nanomanipulation, les systèmes de contrôle, les aimants, la technologie du vide, la mécanique de précision et la technologie de la radiofréquence de haute puissance pour les accélérateurs.

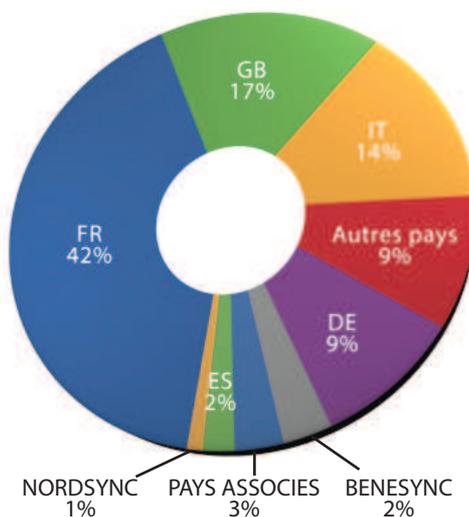
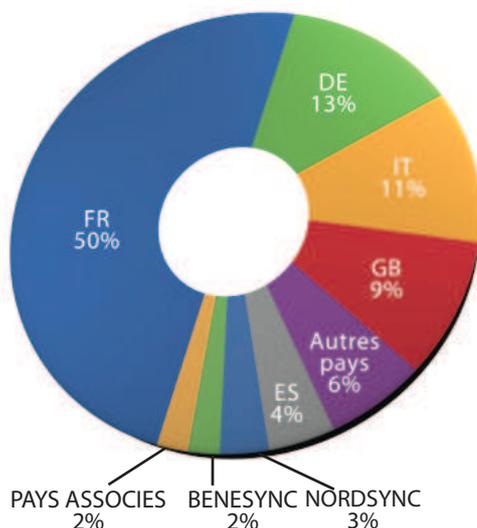


Les retombées pour les pays membres et partenaires ne s'arrêtent pas là : l'industrie nationale tire profit de l'expérience acquise grâce aux contrats passés avec l'ESRF et ce savoir-faire nouvellement acquis lui favorise l'accès à d'autres contrats internationaux. Les entreprises savent alors répondre de manière plus pertinente aux besoins des communautés scientifiques nationales et deviennent plus compétitives sur le marché mondial. Des programmes similaires au projet ESRF UP Phase II sont déjà à l'étude aux États-Unis, au Japon et en Chine.

**Les défis technologiques que représente ESRF UP Phase II en termes de conception et de fabrication mobiliseront les entreprises. Les retombées permettront à l'industrie de se développer et d'être concurrentielle sur le marché mondial.**

À gauche : Répartition par pays des chercheurs, ingénieurs et postes de haut niveau à l'ESRF au cours des 5 dernières années.

À droite : Répartition par pays des stagiaires à l'ESRF au cours des 5 dernières années.



# L'ESRF : une responsabilité dans la société

## Créer des liens avec les communautés

L'ESRF interagit avec la société au niveau local, national et européen, en ciblant des groupes spécifiques afin d'optimiser son impact :

### Les étudiants et futurs chercheurs

Depuis plus de 20 ans, les écoles HERCULES forment plusieurs dizaines d'étudiants par an en science des synchrotrons. Une nouvelle université d'été ESRF complètera la formation des étudiants de premier cycle à partir de 2014.

### Les élèves et les enseignants

L'ESRF accueille chaque année plusieurs milliers d'élèves du secondaire et d'étudiants des universités pour des visites de groupe. Avec ses partenaires de EIROforum, l'ESRF publie un magazine trimestriel « Science in School » pour aider les enseignants à aborder l'actualité scientifique avec leurs étudiants.

### Le grand public

Chacun peut visiter l'ESRF avec l'aide de l'Office du Tourisme de Grenoble qui coordonne des visites de groupe mensuelles. L'ESRF organise également régulièrement des journées portes ouvertes et participe fréquemment à des événements locaux tels que la Fête de la Science ou des expositions scientifiques.

### Les médias internationaux

Les résultats obtenus par les utilisateurs de l'ESRF, par exemple en paléontologie, sur les maladies infectieuses ou les nouveaux matériaux, sont fréquemment relayés par les principaux médias en ligne et la presse traditionnelle. La communication vers les médias est coordonnée avec les bureaux de presse des instituts des utilisateurs et des organismes financeurs.

### Pour les curieux

Le site Web public de l'ESRF contient de très nombreuses informations scientifiques et techniques sur le synchrotron de ces 15 dernières années. Plus d'un demi-million de personnes ont consulté les pages Web d'accès public de l'ESRF en 2012.

## Un synchrotron plus vert

Si les infrastructures scientifiques nécessitent beaucoup d'énergie pour fonctionner à un niveau optimal, l'ESRF s'efforce de devenir plus économe en énergie. De par sa conception, le nouvel accélérateur du projet ESRF UP Phase II réduira la consommation électrique de l'anneau de stockage de près d'un tiers, soit une économie de 9 GWh par an, tout en augmentant la brillance de ses faisceaux de rayons X d'un facteur 30 au minimum.

En outre, les nouveaux bâtiments construits pour ESRF UP Phase I utilisent des matériaux innovants et respectueux de l'environnement. La conception bioclimatique et le toit végétalisé contribuent à réduire la consommation énergétique. De manière générale, l'ESRF agit pour améliorer son efficacité énergétique, par exemple en encourageant activement, et dans certains cas financièrement, l'utilisation des transports publics ou du vélo ou encore le recours au covoiturage.



**La consommation électrique du nouvel anneau de stockage de l'ESRF sera réduite de près d'un tiers.**



# Un acteur majeur de l'ERA

Les progrès scientifiques et technologiques sont essentiels afin que les entreprises européennes puissent innover et rester compétitives, créer plus d'emplois mais également des emplois mieux qualifiés, et continuer à améliorer la vie quotidienne des Européens de manière durable. C'est pourquoi l'Union européenne a décidé que l'investissement dans la recherche devait passer à 3 % de la richesse européenne.

L'ESRF est un exemple remarquable de collaboration européenne réussie : un centre d'excellence scientifique ayant un impact significatif sur les sociétés et économies européennes et conforme aux objectifs de l'Espace Européen de Recherche (ERA). Investir dans l'ESRF a été une excellente décision prise par les gouvernements européens.

L'ESRF contribue efficacement au programme de mobilité piloté par l'ERA pour les chercheurs, ingénieurs, administratifs et techniciens européens.

A l'origine un projet sur la feuille de route de l'ESFRI, la mise en œuvre de ESRF UP Phase II, aboutissant à une source de rayons X aux performances jamais atteintes, constitue une étape stratégique du renforcement de l'Europe comme leader dans les domaines scientifique et technologique.

Dans le prolongement de l'impact qu'a eu l'ESRF sur les pays partenaires jusqu'à aujourd'hui, la phase II du programme ESRF UP va :

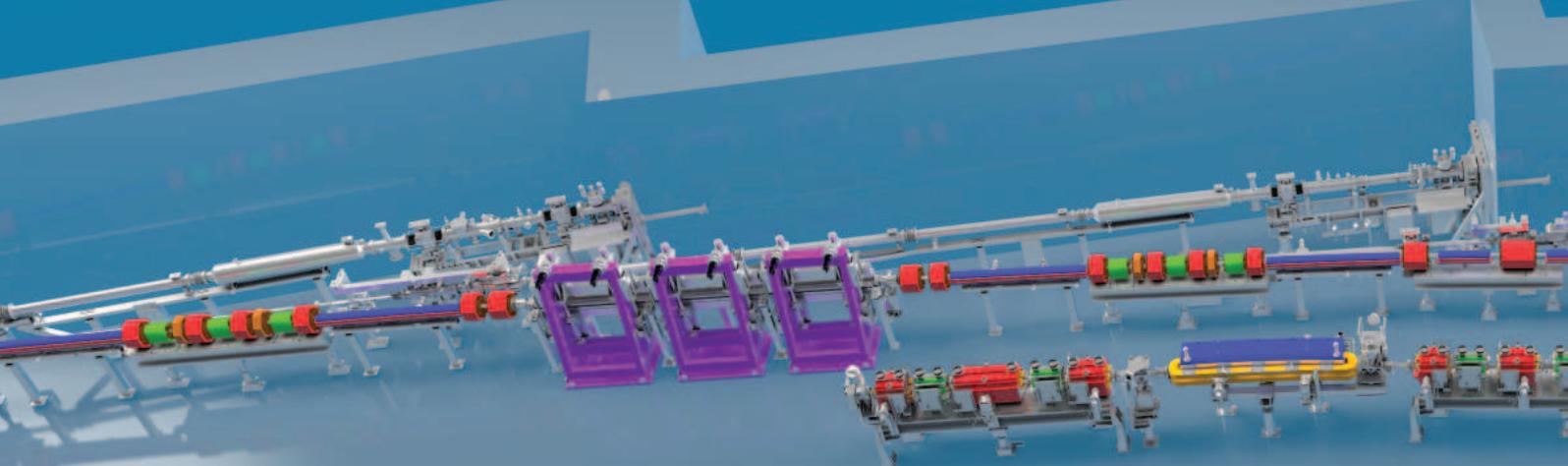
- améliorer la production scientifique européenne ;
- renforcer le leadership de l'Europe en science du rayonnement synchrotron ;
- doper le potentiel industriel européen ;
- générer des retombées économiques pour les pays membres et associés ;
- stimuler l'industrie européenne sur le marché mondial de haute technologie ;
- optimiser les retours sur investissement.

**L'ESRF est un splendide exemple de collaboration européenne réussie.**

- Le rayonnement synchrotron aide l'industrie à améliorer ses procédés et à développer de nouveaux produits.
- La science et les progrès techniques issus de l'ESRF traitent des principaux enjeux de société auxquels sera confrontée l'Europe dans les décennies à venir.
- L'ESRF est devenu un lieu de travail attractif et stimulant pour les ingénieurs, étudiants et chercheurs.
- L'ESRF est reconnu pour la diffusion de ses résultats et pour la formation de personnes hautement qualifiées.

*Infrastructures de rayonnement synchrotron en Europe offrant un programme attractif pour les utilisateurs (membres de CALIPSO).*





## L'ESRF UP Phase II : pourquoi maintenant ?

Aujourd'hui, l'Europe a l'occasion de lancer la meilleure source synchrotron au monde, qui fournira des faisceaux de rayons X à la brillance, à la cohérence et aux dimensions spatiales inégalées. Ce grand pas en avant, essentiel pour la science des rayons X, requiert des investissements hors de la portée des infrastructures nationales et nécessite l'extraordinaire qualification de personnel international de l'ESRF. Seul l'ESRF a la capacité de le faire, de manière efficace et rapide. Comme par le passé, les autres synchrotrons en Europe bénéficieront du rôle pionnier de l'ESRF.

Tous les utilisateurs profiteront des gains de brillance et de cohérence obtenus par la nouvelle source de rayons X. Les applications potentielles sont notamment :

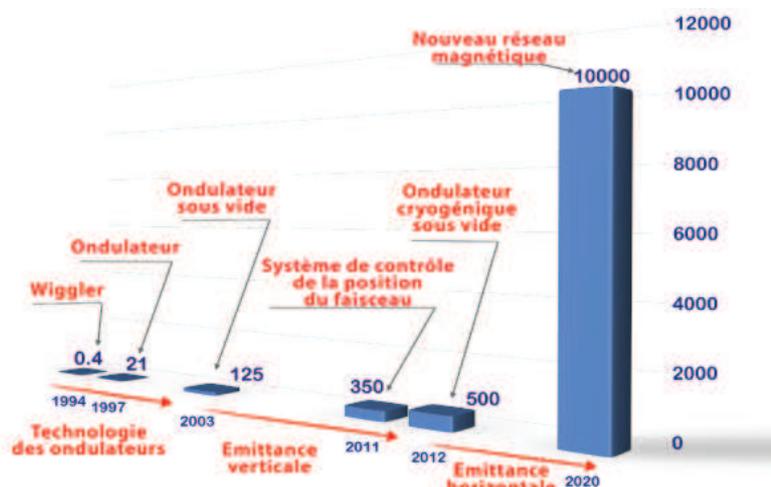
- la nanoscopie en transmission, les faisceaux de rayons X fournissant une résolution spatiale de quelques dizaines d'atomes ;
- les méthodes de diffraction par des nanocristaux isolés voire des matériaux non cristallins, afin de comprendre les relations fonctionnelles entre les propriétés des particules et les conformations de particules ;
- l'imagerie à rayons X tridimensionnelle ultra-rapide pour observer des réactions chimiques ou les transformations des matériaux dans des conditions d'utilisation.

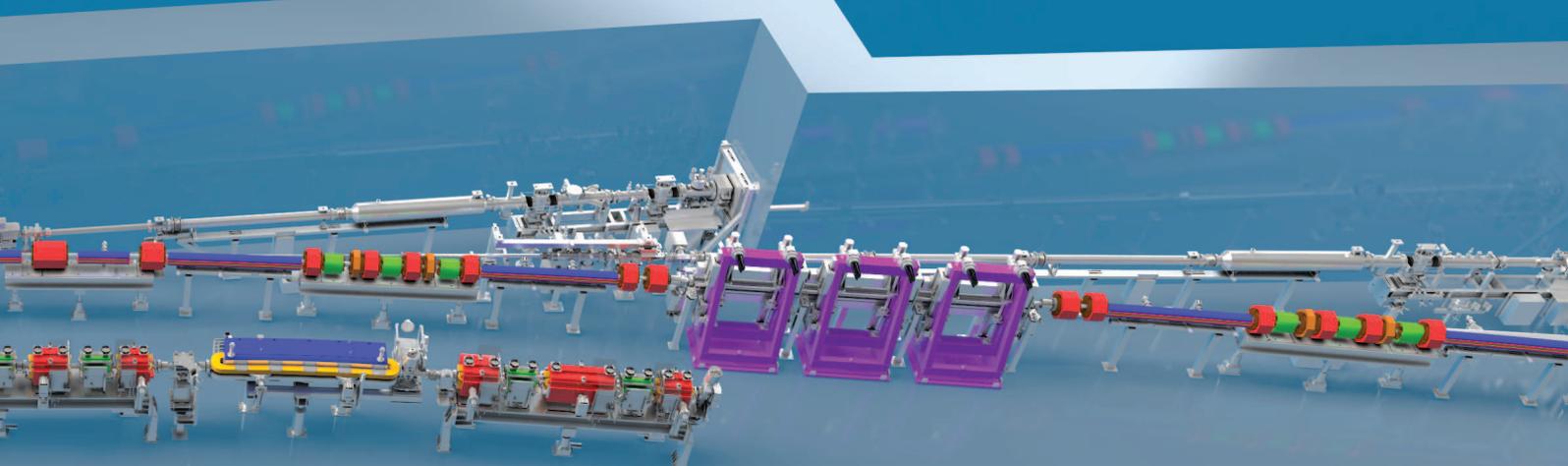
**Il est temps de lancer ESRF UP Phase II. Conforté par l'achèvement réussi de la Phase I en 2015, ESRF UP Phase II offrira des faisceaux de rayons X d'une qualité inégalée dès 2020, ouvrant la voie à de nouvelles découvertes par des communautés scientifiques existantes et à venir.**

La seconde phase du programme ESRF UP est la solution qui s'impose pour mettre en place le synchrotron de prochaine génération en Europe.

- Ce projet remplit la mission de l'ESRF de développer et mettre en œuvre de nouvelles méthodes et technologies d'avant-garde au profit de la science et d'autres synchrotrons en Europe.
- Sa mise en œuvre dans les délais proposés permettra à l'ESRF de mener la science du rayonnement synchrotron au niveau mondial grâce à une source supérieure aux autres en qualité.
- Il optimise les retours sur investissement par rapport à une nouvelle infrastructure puisqu'elle réutilisera près de 90 % des équipements et de l'instrumentation existants.
- L'expertise du personnel de l'ESRF garantira une réalisation rapide.
- Du point de vue environnemental, ESRF UP Phase II sera beaucoup plus écologique et énergétiquement efficace que l'anneau de stockage actuel.

Évolution de la brillance des rayons X sur les lignes de lumière de l'ESRF, mesurée en unités de  $10^{18}$  photons/(sec. mm<sup>2</sup>.mrad<sup>2</sup>). Les textes en rouge indiquent les éléments ayant permis des gains majeurs en termes de brillance. Le saut qualitatif en 2020 est le résultat de ESRF UP Phase II.





## L'ESRF en bref

L'ESRF est un centre de recherche leader mondial dans son domaine. Il est financé et géré par 20 pays. Il fait circuler des électrons dans un anneau de stockage de 844 m de circonférence afin qu'ils émettent d'intenses faisceaux de rayons X qui sont utilisés par les chercheurs du monde universitaire et industriel afin d'étudier la structure interne des matériaux.

Fondé en 1988, l'ESRF a démarré son exploitation en 1994 et a, depuis, dépassé tous ses objectifs initiaux. Aujourd'hui le succès de l'ESRF est attesté par les 6 000 utilisateurs du monde entier qui s'y rendent chaque année pour réaliser des expériences aux frontières de la connaissance. Plus de 21 700 articles scientifiques basés sur des travaux réalisés à l'ESRF ont été publiés au cours des 20 dernières années, dont nombre d'entre eux dans les revues scientifiques spécialisées les plus réputées dans le monde.

L'ESRF abrite 42 lignes de lumières spécialisées, bénéficiant d'une instrumentation de pointe, aux performances uniques en Europe et dans le monde. En tant qu'infrastructure au financement international organisée sous forme d'une société civile française, l'ESRF accueille des utilisateurs sur la base de l'excellence scientifique de leurs projets, en particulier ceux de ses pays partenaires, et réalise les travaux de recherche et de développement nécessaires en matière de techniques de rayonnement synchrotron.

L'impact de l'ESRF est ressenti dans tous les pays partenaires car l'ESRF contribue à améliorer les performances de l'industrie et permet la découverte de matériaux et produits innovants qui dopent la compétitivité européenne. Avoir à sa disposition le synchrotron le plus efficace au monde - l'ESRF - confère à l'Europe un véritable avantage stratégique.

*En haut : Vue d'artiste du nouvel anneau de stockage de l'ESRF. L'un des 32 secteurs existants à remplacer est représenté au premier plan.*

*En bas : Pays membres et associés de l'ESRF en mai 2013.*



**L'ESRF a un impact important sur l'ensemble de la société à de nombreux niveaux :**

- **ouverture de champs d'investigation scientifique encore inexplorés ;**
- **lancement de programmes de recherche pour les jeunes chercheurs ;**
- **stimulation de l'innovation et création de valeur ;**
- **formation de personnes hautement qualifiées pour le marché du travail européen ;**
- **diffusion de ses résultats expérimentaux et de ses découvertes.**



[www.esrf.eu](http://www.esrf.eu)

European Synchrotron Radiation Facility

BP220 - F38043 Grenoble Cedex, France

Septembre 2013