



UNA LUCE PER LA SCIENZA





# Una luce per la Scienza

## Dare al mondo una nuova luce

2

L'European Synchrotron Radiation Facility (ESRF – laboratorio europeo di luce di sincrotrone) produce intensi fasci di radiazione X destinati alle più avanzate ricerche scientifiche. La “brillanza” di questi fasci di raggi X richiama dall'industria e da centri di ricerca accademici ricercatori internazionalmente riconosciuti.

### Un centro di eccellenza multinazionale

L'ESRF, che ha sede a Grenoble, in Francia, è un centro scientifico di eccellenza sostenuto e gestito da 19 Paesi. Sin dal momento della sua inaugurazione nel 1994, questa sorta di “supermicroscopio” produce la radiazione X più potente d'Europa al fine di indagare le strutture più disparate: molecole biologiche e polimeri biocompatibili, nanostrutture e tesori archeologici, fino a nuovi materiali per le celle a combustibile.

La radiazione X viene emessa da elettroni di altissima energia che circolano dentro la “ciambella” di un acceleratore chiamato “anello di accumulazione”. Dal controllo degli elettroni nella ciambella ai sistemi di

acquisizione dati fino all'analisi finale di ciascun esperimento, nuove tecnologie di punta vengono continuamente sviluppate per garantire all'ESRF nei decenni a venire il suo primato scientifico.

### Per farmaci migliori e materiali più affidabili

Ogni anno migliaia e migliaia di ricercatori raggiungono Grenoble per condurre i loro esperimenti nelle 42 “beamline” superspecializzate dell'ESRF. Acceleratore e beamline operano 24 ore su 24, sette giorni su sette. Molto di più che una sorgente di raggi X, per quanto potente, ESRF offre ai ricercatori una gamma completa di servizi e collaborazioni internazionali al fine di sviluppare conoscenze scientifiche a beneficio della società tutta.



6

Ispirandosi  
alla natura

8

Come  
funziona l'ESRF?

10

Le frontiere  
della scienza

12

Nuove  
sfide

14

Una visione  
europea

## La visione X

### Guardando al nanomondo

I ricercatori sono mossi dall'istinto di conoscere meglio il mondo che ci circonda: di cosa è fatto il nostro pianeta? Quali sono i processi alla base della vita? Come possiamo spiegare le differenti proprietà dei materiali? Sarà un giorno possibile debellare tutte le malattie mortali o far uso di materiali esclusivamente rinnovabili evitando ogni inquinamento?

La maggior parte di queste domande non può trovare risposta senza una profonda analisi dettagliata della struttura della materia a livello atomico e molecolare. Gli atomi, con la loro dimensione di un decimo di un nanometro (un decimo di miliardesimo di un metro) sono tuttavia invisibili anche al migliore microscopio ottico. Per

“vedere” gli atomi ed esplorare il mondo al di là delle loro proprietà macroscopiche, è necessaria una luce diversa, una luce “magica”, con una lunghezza d'onda ben più corta della radiazione visibile: i raggi X.

### L'estrema brillantezza dei raggi X del sincrotrone

I raggi X possono interagire con la materia in modi differenti. Possono penetrarla profondamente, e questo è all'origine delle loro applicazioni mediche, ma possono anche decifrare a livello atomico la struttura tridimensionale dei cristalli attraverso una tecnica chiamata cristallografia. Per decine di anni i ricercatori hanno usato sorgenti a raggi X tradizionali, i “tubi” a raggi X, per sfruttare questa tecnica e svelare la struttura di sistemi biologici. I fasci

di raggi X prodotti in un sincrotrone sono ordini di grandezza più intensi di quelli emessi da un tubo ed inoltre sono collimati come un fascio laser, permettendo ai ricercatori di raccogliere dati molto più rapidamente di prima e di aprire nuove opportunità di indagine, ben al di là di quello che la cristallografia sognava all'inizio dell'era dei sincrotroni, quaranta anni fa.



# Al centro della vita

Composte di aminoacidi, le proteine sono elementi essenziali alla struttura, alla funzionalità e alla regolazione di tutte le cellule, di organi viventi. Enzimi e anticorpi sono proteine essenziali alla vita, ma le coperture proteiche dei virus sono funzionali per attaccare le cellule e causare malattie che possono andare dal comune raffreddore, all'influenza, all'AIDS.

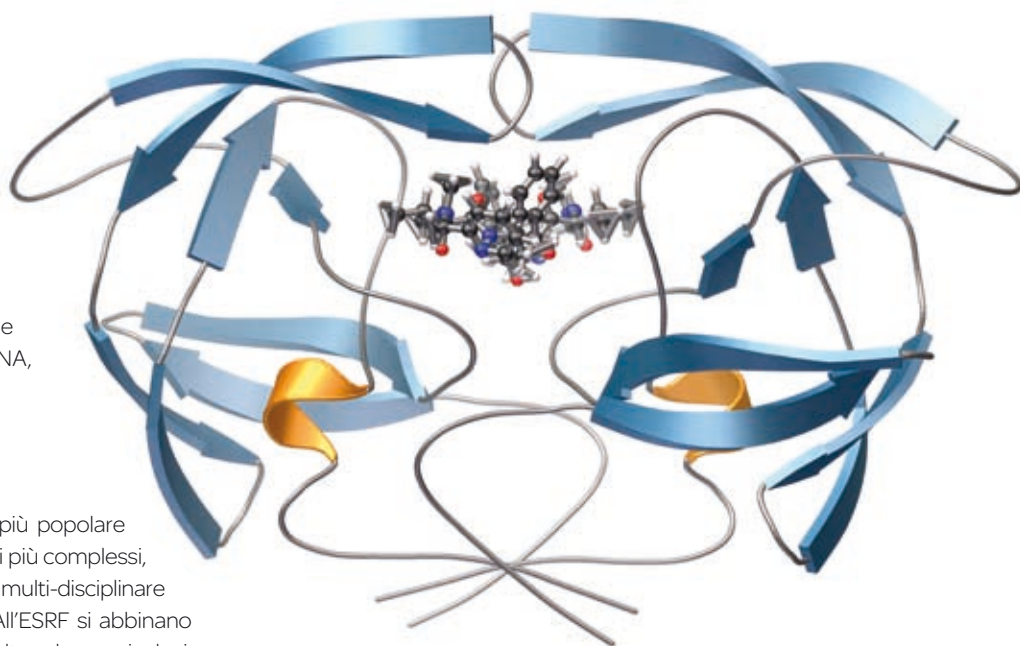
## Una rivoluzione in biologia strutturale

### Un legame tra forma e funzione

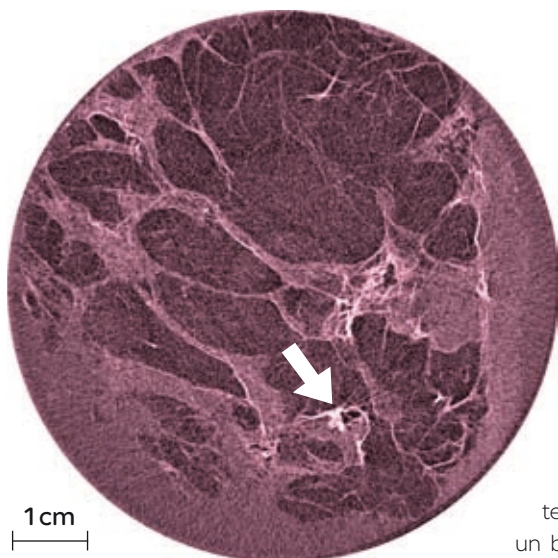
Le proteine sono grandi molecole che contengono alcune centinaia di migliaia di atomi. Ciascuna di esse ha una forma definita, chiamata la "struttura 3D". I dettagli atomici di una proteina forniscono preziose informazioni sulla sua funzione e in particolare quella del suo sito attivo, dove ha luogo la reazione biologica. I fasci di raggi X del sincrotrone rappresentano uno strumento unico per esplorare l'intera gamma delle macromolecole alla base della vita: proteine, DNA, RNA, ribosomi, nucleosomi e virus.

### La tecnica dei raggi X per studiare le proteine

La cristallografia a raggi X è la tecnica di lunga più popolare nello studio delle macromolecole. Sistemi biologici più complessi, a scala sopra-molecolare, richiedono un approccio multi-disciplinare per fornire un quadro il più possibile completo. All'ESRF si abbinano alla cristallografia X tecniche complementari ad alta e bassa risoluzione come la dispersione dei raggi X a basso angolo, la spettroscopia ad assorbimento X, la microscopia a raggi X e la spettroscopia infrarossa.



Struttura tridimensionale di una proteina dell'HIV-1.



Un tumore al seno reso visibile da una nuova tecnica basata sul sincrotrone.

## Aiutando la ricerca medica

### Rendere visibile l'invisibile

La tomografia computerizzata a raggi X (TC) è una potente tecnica di diagnostica in quanto produce immagini tridimensionali. Tuttavia differenzia a stento i diversi tessuti molli a debole assorbimento. All'ESRF, l'imaging di fase sfrutta la lieve deviazione che fasci coerenti di raggi X subiscono quando penetrano attraverso tessuti di densità differente producendo un buon contrasto fra le strutture di vari

tessuti molli. L'invisibile diventa visibile e permette, ad esempio, una precoce individuazione dei tumori.

### La radioterapia del futuro

I raggi X convenzionali utilizzati in radioterapia sono efficaci nel distruggere le cellule cancerogene, ma possono anche danneggiare i tessuti sani che circondano il tumore. I raggi X del sincrotrone, grazie alla loro intensità e collimazione, possono essere puntati con precisione per raggiungere e distruggere selettivamente solo i tessuti maligni.

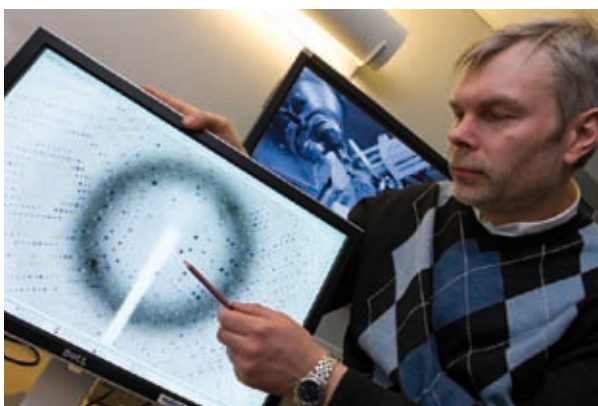
# La cristallografia a raggi X

## Dove sono gli atomi?

La cristallografia a raggi X è uno strumento estremamente potente per identificare i singoli atomi e la loro posizione nei materiali. La tecnica si basa sul fenomeno di diffrazione dei raggi X ad opera di cristalli. Un cristallo di una proteina, ad esempio, è costituito da un impacchettamento regolare e tridimensionale di molecole della proteina in questione. La distribuzione dei raggi X in uscita dal cristallo (chiamata figura di diffrazione) è legata alla struttura della molecola e rivela in che modo sono disposti gli atomi.

Naturalmente, la cristallografia di una proteina è possibile solo se la proteina può essere cristallizzata, il che può risultare molto difficile o persino impossibile. Utilizzando i fasci di raggi X del sincrotrone, è possibile studiare cristalli minuscoli o

imperfetti che un paio di decenni or sono sarebbero stati gettati via. Come afferma un biologo che opera all'ESRF: "Nei tempi passati, si studiava quello che poteva essere studiato. Oggi si studia quello che si vuole studiare".



Discutendo intorno ad una figura di diffrazione.

## Focus

## La scoperta di un farmaco



Cristalli di proteina.

### Mettere a punto dei farmaci

Individuare e sviluppare un farmaco è un'impresa ad alto rischio che necessita visione a lungo termine, considerevole esperienza tecnica e strategica ed una competenza multisettoriale. Uno degli obiettivi dell'industria farmaceutica moderna consiste nel mettere a punto farmaci - liganti - in grado di legarsi selettivamente a siti particolarmente suscettibili o favorevoli (generalmente proteine) in grandi complessi macromolecolari.

### Sincrotrone e velocità

Questa nuova "concezione basata sulla struttura" è in larga parte resa possibile dalla cristallografia a raggi X ad elevata capacità, dove interi lotti di campioni vengono allineati per analisi sulla linea di luce. Nelle primissime fasi dello sviluppo di un farmaco, quando è necessario "fare lo screening" di un ampio numero di possibili combinazioni liganti-proteina, diventa essenziale utilizzare strumenti altamente automatizzati e veloci.



# Ispirandosi alla natura...

La motivazione di tutte le scienze è nella comprensione del mondo che ci circonda. Grazie alla sua capacità di osservare ogni sorta di reazioni *in situ*, la luce di sincrotrone sta rivoluzionando il nostro modo di comprendere il mondo a livello atomico e molecolare.

## I profondi misteri dell'acqua



*Comprendere le proprietà dell'acqua è essenziale per il futuro del nostro pianeta.*

### Di importanza cruciale per la vita

L'acqua è l'elemento essenziale per la vita, per l'agricoltura, per l'ambiente... Sappiamo che l'acqua esiste in tre forme: solida, liquida o gassosa. Ma quello che intriga scienziati in tutto il mondo è quello che non si sa dell'acqua. La comprensione di tutte le sue peculiari proprietà presenta una sfida straordinaria in biologia, in chimica e in fisica, ma anche nel campo delle scienze applicate, geologia, glaciologia e scienze marine incluse.

### Una forma di ghiaccio per immagazzinare gas

Il clatrato idrato è una forma di ghiaccio che si trova nel fondo oceanico e nelle aree di permafrost. Gli scienziati sono interessati a questi idrati perchè all'interno di gabbie costituite da molecole di acqua tenute insieme da legami idrogeno essi possono intrappolare molecole di gas quali l'anidride carbonica o l'idrogeno ( $\text{CO}_2$  o  $\text{H}_2$ ). Utilizzando la riflettività X per osservare la formazione



*Microstrutture di "neve bianca" una forma non umida di neve.*

dello strato di idrato e la diffrazione dei raggi X per studiare dei campioni sotto pressione, l'ESRF ha ottenuto informazioni straordinarie su questi materiali che hanno il potenziale di intrappolare e immagazzinare gas.

## Una nuova alba per l'energia solare

### Studiare la fotosintesi...

Se il mondo fosse alimentato con energia solare, sarebbe possibile evitare una crisi energetica globale. Sfortunatamente, a causa dell'inefficienza dell'attuale tecnologia che sfrutta l'energia solare, questa rivoluzione energetica rimane un sogno. Anche i progetti più avanzati convertono in elettricità solo il 40% dell'energia solare catturata. Ma qui lo studio della fotosintesi potrebbe risultare utile. In natura, solo un enzima, il fotosistema II, è in grado di produrre la reazione cruciale (ossidazione dell'acqua e produzione di ossigeno) con un'efficienza elevata. Questo enzima è presente nelle piante, nelle alghe e nei cianobatteri e la sua attività, sostenuta dall'energia della



*La fotosintesi: un mezzo efficace per trasformare la luce del sole in energia vitale.*

luce assorbita, ha creato l'atmosfera ricca di ossigeno della quale godiamo oggi.

### ... filmando la reazione

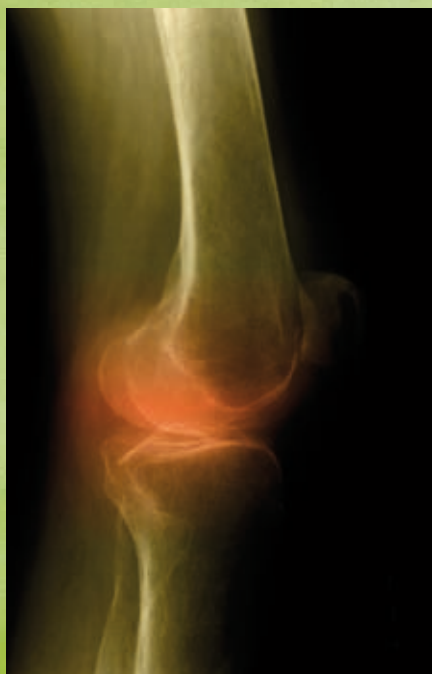
Il Fotosistema II è stato studiato per lungo tempo con la cristallografia a raggi X. Ma era necessario fare un po' di più: all'ESRF è stata utilizzata una tecnica complementare: la spettroscopia di assorbimento X risolta in tempo. Gli scienziati sono stati allora in grado di seguire "on line" l'intero ciclo dell'intricato meccanismo di ossidazione dell'acqua. Comprendere questo meccanismo è di importanza cruciale per la futura generazione di combustibili rinnovabili, nei quali gli elettroni dell'acqua possono essere utilizzati per ridurre i protoni attraverso fotocatalizzatori artificiali. L'energia solare verrebbe allora utilizzata per produrre idrogeno.

# ... la tecnologia diventa verde

## Un "corpo" di buone idee

### Ossa resistenti e solide

I brillanti raggi X non solo rivelano l'ingenuità del corpo umano ma possono anche ispirare nuove tecnologie e scienza. Le ossa, per esempio, costituiscono l'impalcatura del corpo e devono essere resistenti e solide.

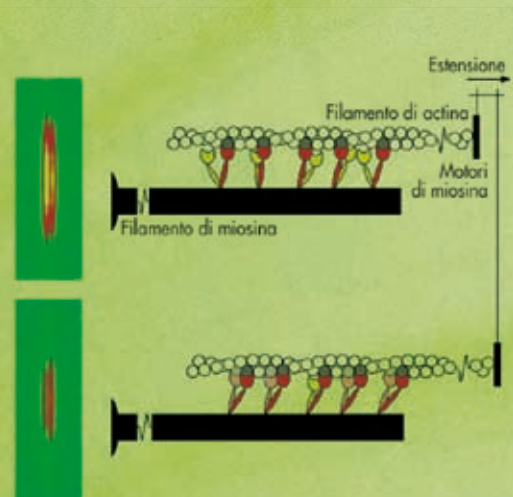


*I tessuti biologici sono dei modelli eccellenti per i nuovi materiali.*

Il segreto delle sorprendenti proprietà delle ossa giace nella loro complessa struttura: una combinazione di un biopolimero (collagene) e di nanoparticelle minerali. Utilizzando le differenti tecniche di raggi X del sincrotrone, gli scienziati possono studiare sia la struttura delle ossa che il loro comportamento meccanico. Ciò può poi portare allo sviluppo di materiali nuovi e più sofisticati.

### Muscoli nanostrutturati

Lo studio dei muscoli è egualmente illuminante. Sebbene le contrazioni muscolari siano chiaramente visibili all'occhio umano, esse sono la somma di miliardi di microscopiche contrazioni di singole molecole. Il polimero nanostrutturato contiene acido poli(metacrilico), che modifica la configurazione molecolare passando da un ambiente acido ad uno alcalino, esercitando nel contempo una forza meccanica. I ricercatori sono stati in grado di utilizzare questo approccio innovativo per costruire un muscolo artificiale semplice, azionato chimicamente, utilizzando una reazione che modifica di continuo l'acidità della soluzione circostante.



*Studio della reazione delle proteine (actina e miosina) quando un muscolo è esteso.*

## Auto più pulite che durano più a lungo

Il cambiamento climatico sta producendo una richiesta di tecnologie più verdi e più rispettose dell'ambiente.

Ne risulta che è divenuto imperativo migliorare i catalizzatori delle auto che eliminano i gas di scarico tossici. Costosi metalli come il platino costituiscono attualmente il nucleo dei catalizzatori sotto forma di nanoparticelle su un substrato di ceramica porosa. Se esposti a temperature elevate (800°C o superiori), queste nanoparticelle si legano tra di loro o sintetizzano, riducendo l'area di superficie attiva disponibile per l'attività catalitica.

All'ESRF il fenomeno di sintetizzazione e ridispersione dei metalli è stato osservato con alta risoluzione. Ciò è possibile perché la reazione catalitica potrebbe essere riprodotta (con una tecnica chiamata "operando") e il comportamento delle nanoparticelle osservato *in situ* utilizzando la spettroscopia di assorbimento dei raggi X e la spettroscopia a infrarossi.



*Marmitte catalitiche più efficienti per autovetture più pulite.*

# Come funziona l'ESRF?

La luce di sincrotrone è prodotta quando gli elettroni circolanti nell'anello di accumulazione sono deviati da campi magnetici. Il primo fascio di radiazione del sincrotrone è stato osservato nel 1947. Da allora sono stati compiuti incredibili progressi nella fisica dell'accelerazione, nell'elettronica e nell'informatica come pure nelle tecnologie dei magneti e del vuoto. Attualmente le fonti di luce di terza generazione del sincrotrone sfruttano le più recenti scoperte tecniche per produrre intensi fasci di raggi X la cui richiesta è enorme in tutto il mondo.



## 1 L'acceleratore lineare (linac)

Gli elettroni vengono emessi da un cannone elettronico, un dispositivo simile al tubo a raggi catodici che si trovava nei vecchi televisori o negli schermi del computer. Questi elettroni vengono riuniti in "grappoli" e accelerati mediante un campo elettrico pulsato all'interno di un vuoto dove raggiungono una velocità prossima a quella della luce.

## 2 Il booster sincrotrone

Prima di entrare nel gigante anello di accumulazione gli elettroni hanno bisogno di raggiungere la loro energia finale di 6 miliardi di elettrovolt (GeV). Lo fanno in un booster (sincrotrone) a forma di pista, della lunghezza di 300 metri. Il booster sincrotrone contiene delle cavità a radio-frequenza acceleranti e magneti curvanti che forzano gli elettroni a deviare dalla loro traiettoria

lineare e seguire la curvatura dell'anello. La forza del campo magnetico deve essere aumentata e sincronizzata accuratamente con la crescente energia degli elettroni, e questo è il motivo per il quale l'acceleratore viene chiamato sincrotrone. Dopo aver raggiunto 6 GeV in circa 50 millisecondi, gli elettroni vengono allora inviati all'anello di accumulazione.

## 3 L'anello di accumulazione

L'anello di accumulazione, che ha una circonferenza di 844 metri, è il luogo in cui gli elettroni viaggiano per ore ad una velocità prossima a quella della luce all'interno di un tubo a vuoto ad una pressione estremamente bassa (circa  $10^{-9}$  mbar). Viaggiando intorno all'anello, passano attraverso diversi tipi di magneti, in massima parte magneti curvanti, magneti ondulatori e focalizzanti.

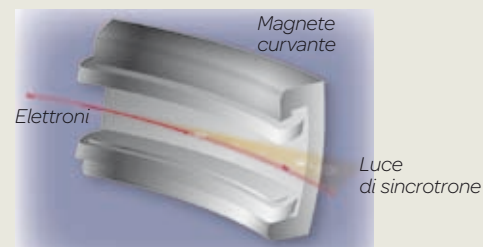
## Dentro l'anello di accumulazione

### 4 I magneti curvanti

Nell'anello di accumulazione sono presenti 64 magneti curvanti. La loro funzione principale, come nel booster, è quella di forzare gli elettroni in una traiettoria curva.

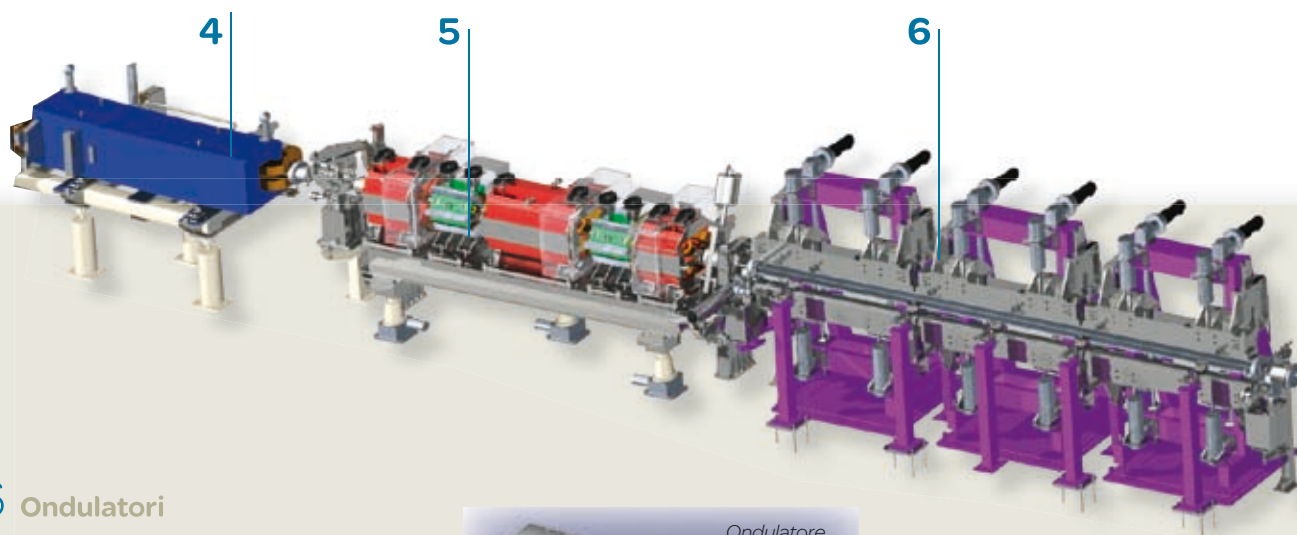
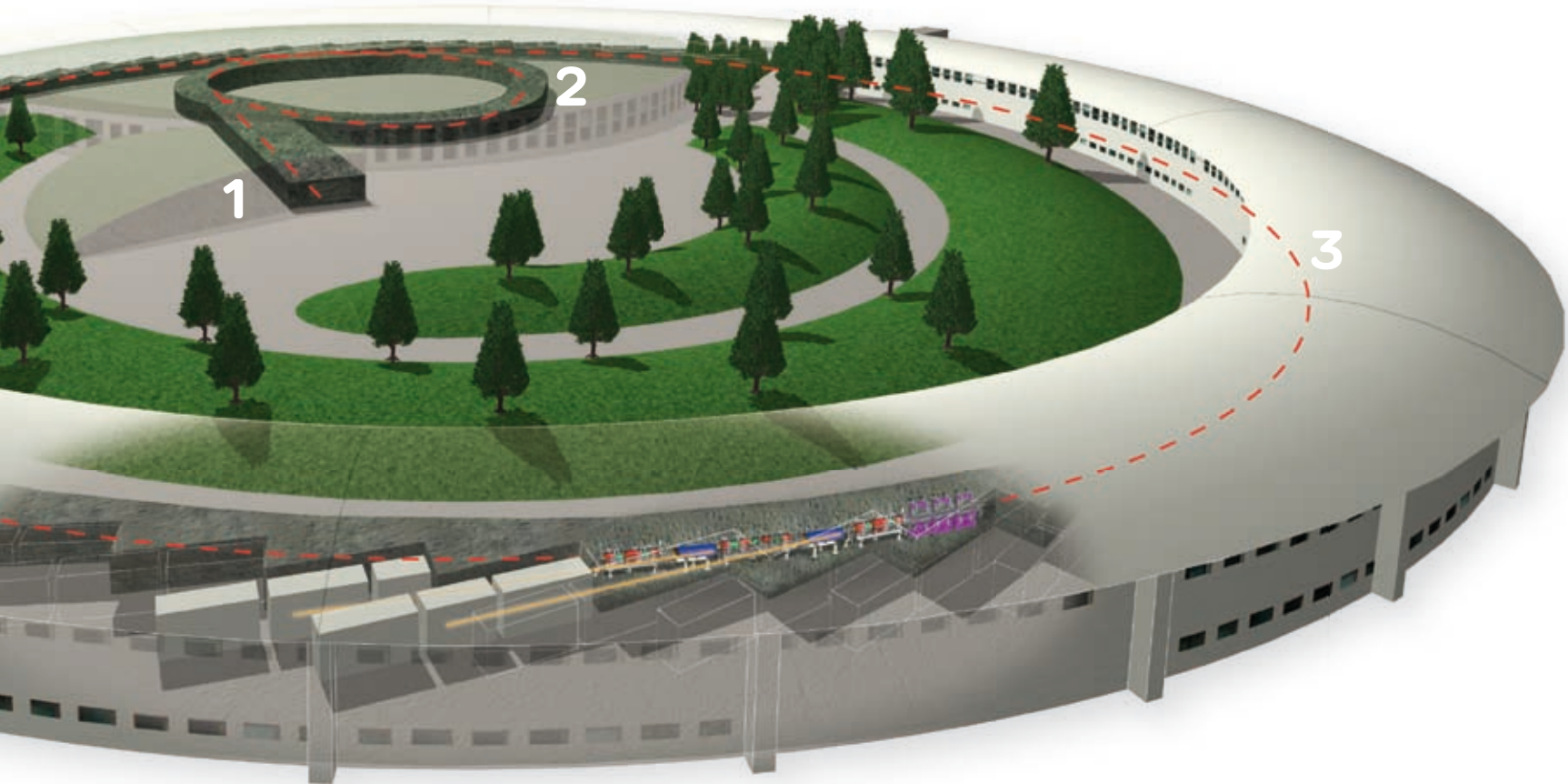


I magneti curvanti sono anche una fonte della luce di sincrotrone. Secondo la teoria di Maxwell, se gli elettroni vengono accelerati (in questo caso ad opera della forza laterale) emettono delle onde elettromagnetiche. Questa luce viene emessa tangenzialmente al fascio di elettroni curvato e viene convogliata in un fascio stretto ed intenso. Poi va verso una linea di luce nella camera sperimentale. La luce di sincrotrone emessa da un magnete curvante copre uno spettro ampio e continuo, dalle microonde ai raggi X duri.



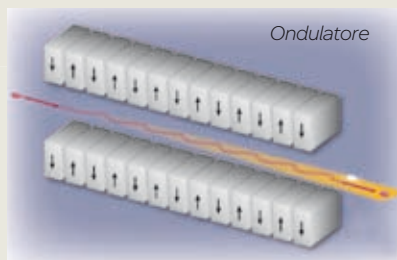
### 5 Magneti focalizzanti

I magneti focalizzanti – chiamati anche lenti magnetiche – mantengono bassa la dimensione del fascio di elettroni.



## 6 Ondulatori

Gli ondulatori sono strutture magnetiche composte da una schiera di piccoli magneti disposti uno accanto all'altro con polarità alternata. Questo forza gli elettroni a seguire una traiettoria ondulatoria o ad onda. I fasci di radiazione emessi dalle molteplici curvatures principali si sovrappongono e interferiscono uno con l'altro per generare un fascio di radiazione più intenso di quello generato da un solo magnete curvante. Come



conseguenza, i fotoni emessi sono concentrati a determinate energie (chiamate fondamentale ed armoniche) aumentando in tal modo la brillantezza del fascio. Aprendo o chiudendo l'apertura dell'ondulatore, il sistema può essere regolato in modo da raggiungere la brillantezza più elevata ad ogni energia desiderata.

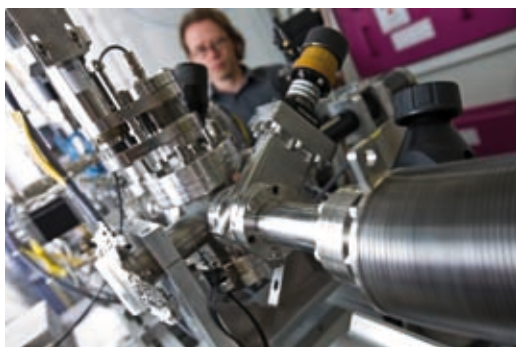
# Far arretrare le frontiere del

Ogni anno migliaia di scienziati, provenienti da tutto il mondo, visitano l'ESRF per condurre degli esperimenti alla frontiera della scienza e della tecnologia della linea di luce.

Esistono in totale 42 linee di luce altamente specializzate, ciascuna dotata di una strumentazione all'avanguardia.

## 1 Ottica dei raggi X

I dispositivi ottici che si trovano sulla linea di luce (fenditure, filtri, monocromatori, specchi, ecc.) condizionano il flusso di fotoni per uno specifico esperimento. Il ruolo di un monocromatore è di selezionare una specifica energia da un ampio spettro di energie disponibili. Ciò viene realizzato mediante diffrazione, generalmente su monocristalli di silicone, che devono essere raffreddati per evitare che si deformino sotto il carico di calore elevato della luce di sincrotrone. Anche uno specchio è un elemento ottico essenziale, che consente di focalizzare il fascio all'interno del campione fino alla scala sub-micrometrica.



## 2 Lo spazio di lavoro del campione

Lo spazio di lavoro intorno al campione è condiviso da strumenti specializzati e dispositivi di controllo dell'ambiente sperimentale. La nanofocalizzazione di un fascio di raggi X su un oggetto di dimensioni nanometriche richiede una strumentazione migliorata per il posizionamento e la visione del campione, strumenti ottici e monitor per controllare la posizione del fascio. Strumenti che forniscono informazioni complementari ai dati dei raggi X, quali microscopi e spettrometri, sono essenziali per esperimenti particolari. L'automazione nel campo della cristallografia macromolecolare, utilizzando robot per cambiare e posizionare i campioni, riduce anche la durata degli esperimenti.

## Anello di accumulazione

10



Cabina di controllo

# la scienza



## 3 Rivelatori

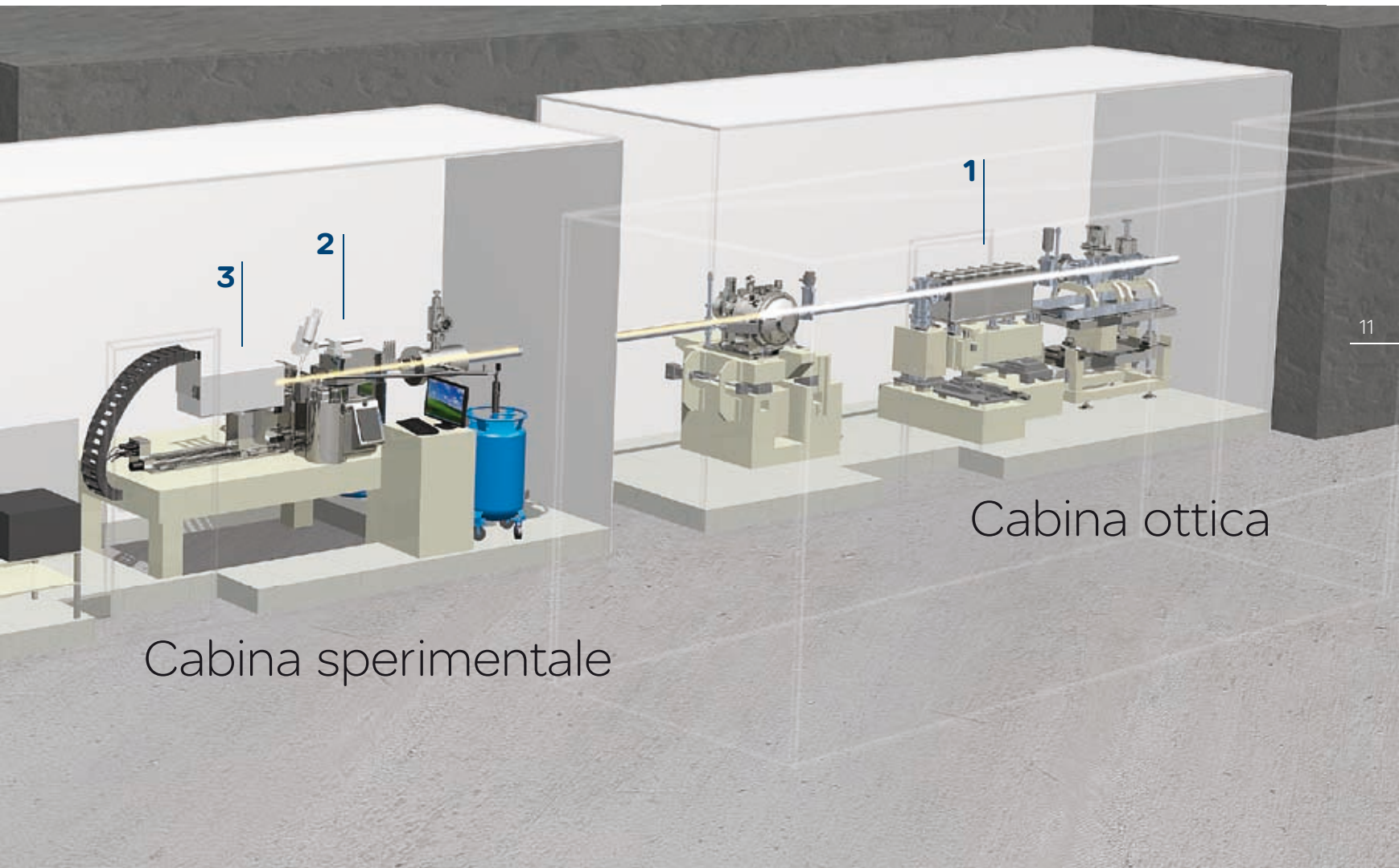
L'ESRF possiede un'ampia varietà di rivelatori, che utilizzano tecnologie differenti, per una gamma di esperimenti diversi. "Image plate", messi a punto in un primo tempo per la diagnostica per immagini medica, sono stati progressivamente sostituiti da sofisticati intensificatori di immagini, che utilizzano camere CCD. Attualmente, un rivelatore fa affidamento in maniera considerevole sull'elettronica per raccogliere i dati con efficienza, risoluzione, sensibilità e velocità. Ma tutti questi criteri generalmente non si trovano in un unico rivelatore. Rivelatori dedicati, fatti su misura per uno specifico esperimento, produrranno un impatto più elevato.

## 4 Controllo della linea di luce

La linea di luce viene fatta funzionare utilizzando un software di controllo della linea di luce. Questo associa la funzionalità di ciascun componente della linea di luce con il procedimento globale dell'esperimento. Il software deve anche essere in grado di gestire un ampio numero di scenari sperimentali autonomamente. È diventato possibile anche il controllo a distanza, da parte degli utenti dai loro laboratori.

## 5 Dati

I dati generalmente vengono rilevati all'ESRF e analizzati più tardi dagli utilizzatori quando questi fanno ritorno a casa. Tuttavia, l'analisi online è fortemente desiderabile dal momento che migliora la qualità finale dei dati sperimentali. Può fornire un feedback sulla qualità dei dati e permettere di dare una prima occhiata ai risultati in tempo reale o quasi reale. Attualmente, i dati vengono prodotti ad un tasso più rapido e in quantità anche maggiori di prima, il che rende necessario rafforzare l'analisi dei dati online.



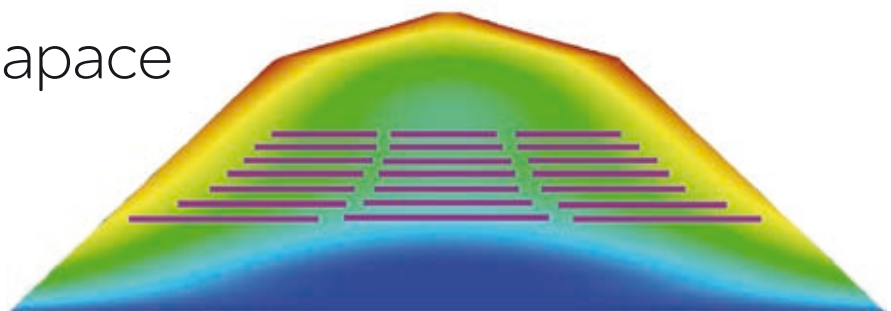
# Nuove sfide

La brillantezza eccezionale della luce di sincrotrone permette agli scienziati di avanzare verso esperimenti sempre più complessi, più velocemente, con più risoluzione e ambienti sperimentali più sofisticati.

## Più piccolo più capace

### Su scala atomica

La scienza alla nanoscala pone importanti domande che interessano una vasta gamma di discipline. Può identificare i fenomeni alla base dei processi di inquinamento che interessano nanoparticelle, quali l'oscuramento globale, particelle di residui di combustione, trasporto di colloidali. Può anche chiarire il ruolo dei metalli in traccia nelle malattie neurodegenerative ed esaminare come i batteri estremofili adattano i loro processi metabolici al loro ambiente ostile. Può anche investigare in che modo i cristalli nanoscopici, chiamati punti quantici, si comportano sotto stress.



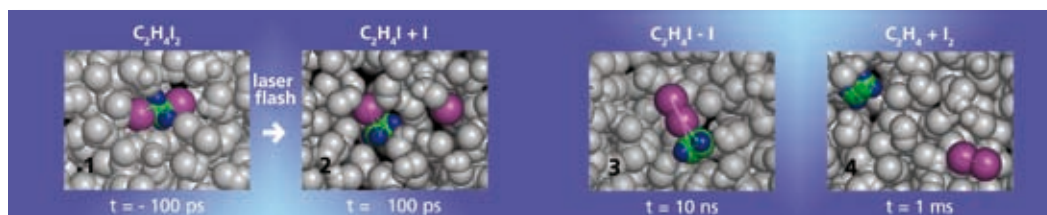
Visione a raggi X all'interno di un dot quantico.

10 nm

### Nano-fasci

I nano-fasci rappresentano un modo singolare di investigare le proprietà elettroniche e magnetiche su scala atomica. Inoltre, con le tecniche di imaging che utilizzano i nano-fasci, quantità quali densità, contenuto chimico e stato, struttura e perfezione

cristallografica, possono essere mappate in due o tre dimensioni. L'imaging in diffrazione con fasci coerenti e l'imaging a contrasto di fase, che sfruttano le proprietà di coerenza dei fasci di raggi X dell'ESRF, possono aprire altri nuovi campi di ricerca su nanoscala.



Studio della dissociazione e riassociazione di una molecola in un solvente su una scala temporale di 100 ps.



## Filmare le reazioni

### Più alta risoluzione temporale

Un'altra sfida sperimentale comprende lo studio di reazioni chimiche e biologiche. Ciò richiede una risoluzione atomica su scale di tempo veloci abbastanza da seguire l'evoluzione delle molecole attraverso le loro strutture iniziale, intermedia e finale. Dal momento che le reazioni avvengono su scale di tempo che variano da secondi a femtosecondi ( $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ), anche l'investigazione sperimentale deve essere

altrettanto veloce. Le reazioni devono anche essere attivate rapidamente e in modo uniforme da un grilletto esterno (la pompa). Questi esperimenti vengono chiamati "pump-and-probe".

### Fino al picosecondo

I fasci di raggi X che provengono dagli ondulatori sono così intensi che è necessario un solo flash di luce per registrare i pattern di diffrazione dalle proteine. Ciò

consente di filmare i movimenti delle proteine ad una risoluzione di 100 picosecondi ( $1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$ ). La proteina viene generalmente attivata da impulsi laser a femtosecondi e l'evoluzione della struttura viene investigata dai flash ritardati dei raggi X. Si ha la combinazione di una serie di ritardi e i movimenti correlati di tutti gli atomi di una molecola vengono filmati in tempo reale e in tre dimensioni.

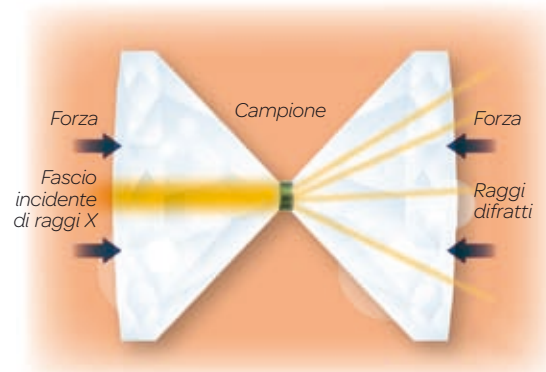
# Sotto pressione

## Condizioni estreme

Gli esperimenti più richiesti sulle linee di luce dell'ESRF esplorano una serie di dinamiche e ambienti utilizzando differenti temperature, campi magnetici, vincoli meccanici, reazioni chimiche e pressione. La pressione è fondamentale per gli studi fondamentali della materia ma può anche essere applicata a sistemi reali quali campioni geofisici e alla sintesi di nuovi materiali.

## Celle a incudine di diamante

Per raggiungere pressioni estreme di milioni di atmosfere, gli scienziati hanno messo a punto la tecnologia delle celle a incudine di diamante: campioni sottili, di circa 50 micrometri di larghezza, vengono fissate tra due punte di diamante e sottoposte ad una pressione estrema. Il campione può quindi essere visto attraverso i diamanti e investigato utilizzando la diffrazione dei raggi X o la spettroscopia per analizzare le modificazioni relative alla struttura e alle proprietà.



Pressioni di milioni di atmosfere possono essere ottenute in una cella a incudine di diamante.



Visualizzazione della progressione di una fessura in una lega di alluminio.

# Superscanner

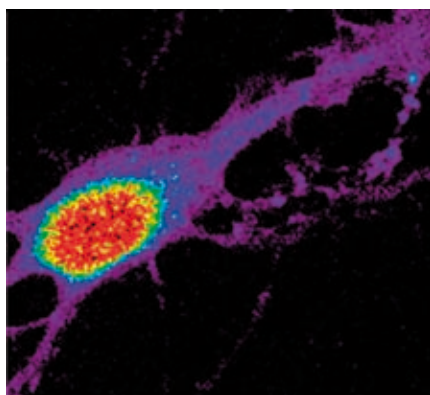
## Imaging a raggi X

Sebbene conosciuta e utilizzata da oltre un centinaio di anni, l'imaging a raggi X rimane una delle tecniche più versatili e potenti a disposizione della scienza. I sincrotroni di terza generazione, con i loro fasci di raggi X coerenti, offrono nuove opportunità di ricerca in molti campi. Queste includono:

- applicazioni biomediche sia nella diagnostica per immagini che in radioterapia;
- scienza dei materiali, quali la ricerca della rottura in una lega di vitale importanza per il trasporto aereo;
- i beni culturali, dove le tecniche del sincrotrone hanno rivelato la presenza inaspettata di petrolio in antiche pitture trovate nelle caverne buddiste di Bamiyan in Afghanistan;
- le scienze ambientali con, per esempio, lo studio delle polveri di cometa raccolta durante la missione Stardust della NASA;
- la paleontologia, come l'esplorazione di pezzi di ambra opaca che sono vecchi di 100 milioni di anni contenenti fossili di insetti.

## Studiare i fossili

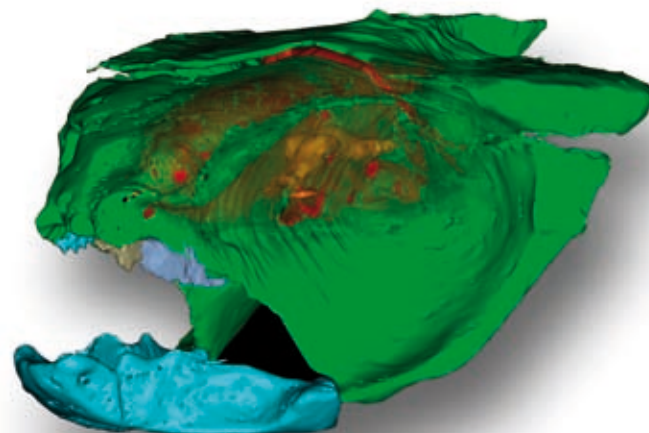
L'ESRF è leader mondiale nell'investigazione non distruttiva dei fossili. Non solo fornisce dati di qualità elevata, ma contribuisce anche a conservare i fossili essendo non invasiva. Molti fossili sono mineralizzati e la diagnostica per immagini a propagazione per contrasto di fase (che utilizza la coerenza dei raggi X dell'ESRF) produce un contrasto definito che rivela strutture che sono invisibili in modalità di assorbimento. Questa nuova tecnica, chiamata olografia, permette una ricostruzione ad alta risoluzione di fossili virtuali. L'immagine virtuale può poi essere utilizzata dai paleontologi senza dover trasportare e manipolare campioni sensibili.



Distribuzione di zinco in un neurone, visualizzata con fluorescenza a raggi X.



Un esemplare unico: il cervello (in arancione) di un pesce di 300 milioni di anni fossilizzato in condizioni eccezionali.



# Una visione europea



## Una collaborazione coronata da successo

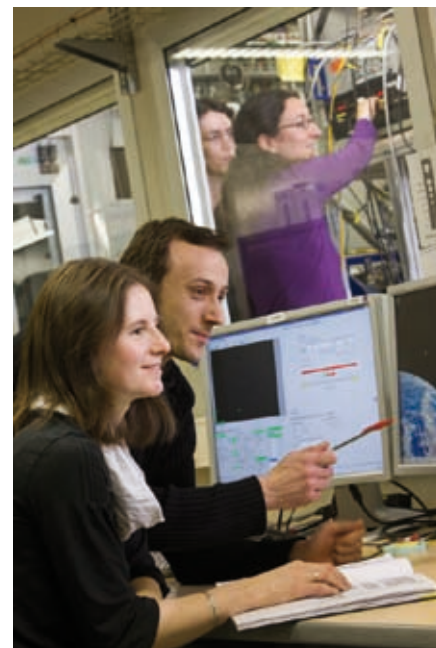
Nel 1988, dodici paesi europei hanno unito le loro forze per costruire il più grande sincrotrone del mondo. È stato un piano ardito animato da una visione scientifica e ha messo la scienza europea su un sentiero straordinariamente di successo. Gli obiettivi iniziali, in termini di performance dell'acceleratore e di produzione di linee di luce, sono stati più che superati – nel caso della brillantezza dei fasci di raggi X, di molti ordini di magnitudo.

Oggi, più di venti anni dopo, il successo dell'ESRF è fuor di dubbio. Alcune delle sue linee di luce e delle sue strumentazioni sono considerate un modello scientifico e rimangono insuperate. Altri sette paesi si sono uniti al laboratorio che ha una comunità varia, di migliaia di utilizzatori, molto al di là dei tradizionali campi di ricerca.

## Staff ed utilizzatori di classe mondiale

L'ESRF è in prima linea nella scienza dei raggi X e il numero di pubblicazioni in riviste peer-reviewed sta aumentando in modo regolare, fino a raggiungere più di 1.500 pubblicazioni l'anno. L'ESRF è chiaramente avanti nella gara verso l'eccellenza e, dal 2008, ha iniziato a sviluppare un programma di upgrade straordinario per mantenere la sua posizione di leader mondiale nei prossimi venti anni.

Una delle ragioni di questo risultato è lo staff dell'ESRF che proviene da trentacinque paesi e all'interno del quale la mescolanza di culture e il diverso background scientifico e tecnico rappresentano un pregio di valore inestimabile. Mentre questi uomini e queste donne garantiscono che gli impianti funzionino nel migliore dei modi, partecipano anche in modo attivo allo sviluppo di tecniche innovative. Sono in costante contatto con la vasta comunità di utenti, che apportano al laboratorio un flusso continuo di competenze e di idee nuove.



Budget annuale totale:  
circa 90 milioni di euro

Contributo dei membri  
al budget annuale

Francia	27,5%
Germania	25,5%
Italia	15%
Regno Unito	14%
Spagna	4%
Svizzera	4%
Benesync (Belgio, Olanda)	6%
Nordsync (Danimarca, Finlanda, Norvegia, Svezia)	4%

Contributo supplementari\*

Austria	1%
Israele	1%
Polonia	1%
Portogallo	1%
Centralsync (Repubblica Ceca, Ungheria, Slovacchia)	1,05%

\*Contributo percentuale dei membri.



## Per un brillante futuro

Inoltre, l'ESRF ha a cuore i giovani scienziati. Un gran numero di studenti del dottorato di ricerca e di post-dottorato compiono i loro primi passi come ricercatori scientifici in uno dei più acclamati sincrotroni del mondo. Il flusso di nuovi scienziati è essenziale per mantenere viva la ricerca europea e garantire il suo futuro.

L'ESRF organizza anche conferenze di livello mondiale, seminari e workshop che apportano dei benefici all'intera comunità scientifica. Sebbene spesso rivolti a specialisti di un determinato settore, sempre più spesso trattano argomenti interdisciplinari, seguendo il trend generale della ricerca scientifica attuale.

## Partnership fruttuose

Animate da un simile spirito, le partnership scientifiche permettono nuove collaborazioni il cui risultato sono nuove scoperte. L'ESRF (Luce di sincrotrone) ed il suo vicino laboratorio ILL (neutroni) si completano a vicenda e questa relazione viene sfruttata in molti modi.

Il PSB (Partnership for Structural Biology) è una collaborazione tra ESRF, ILL, EMBL Grenoble (European Molecular Biology Laboratory) e IBS (Institute for Structural Biology). Con il suo vicino UVHCI (Unit of Virus Host Cell Interactions) fornisce una piattaforma integrata di tecniche all'avanguardia unica in Europa.

Su più ampia scala, l'ESRF gioca un ruolo cruciale nello sviluppo dell'Area di ricerca europea, particolarmente con altre organizzazioni di ricerca europee sotto lo standard dell'EIROforum.

Come leader internazionale, l'ESRF collabora con sincrotroni, università ed organizzazioni di ricerca di tutto il mondo ad una vasta gamma di sviluppi tecnici e scientifici.



Il PSB, guardando verso il futuro.



European Synchrotron Radiation Facility (ESRF)

6, rue Jules Horowitz, BP 220, F-38043 Grenoble Cedex 09, Francia

Tel. +33 (0)4 76 88 20 00 - Fax +33 (0)4 76 88 20 20

Email: communication@esrf.eu

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