



AFC

The background features a detailed technical diagram of a synchrotron storage ring. The ring is represented by a series of nested elliptical orbits. A red dashed line with small red dots traces a specific path or trajectory within the ring. The diagram is set against a blue background with various grid lines and structural details of the ring's lattice.

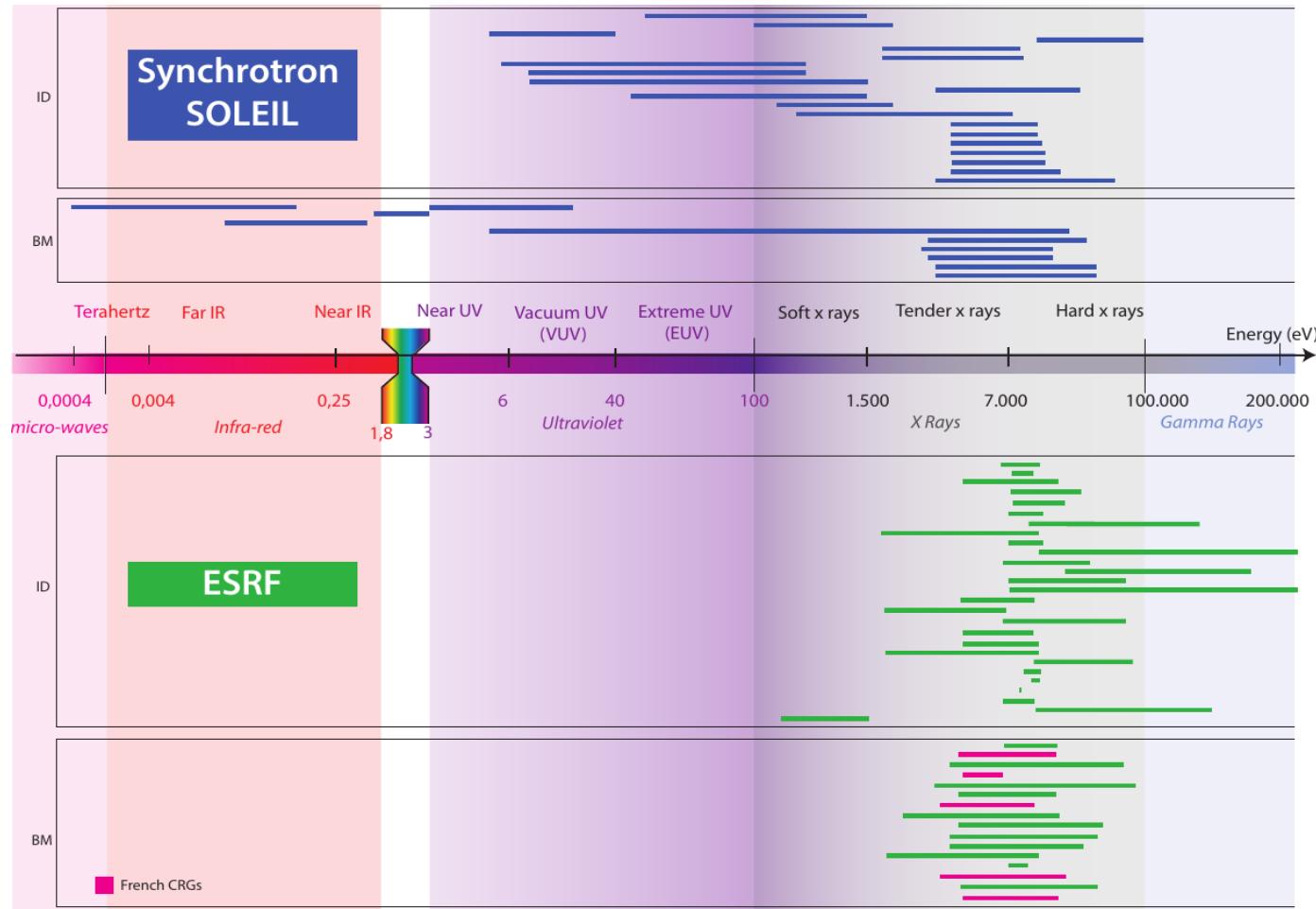
30 juin 2021



**Conceptual
Design Report**
SYNCHROTRON SOLEIL UPGRADE

UPGRADE

- Upgrade en 2 étapes de 5 ans des accélérateurs, des lignes de lumière et de l'infrastructure, 20 ans après l'ouverture de SOLEIL ; maintien de la compétitivité de SOLEIL et complémentarité avec l'ESRF-EBS.
- Répondre aux défis scientifiques et sociaux actuels et futurs en reconstruisant l'anneau de stockage avec une émittance record de $50 \times 50 \text{ pm.rad}$, des faisceaux 100 fois plus brillants, et en y adaptant les lignes de lumière.
- Accès en routine à l'échelle nanométrique et à la dynamique des processus ; développement de méthodes entièrement nouvelles. Développement de la synergie entre méthodes dans le cadre d'une approche intégrative.
- Evolution des moyens informatiques en les centrant sur la donnée et poursuite de la transformation numérique de SOLEIL.
- Préservation autant que possible des infrastructures actuelles pour une optimisation des coûts ; remplacement des infrastructures vieillissantes pour minimiser l'empreinte environnementale ; réduction de moitié de la consommation énergétique de l'anneau de stockage.
- Tirer profit de l'effet de levier des collaborations européennes et valoriser l'innovation.



- **Utilisateurs et Comités de SOLEIL** : Users' Meetings, ORGUES, Comités de Programmes, SAC, COSIS, Séminaires Upgrade.
- **7 Tables Rondes** : Diagotron (11-2018, 22 participants) ; Matière quantique (01-2018, 34) ; Energie et développement durable (14 séminaires) ; Conditions extrêmes (06-2019, 43 et 41) ; Utilisation de la structure temporelle (06-2019, 54) ; Matière radioactive (07-2019, 37) ; Ingénierie des matériaux (10-2019, 46) ; Radiation damage (01-2020, 53) ; A la frontière de l'imagerie et de la Cryo-EM (2 séminaires).
- **Organismes de Recherche et Universités** : Workshop CNRS, Sorbonne-Université, Chefs de département de l'INRAe, CEA-DEN et DAM, IFPEN, RS2E, MOMENTOM Paris-Saclay.
- **Autres partenaires** : Association Française de Cristallographie, Association Française des Utilisateurs du Rayonnement Synchrotron (AFURS)...



Matériaux avancés

Matériaux quantiques
Ingénierie des matériaux



Combinaison de techniques spectroscopiques et structurelles
– nm, >mV, >50 mK, > 10ps



Qubits, Ordinateur quantique



Energies renouvelables

Production
Conversion et stockage
Impact environnemental et économie circulaire



Résolution spatiale (quelques nm), évolution de l'état chimique et des propriétés physique, *in situ, operando*



Conversion de biomasse, Photovoltaïque



Biologie et Santé

Pathogènes (ré)émergeants dans leur environnement
Besoin de diagnostic Clinique rapide
Santé et maladie des plantes – alimentation, changement climatique



Procédures innovantes de préparation d'échantillons pour les expériences multimodales, les cellules vivantes, les tissus, les petits organismes, l'imagerie haute résolution avec la tomographie CryoEM, CryoET et Soft Xray



Bactéries multi-résistantes



Terre et Environnement

Atmosphère et réchauffement climatique
Surface de la Terre, pollution

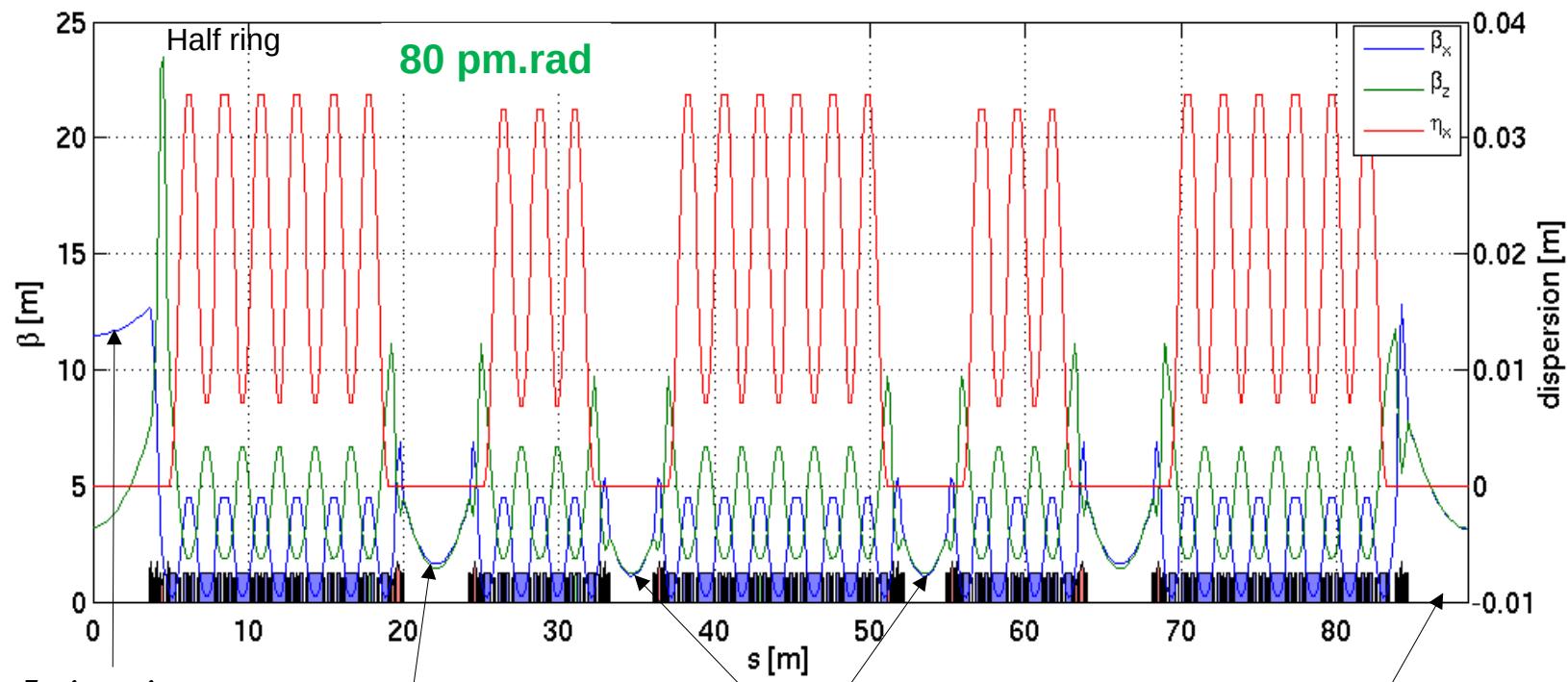


Spéciation chimique dans des systèmes interfaciaux complexes, sensibilité chimique à haute résolution spatiale, analyse multi-échelles des transferts de polluants, détection des ultra-oligo-éléments.



Réchauffement climatique, Dépollution

Maille de Référence (V0313) du CDR

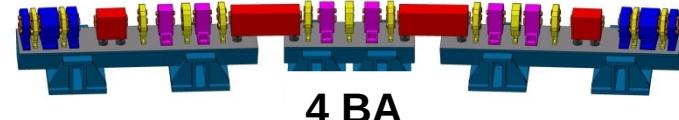
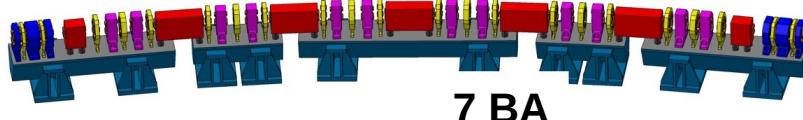


Injection
 $\beta_x \sim 11 m$
 $L = 7.35 m$

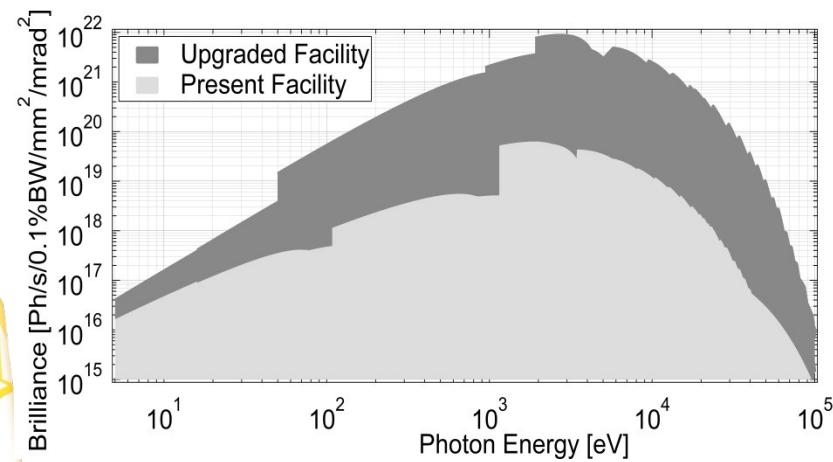
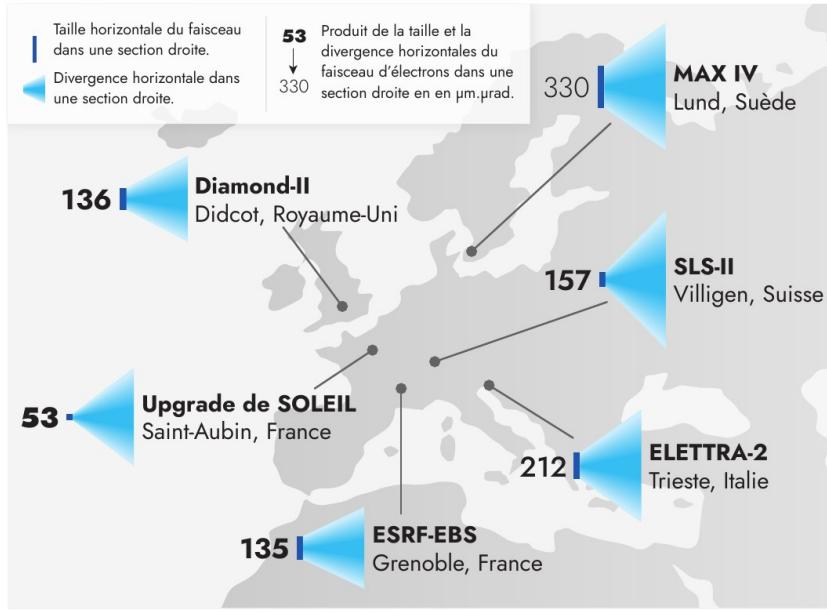
$\beta \sim 1.5 m$
 $L = 4.150 m$

$\beta \sim 1.1 m$
 $L = 2.730 m$

$L = 7.65 m$
 Chicane et triplet
 de quadrupoles à
 rajouter

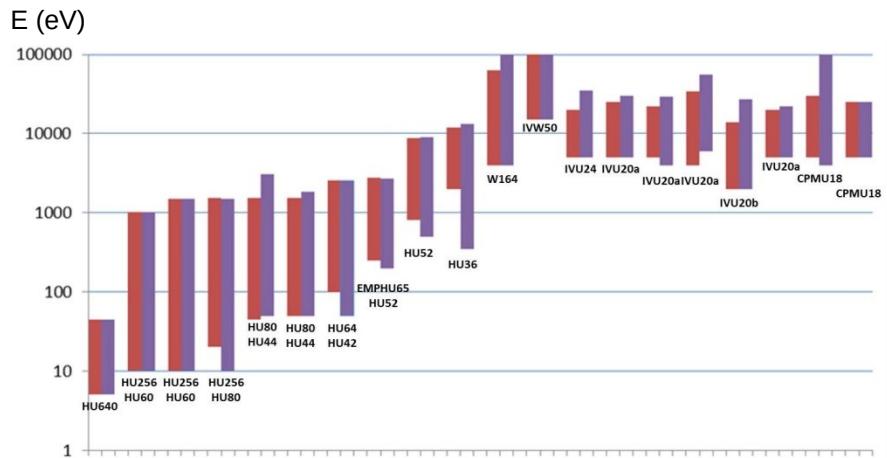


UPGRADE



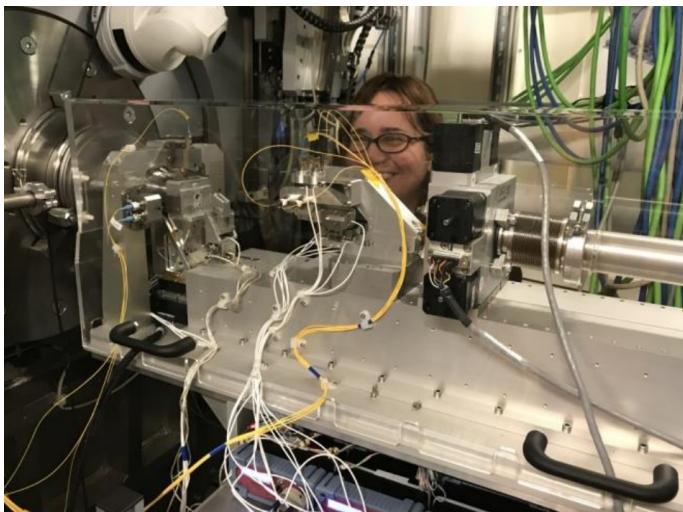
Performance de la machine

Pas de modification du tunnel de radioprotection

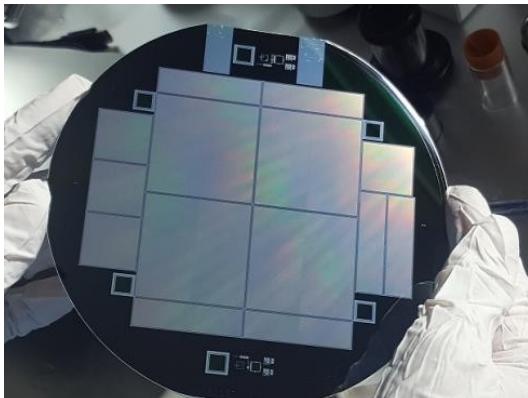


Prototypage (Exemples)

Nanoprobe



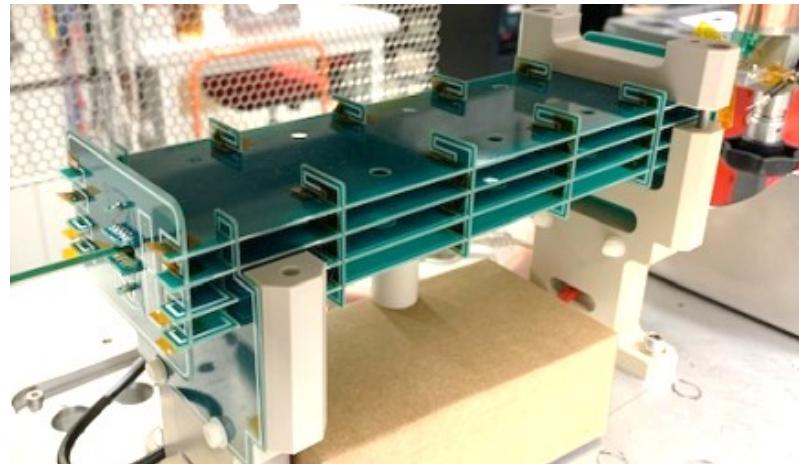
Detecteurs



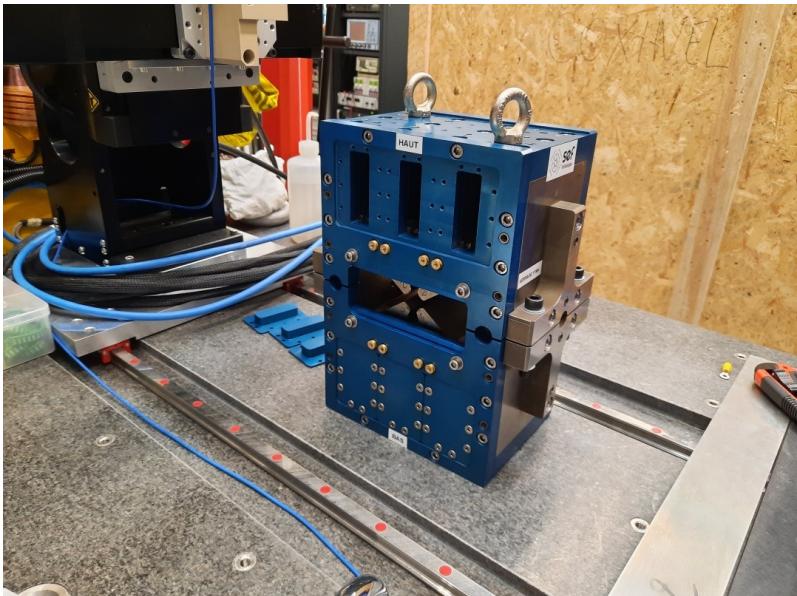
Onduleur elliptique sous-vide



Travail sur la valorisation.

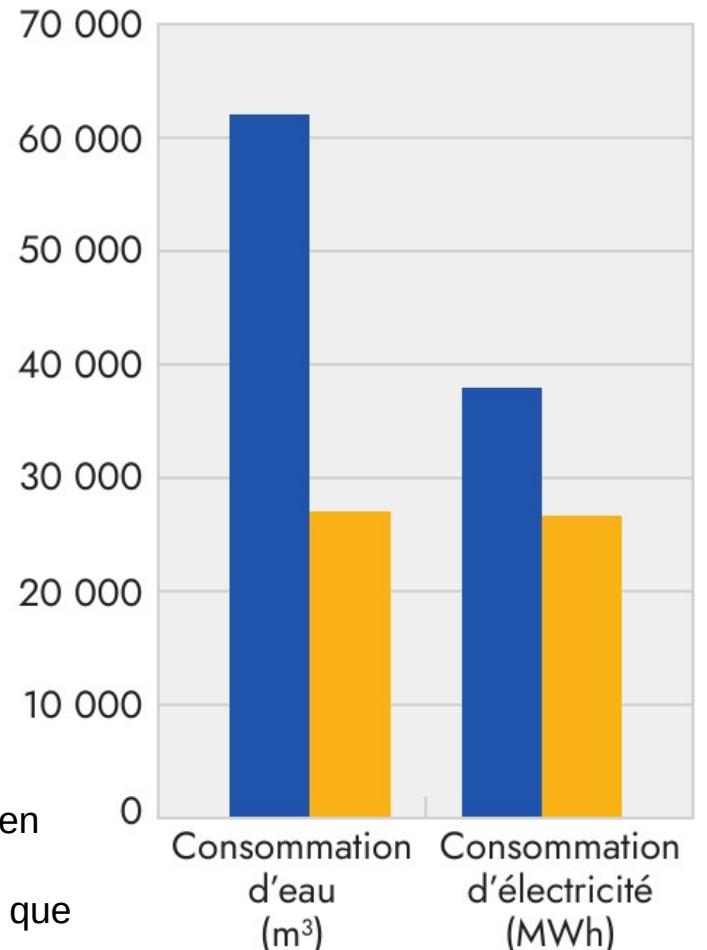
Multipole Injection Kicker (MIK)
Dépôt de Brevet en cours.Mesure de photodésorption
Chambre 10 mm de diamètre

Une installation plus verte



Prototype de quadrupôle

- Tous les dipôles, les reverse bend et 70% des quadrupôles en aimants permanents.
- Consommation électrique des alimentations 66% plus faible que celle de la machine actuelle.
- La puissance électrique nécessaire pour la radiofréquence sera 30% plus faible que celle de la machine actuelle.
- Réflexions et études en cours sur les consignes des températures d'eau de refroidissement et la climatisation.
- Nouvelles tours aéroréfrigérantes.

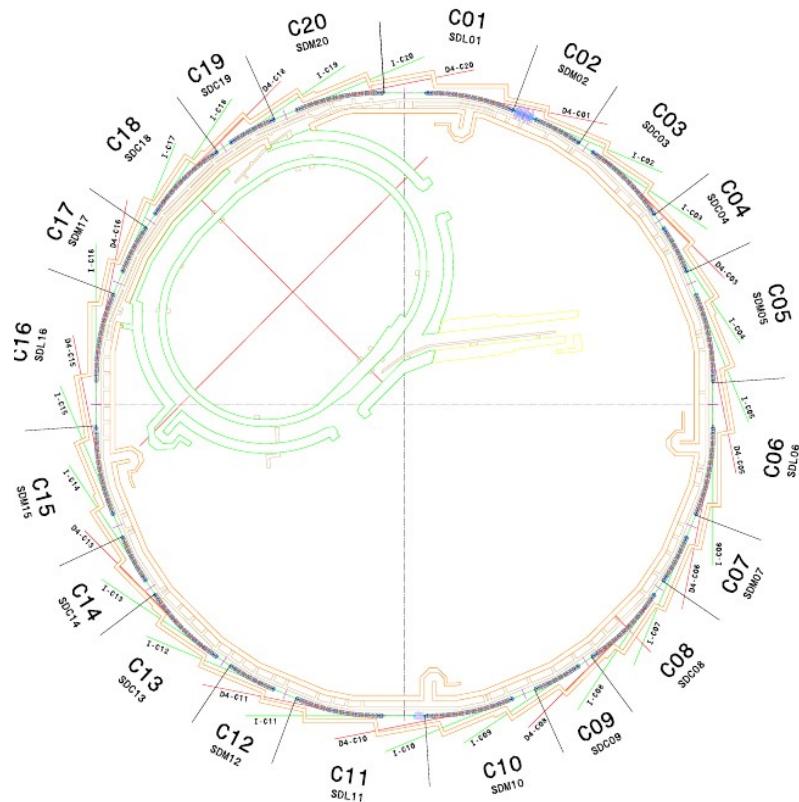


█ Aujourd'hui

█ Post-upgrade

29 lignes de lumière

- Phase 1 : Renouveler les lignes de lumière fortement impactées par la maille.
- Phase 2 : Réalignement et adaptation des lignes de lumière « non modifiées » pour redémarrer avec le plus grand nombre.
- Phase 3 : Jouvence - reconstruction des lignes de lumière pour profiter pleinement des performances de la source.



Des méthodes expérimentales transformées

Techniques (present beamlines)	Figure of merit	Gain with the upgrade and current beamlines	Potential Gain with optimized beamlines (sources, optics, detector)	New possibilities to explore	Science opportunities
MX (Molecular Crystallography) PROXIMA 1 PROXIMA 2-A		Sub-µm focusing due to higher brilliance; Focusing et automatization for serial crystallography; ambient T to isolate dynamical effects; higher energies possible (optimum dose / data ratio around 25 keV) Room temperature serial crystallography can be used identify different structural states (by clustering solutions).		serial crystallography for structures determination at very low dose: lateral chains dynamics; drugs optimization, enzymology and complexes; in-vivo crystallography without sample manipulation; multi- energy crystallography; µs diffraction with flux $\times 10^3$ (molecular interaction)	Dynamics of ligand binding, Optimization of medicaments or to diminish ecological and health impact of bio-active agents such as insecticides or herbicides via high throughput crystallography and fragment based methods. Non-radiation damaged structures.
Single crystals CRISTAL					Dynamics – mechanical constraints, lubrication, friction ; medical diagnostics (micro calcifications).
Powder Diffraction CRISTAL, MARS	q range	High flux at high energy			Solid state chemistry-inorganic or organic materials. Biology. Order/Disorder. Multidimensional disorder. Complex mixtures. Microstructure. Strain. Dynamics.
PDF (Pair Distribution Function) PSICHE	Access to high energies	Gain in flux with superbend		Fast analysis of disordered materials (requested by industry); possible high throughput beamline	Defective and non-crystalline materials or poorly crystalline materials. Confined water. Cultural heritage materials.
SAXS (Small Angle X- ray Scattering) SWING	Acquisition time / q-range / crossed correlation	BioSAXS will not particularly benefit from the upgrade. Scanning SAXS and ptychography; larger q range (divergence); crossed correlations for local order determination.	high flux with pink beam (expected $\times 40$ at 10 keV)		Heterogeneous materials, dynamics of ligand binding.

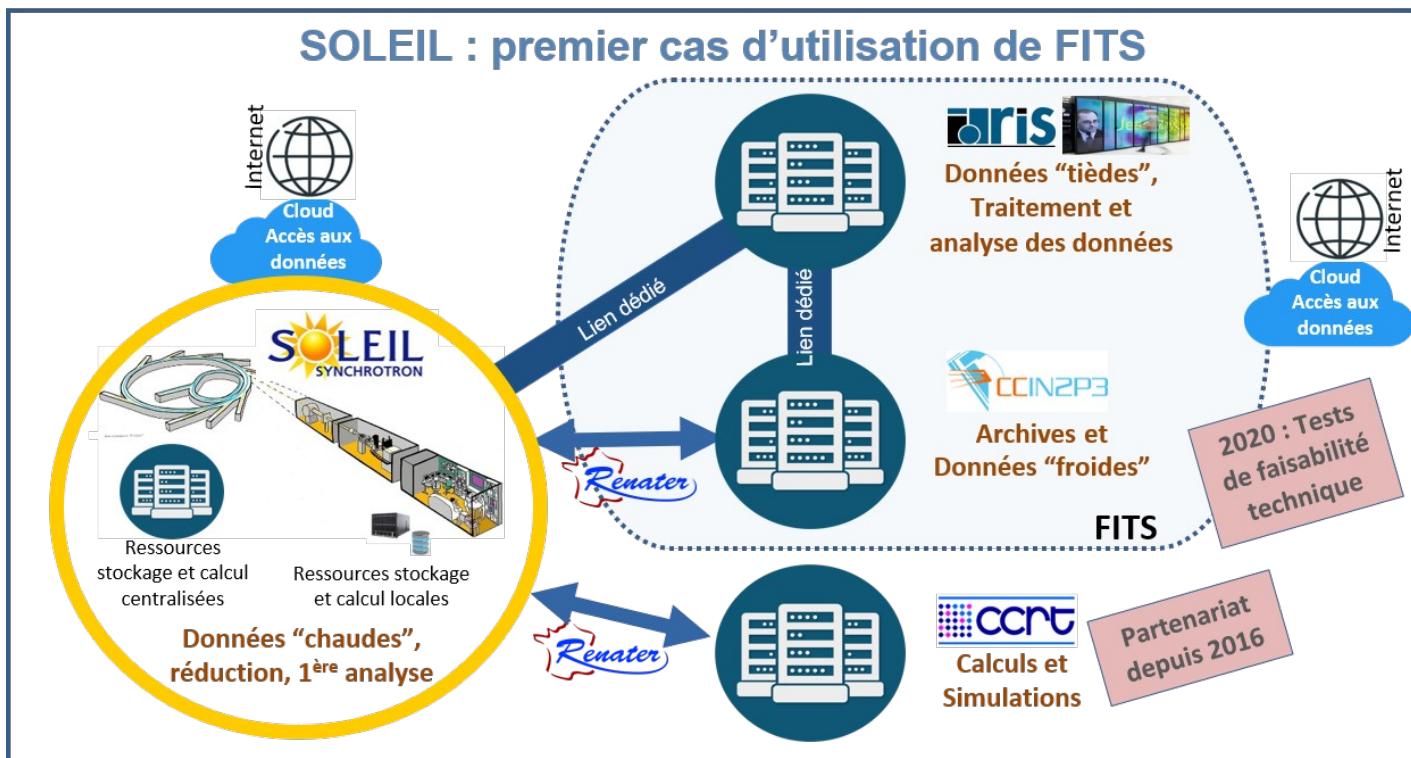
Des méthodes expérimentales transformées

Surface Diffraction SIXS, SIRIUS	Surface size / background for buried surfaces.	Smaller sizes (50 nm spot vs 50 µm); smaller illuminated area leads to reduced background by 2 orders of magnitude for buried surfaces	Better efficiency	Better combination of methods (surface diffraction surface + XPS)	Surface and low dimensional systems. Advanced materials, quantum materials and functional materials. Materials for energy, catalytic nanoparticles, fuel cells. Operando studies. Buried soft interfaces. Biological systems.
XPCS <i>(X-ray Photon Correlation Spectroscopy)</i>	Time resolution	Gain with brilliance squared ~ 10 ⁴ -10 ⁵ .	Faster detector (e.g. UFX). Need photon arrival time	New opportunity Does not exist today at SOLEIL Spatio – temporal measurements	Spontaneous processes. Magnetic domains dynamics. Fluctuations. Phase behavior. Catalytic correlations in space and time. Soft matter and biological systems dynamics.
Pink beam or multi pink beam	Flux / acquisition time; ambient T to isolate dynamical effects	flux x 40 at 10 keV with pink beam		Faster measurement; systems dynamics	Dynamics – intermediate states by stopped flow soaking.
White beam	High pressure; high temperature	Increase of energy range and flux; measurement in less than 1 ms		Coupling with full field tomography; measurement of the density of liquids and amorphous materials	Operando measurements of material formation or modification.
Hyperspectral imaging	Spatial / energy / time resolution	Possible with XAS, IR, XPS, XRS, etc.; better spatial resolution; faster acquisition	More flexible sample environment (working distance increased)	Use of coherence?	Chemical imaging and catalytic kinetics. Materials for energy, catalysis, batteries, solar cells, nanoparticles, environmental materials Radioactive materials, materials for combustion... Biomaterials.
Coherence CRISTAL, SIXS, Nanoscopium, SIRIUS	Spatial resolution / acquisition time	Bragg CDI, ptychography. Spectro-ptychography; multi-scale		CDI in 100µs – 1 ms / frame ; pink beam beam after reconstruction based on spectral intensity distribution normalization Temporal structure Possibility of a high throughput beamline	Structural studies of materials. Heterogeneous materials. Nanosystems. Advanced materials Energy. Biology. Environment. Catalytic nanoparticles, Nanocatalysts ,MOFs. Nanoscale mapping, strain and orientation, mapping in thin films and nanostructures. Correlation between structural, electronic and magnetic properties- charge and spin order and catalytic properties. High pressure induced structural transitions. Magnetostructural phase transitions. Interphases. Structural dynamics.

Services numériques fédérés du CNRS pour les infrastructures de recherche / CNRS Federated IT services for Research Infrastructures

CC-IN2P3, IDRIS, GENCI

- une infrastructure répartie de stockage, de traitement et de mise à disposition, diffusion et valorisation des données, hébergées dans des conditions environnementales à faible empreinte carbone.
- Financement CNRS au PIA3 : plateforme matérielle de stockage partagé entre les centres de calcul, adaptation de leurs capacités d'hébergement, portail d'accès.





Merci !