

■ Domaine Optoélectronique

Médecine et « lumière » synchrotron (Mélusyn)

L'objectif de l'atelier Mélusyn est d'évaluer précisément les besoins et les techniques à mettre en œuvre à Soleil¹, ou à l'ESRF², pour développer les activités médicales utilisant la lumière synchrotron. Lorsque l'apport de la « lumière » synchrotron aura été jugé décisif, cette évaluation, qui prendra en compte les paramètres techniques, concurrentiels

et financiers, pourrait servir de document de base à des demandes de financements auprès de partenaires variés, publics ou privés, ou à des candidatures à des appels d'offres nationaux ou européens.

Mélusyn, créé en 2005, est la seule structure ayant pour mission de développer l'interaction médecine-synchrotron, à l'exception peut-être d'une structure semblable en Australie. Il lui incombe donc de jouer un rôle fédérateur, notamment vis-à-vis des projets structurants qui se mettent en place dans la région Sud de Paris.

Les aspects techniques de Soleil

Soleil pourra délivrer des faisceaux de l'IR³ jusqu'à 70 KeV environ, c'est-à-dire que toutes les techniques listées page suivante sont envisageables. Les techniques de la seconde famille sont en développement actuellement ou bien sont très fortement envisagées. En revanche, le développement de techniques de radiographie X et de radiothérapie (familles 1 et 3) nécessitera au moins la construction d'une ligne de lumière dédiée.

Soleil est une source de « lumière » qui couvre une très large gamme en

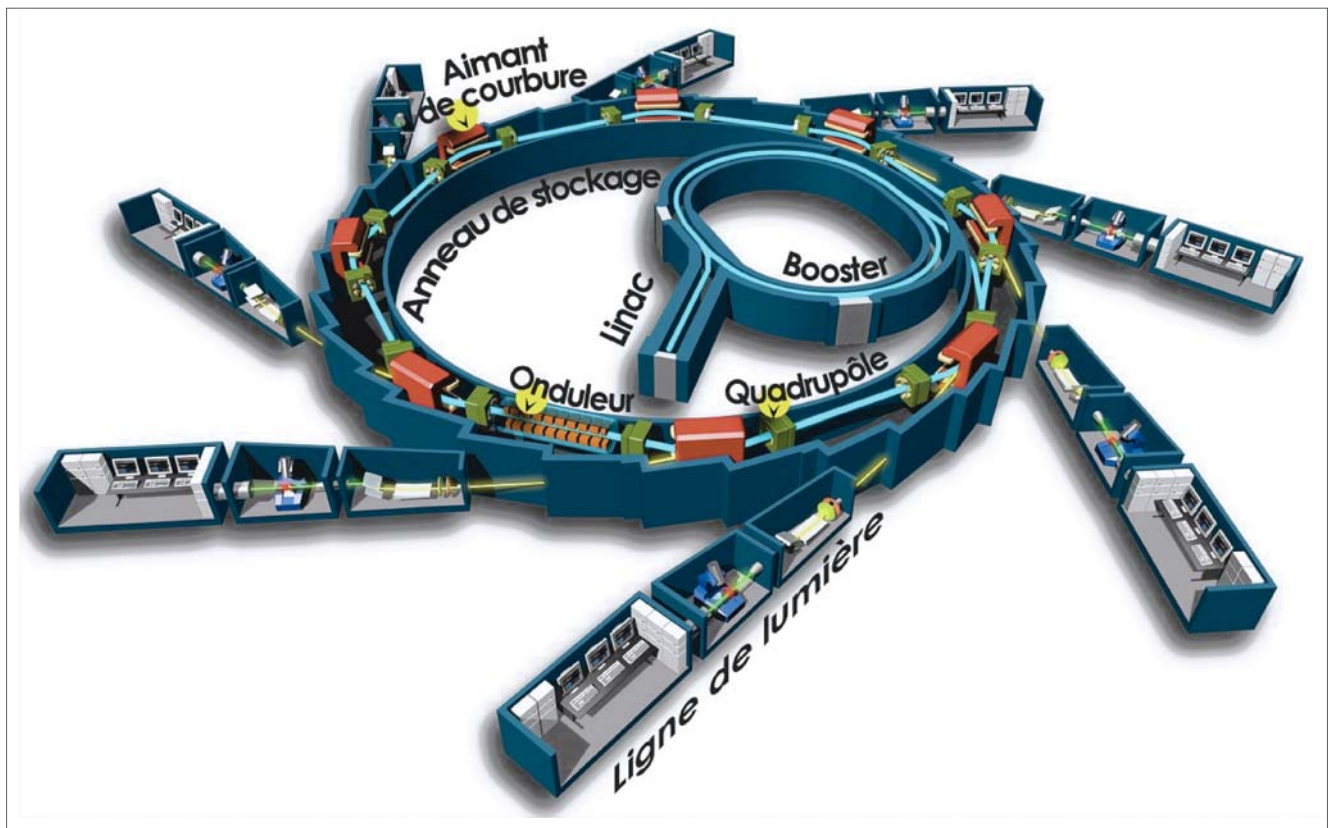


Schéma général d'une installation de rayonnement synchrotron montrant les différentes parties de la machine (linac, booster ou synchrotron, l'anneau de stockage avec les sources de lumière de type aimant ou onduleur) ainsi que les trois salles des lignes de lumière.

¹ Soleil est une source de « lumière » extrêmement puissante qui permet d'explorer la matière, inerte ou vivante. C'est un accélérateur de particules qui produit un rayonnement synchrotron. Ce rayonnement est fourni par un anneau de stockage de 354 m de circonférence dans lequel des électrons de très haute énergie circulent quasiment à la vitesse de la lumière. Capté à différents endroits de l'anneau, le rayonnement est canalisé vers des sorties, les lignes de lumières. Chaque ligne est un véritable labora-

toire, instrumenté pour préparer et analyser les échantillons à étudier, et traiter les informations recueillies.

² L'ESRF (European Synchrotron Radiation Facility ou Installation européenne de rayonnement synchrotron) se trouve à Grenoble et regroupe 18 nations exploitant ensemble les faisceaux produits par son anneau pour étudier une gamme très large de matériaux.

³ IR : infrarouge.

énergie. Par ailleurs, il est possible de sélectionner très précisément une énergie en s'affranchissant des harmoniques. Ces deux caractéristiques en font une source de « lumière » précieuse pour les études de radiobiologie, domaine qui connaît un renouveau suite à la mise en évidence que l'effet des radiations ionisantes était loin de dépendre uniquement de la dose. Il est nécessaire aujourd'hui de développer une micro-dosimétrie résolue spatialement et temporellement, afin de déboucher sur une radiobiologie prédictive. Mélusyn pourrait être l'occasion de fédérer les équipes de l'hexagone travaillant dans ce domaine. Les techniques de la famille 2 (cf. encadré) devraient servir d'outils de caractérisation des effets des radiations ionisantes, jusqu'aux fibres.

L'installation de sources de « lumière » en milieu hospitalier, par exemple *via* des synchrotrons de poche, permet d'obtenir des performances hélas encore très insuffisantes dans le domaine des rayons X. Mais ces sources pourraient être techniquement intéressantes pour l'UV⁴ et l'IR. Elles sont néanmoins très onéreuses aujourd'hui.

De plus :

- les grands centres de rayonnement synchrotron offrent une plate-forme technologique multi-modalités, avec possibilité d'analyses couplées, ce qui ne sera pas possible avec des sources plus petites qui seront mono-application,
- un centre de rayonnement synchrotron doit jouer le rôle de centre de développement d'outils nouveaux qui, une fois la faisabilité établie sur place, pourront être transférés dans le domaine de l'instrumentation médicale utilisant des sources classiques de rayonnement, avec cependant des performances moindres.

En parallèle avec le développement des sources et des optiques, l'amélioration des détecteurs et des

Lumière synchrotron : 3 grandes familles de techniques à finalité médicale

1. Les techniques de radiographie X

Elles conduisent à un meilleur contraste par rapport à une source classique :

- par *soustraction* de deux radiographies de part et d'autre du seuil d'absorption d'un élément chimique administré, avec une utilisation en angiographie, en imagerie fonctionnelle cérébrale ou pulmonaire...
- en mode *contraste de phase*, avec des essais cliniques en mammographie actuellement menés à Trieste,
- en mode de *réfraction*, avec des images encore difficiles à interpréter mais prometteuses pour l'observation des cartilages,
- la radiographie X peut également être combinée avec le mode tomographique qui fournit des images reconstruites à trois dimensions ; la microtomographie de l'architecture osseuse, à une résolution sub-micrométrique, semble très prometteuse.

Toutes ces techniques sont actuellement développées à l'ESRF et dans d'autres synchrotrons à l'étranger.

2. Les techniques d'analyse et de diagnostic (spectroscopie et imagerie)

Elles sont mises en oeuvre à partir de prélèvements (cellules, tissus), pour lesquelles la lumière synchrotron améliore à la fois la sensibilité, la résolution spatiale et la résolution temporelle. Il s'agit de :

- la *spectro-microscopie IR*, avec des perspectives pour l'analyse cellulaire et tissulaire,
- la *spectro-microscopie UV* en mode dichroïsme⁵ ou déclin de fluorescence, ainsi que la spectroscopie de masse avec excitation UV,
- la *spectro-microscopie X* pour la cartographie des éléments chimiques et de leur état chimique avec une résolution sub-micrométrique,
- la *micro-diffraction X* pour l'étude des architectures moléculaires.

Les techniques IR et UV sont déjà développées à Soleil, c'est même l'une des particularités de ce synchrotron, les techniques X sont accessibles à l'ESRF et leur développement est actuellement envisagé à Soleil.

3. Les techniques de radiothérapie et de radiobiologie

Il existe à ce jour deux pistes explorées en radiothérapie :

- La *radiothérapie par photoactivation* d'éléments, technique qui consiste à exacerber l'excitation d'éléments cibles (I, cis-Pt) autour de leur seuil d'absorption en accordant l'énergie des faisceaux X « synchrotron ». Des essais chez le petit animal sont en cours à l'ESRF en collaboration avec le CHU de Grenoble.
- La *radiothérapie par microfaisceau* qui est une technique d'irradiation par une série de nappes de faisceaux très fines et très intenses. Elle semblerait beaucoup moins traumatisante pour les tissus sains environnants qu'un traitement avec un faisceau uniforme, avec pour effet de faciliter la reconstruction des liaisons radiogéniques.
- En parallèle à ces techniques, la *radiobiologie* constitue un nécessaire apport pour mieux comprendre tous les phénomènes d'interaction photons-cellules mis en jeu.

L'ESRF joue également un rôle majeur dans le développement de ces techniques pour lesquelles des tests cliniques sont envisagés à moyen terme chez l'homme.

logiciels d'analyse des données et d'images va jouer un rôle de plus en plus important dans le développement des techniques synchrotron. La présence de spécialistes de ces aspects dans l'atelier Mélusyn constitue un atout important.

Mise en place des Groupes de travail thématiques

Au cours de la réunion de Mélusyn qui s'est tenue le 26 janvier 2006 à Ecrin, il est ressorti que deux groupes de travail (GT) pouvaient être mis en place immédiatement.

Le premier concerne **la radiobiologie** (responsable : Yann Gauduel, LOA). Il regroupe des représentants de cinq équipes de recherche.

Le second GT concerne **l'imagerie / spectroscopie cellulaire et tissulaire à visée diagnostic** et la **micro-tomographie**. Plusieurs représentants de laboratoires et d'hôpitaux ont rejoint ce GT. Plusieurs membres d'une faculté de médecine pourraient également s'associer à ce groupe.

Des entreprises dans le domaine des détecteurs participeront aux activités de ces deux GT.

La création d'un troisième GT est à l'étude. Il porterait sur la radiographie X et de la radiothérapie.

Jean Doucet
Conseiller des relations industrielles
et enjeux de société, Synchrotron
Soleil

Contact : Jean-Pierre Gex
Tél. 01 42 79 51 10
gex@ecrin.asso.fr



Image tri-dimensionnelle d'os trabéculaire de tête fémorale humaine par micro-tomographie synchrotron chez un sujet ostéoporotique avec une taille de voxel de 10,1 µm.

© Ch. Chappard - Inserm

■ Prospective

Réalités et représentations émergentes du travail

Une nouvelle réflexion sur le thème du changement du / au travail (« qu'est-ce qui change au travail, quels nouveaux risques ces changements induisent-ils ? ») est proposée dans le cadre d'Ecrin Prospective⁶.

L'exercice de prospective proposé avec Jean-Claude André, directeur scientifique de l'INRS, part du constat que l'évolution sociotechnique accélérée, la mondialisation et les nouvelles technologies (au sens large) perturbent le corps social au travail et sont susceptibles de

conduire à des pertes de confiance dans le travail. C'est donc ce questionnement sur le sens du travail et sur les valeurs qui le sous-tendent, qui constitue l'objet de la réflexion. Celle-ci s'intéressera à l'analyse des impacts des évolutions avec comme objectif, en particulier, de faire un repérage de causes susceptibles de produire des risques non pris en compte jusqu'ici. Parmi ces causes probables : une dichotomie croissante entre réalité et représentation du travail.

Composé de représentants d'entreprises, du monde académique et des pouvoirs publics, le GT se réunira sur une durée de 18 mois et produira un rapport destiné à la communauté scientifique et aux

⁴ UV : ultra violet.

⁵ **Dichroïsme** : Propriété de certaines substances de présenter une coloration différente selon les conditions d'observation, l'absorption des rayons lumineux variant avec l'orientation, l'épaisseur du corps.

⁶ Ecrin-Prospective est présidé par Claude Birraux, député de la Haute-Savoie et premier vice-président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST).

politiques. Un colloque clôturera la réflexion en 2007.

Prochaines réunions : 10 mai, 7 juin 2006.

Contact : Catherine Côme
Tél. 01 42 79 51 06
come@ecrin.asso.fr

Prospective de l'industrie en Europe à l'horizon 2030

Un GT, animé par Philippe Bourgeois⁷ (Minefi), entend mener une réflexion prospective sur l'industrie en Europe à l'horizon 2030 afin d'apporter aux responsables scientifiques et aux politiques des éléments de réflexion pour amener le débat.

Avec la mondialisation, les mutations économiques et industrielles à l'œuvre sont nombreuses. La montée en puissance de la Chine et de l'Inde inquiète. Face à cette redistribution des cartes, de quels atouts l'industrie européenne bénéficie-t-elle pour ne pas devenir un véritable « désert industriel » ?

En effet, la désindustrialisation apparaît comme la principale menace pour l'économie européenne. Mais de quoi parle-t-on ?

- Les usines du XIX^e et du début du XX^e siècle ont disparu du paysage.

Les entreprises industrielles se sont métamorphosées (seule la nomenclature des activités françaises n'a pas évolué).

- Les entreprises ont été confrontées à des évolutions majeures : la mondialisation des marchés et des financements et l'accélération du progrès technologique ont entraîné un recentrage sur les « moteurs » de la valeur ajoutée, une plus grande externalisation et une demande de qualification plus élevée.

La classification primaire - secondaire - tertiaire n'apparaît plus pertinente quand les produits industriels se distinguent autant par leurs caractéristiques physiques que par les services qui leur sont associés.

Ces constats conduisent inévitablement à s'interroger sur ce que sera l'industrie européenne dans les 20 ans qui viennent. Y aura-t-il encore une industrie européenne au sens traditionnel du terme ? Quelle physionomie aura-t-elle ?

C'est notamment à ces questions que le groupe de travail tentera de répondre, en particulier à travers la rédaction de scénarios d'évolution.

Contact : Catherine Côme
Tél. 01 42 79 51 06
come@ecrin.asso.fr

■ Traitement de l'air et des nuisances olfactives

Organisation du séminaire « New photocatalysts and Coatings » de l'action européenne Cost⁸

La commission de recherche à Bruxelles a lancé en 2005 une nouvelle action Cost 540 Phonasum⁹ sur le thème « Technologies photocatalytiques et nouveaux paramètres critiques dans les matériaux à nano surfaces », donnant ainsi un signal fort pour mobiliser la recherche européenne sur les nanomatériaux photocatalytiques à structure cristalline, dans la perspective de développer de nouvelles applications.

Ecrin-Traitement de l'air et des nuisances olfactives (Tano) a été sollicité pour accompagner le groupe de travail « New photocatalysts and Coatings », piloté par Lubomir Spanhel (université Rennes I), représentant de la France au Comité de gestion du Cost 540. Ainsi la première rencontre de ce groupe sera organisée à Ecrin les 15 et 16 juin 2006, sous la forme d'un séminaire rassemblant chercheurs et industriels sur le thème « **Nouvelles nano-architectures pour la photocatalyse en Europe** » (voir page 5).

La première journée permettra d'entendre les communications des chercheurs sur l'état de la question scientifique dans les différents pays européens qui participent au COST 540.

L'objectif de ce séminaire, étant de renforcer, au niveau européen, le dialogue entre chercheurs et industriels, la deuxième journée permettra aux industriels, impliqués dans le domaine des nanomatériaux photocatalytiques, de préciser



© CNRS Photothèque - ROBIN Laurent

⁷ Philippe Bourgeois est chef du projet « Technologies clefs 2010 » au ministère de l'économie, des finances et de l'industrie.

⁸ Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique.

leurs besoins et leurs attentes en vue des innovations qu'ils cherchent à développer.

Le programme de ce séminaire se trouve page 5.

Contact : Nane Péhuet
Tél. 01 42 79 51 02
pehuet@ecrin.asso.fr

■ Traitements de surfaces

Le 23 mars 2006, s'est tenue au LNE (Laboratoire national de métrologie et d'essais) à Paris, une réunion sur le thème « Biocontamination des matériaux au contact des aliments. Procédés innovants pour la détection, la prévention et l'élimination des contaminants ». Le GIFEA (Groupe Ile-de-France Emballage-Aliment), à l'initiative de cette journée, s'est appuyé sur le LNE, la SSHA (Société scientifique d'hygiène alimentaire) et Ecrin-Traitements de surfaces pour monter le programme de cette manifestation qui a réuni 60 participants, dont presque 2/3 d'industriels.

L'objectif de cette journée était de mettre à la disposition des chercheurs et des partenaires industriels des compétences d'ordre micro-biologique, chimique et physique, et des moyens pour appréhender les mécanismes d'interactions matériaux / aliments / micro-organismes, afin d'en maîtriser la qualité micro-biologique.

La qualité micro-biologique des denrées alimentaires est un enjeu important tant sur le plan de la santé publique que sur le plan économique. En effet, la bio-contamination des aliments par des micro-organismes pathogènes peut être à l'origine de toxi-infections alimentaires (TIA) susceptibles d'entraîner des pathologies plus ou moins sévères. Pour réduire les risques de contamination des produits finis et assurer ainsi leur qualité hygiénique, de nouvelles stratégies, permettant de s'assurer que les surfaces en contact avec les denrées alimentaires ne servent pas de véhicules de transmission des pathogènes, sont en cours de développement.

Des procédés innovants ont été présentés :

- Détection des micro-organismes adhérent aux surfaces des matériaux : spectrométrie de masse, méthodes d'analyse microbienne

par empreinte, par frottis, par ATPmétrie (ATP : adénosime triphosphate)...

- Prévention de la bio-contamination des matériaux au contact des aliments : mise en œuvre de nouveaux matériaux polymères, modification des surfaces par greffage, par adsorption de bio-surfactant...
- Décontamination des surfaces : méthodes chimiques, par lumière pulsée, par plasmas froids.

L'interdisciplinarité des intervenants, physiciens, chimistes, microbiologistes, a permis une bonne couverture du sujet, et les participants ont demandé la prolongation de ces échanges au sein d'autres réunions ou groupes de travail.

Contact : Véronique Thierry-Mieg
Tél. 01 42 79 51 01
thierry-mieg@ecrin.asso.fr



Usine de conditionnement de pruneaux.

⁹ L'objectif principal de cette action est, grâce à des efforts européens concertés, d'augmenter les connaissances fondamentales concernant les matériaux photoactifs nanocristallins et de favoriser la mise au point de nouveaux produits qui utilisent des matériaux photoactifs autostérilisants

et autonettoyant dans les applications commerciales. L'action sera également axée sur l'élaboration de normes de l'UE pour la caractérisation des matériaux photocatalytiques.