

ZOOM SUR

Les futures lignes de lumière longues de SOLEIL

Les lignes de lumière « longues » NANOSCOPIUM et NANOTOMOGRAPHIE seront dédiées aux techniques de pointe de nano-imagerie par rayons X durs. Une extension de 2200 m² au bâtiment SOLEIL sera construite en 2012 pour abriter ces lignes de lumière.

L'imagerie moderne par rayons X durs sur synchrotron ouvre la voie à des méthodes fondamentalement nouvelles de caractérisation d'échantillon résolue spatialement en exploitant pleinement la cohérence du faisceau de rayons X. Elle peut atteindre des résolutions de 10-50 nm, ce qui permet de combler l'écart de résolution entre les microscopies optique et électronique, et fournit des informations quantitatives avec une haute sensibilité sur la variation de densité, la distribution des éléments et/ou la spéciation chimique. De plus, le grand pouvoir pénétrant des rayons X durs permet d'effectuer des études non destructives des structures enfouies sur des spécimens intacts de grande épaisseur. NANOSCOPIUM produira des images par balayage tandis que NANOTOMOGRAPHIE sera dédié aux techniques plein champ.

Pourquoi utiliser des rayons X cohérents ?

Les rayons X cohérents peuvent non seulement être focalisés en un faisceau de quelques dizaines de nanomètres de large, mais également utilisés pour générer simultanément des images multiples et complémentaires d'un objet donné, dans lesquelles le contraste est généré par des mécanismes différents. Dans ces techniques d'imagerie « multimodale », une des images représente l'absorption dans l'échantillon, de manière analogue à une radiographie conventionnelle. Une autre image cartographie les variations de phase du rayonnement, comme avec des perturbations dans un front d'onde. Beaucoup d'échantillons intéressants tels que les cellules biologiques et les tissus mous sont transparents aux rayons X mais interagissent fortement avec la phase, ce qui permet d'obtenir des images de projection à contraste élevé même dans l'état hydraté. Un troisième

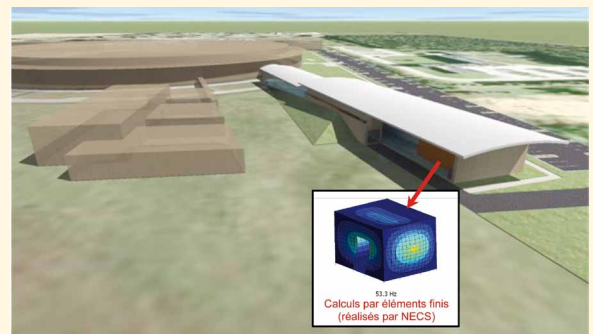
mode de contraste, sensible à la diffusion, révèle la présence de nanostructures dont la taille est inférieure à la résolution, et fournit des informations sur leur agencement. En mode balayage, ces principes permettent même de produire simultanément des images de la structure d'un échantillon en « super-résolution », beaucoup plus fines que la taille du faisceau, en utilisant des techniques connues sous le nom de « Ptychographie ».

Pourquoi une telle longueur ?

NANOSCOPIUM, longue de plus de 160 mètres, produira un faisceau plus cohérent et de taille nanométrique dans les stations d'expérience que ne le permet une ligne de lumière courte. Des éléments optiques de focalisation destinés à exploiter cette grande distance créeront des nano-faisceaux intenses et stables. Une « source secondaire » à mi-chemin dans la ligne de lumière protège contre les vibrations et les dérives, et permet de contrôler la cohérence et le flux. Sur NANOTOMOGRAPHIE, la longueur de 200 m donne non seulement un faisceau de plusieurs centimètres de large pour étudier les grands échantillons, mais garantit également une cohérence transverse très élevée pour les rayons X et ainsi une sensibilité à des différences de densité extrêmement faibles dans les objets étudiés.

Techniques expérimentales

NANOSCOPIUM, dédiée aux techniques de balayage dans la gamme 5 – 20 keV, offrira des possibilités de recherche uniques en combinant l'analyse chimique de l'échantillon (par fluorescence et spectroscopie d'absorption dans le domaine des rayons X) avec l'analyse de la structure obtenue par imagerie cohérente (ptychographie) à haute résolution spatiale (= 30 nm) en 2



et 3 dimensions. Les distributions élémentaires et les états d'oxydation pourront être quantifiés au niveau de traces dans les échantillons géologiques et biologiques pour la plupart des éléments à partir du Titane. La spectroscopie de fluorescence ciblera des éléments légers d'une masse allant jusqu'à celle du phosphore. La ligne de lumière NANOTOMOGRAPHIE fonctionnera entre 5 et 25 keV et fournira des données volumiques en 3D sur une large gamme d'échelles de longueur à partir d'une résolution de 30 nm (taille du pixel) jusqu'à une largeur d'objet de 40 mm avec une limite de détection pour les variations de densité allant jusqu'à 0,5 mg/cm³ (0,2 électrons par nm³).

Quelles sont les perspectives ?

Les caractéristiques, les spécifications et les nouvelles techniques disponibles avec NANOSCOPIUM ont motivé tous les groupes impliqués pour œuvrer afin de rendre la ligne de lumière accessible aux utilisateurs d'ici fin 2013. Pour NANOTOMOGRAPHIE, une demande de financement par le programme EQUIPEX vient d'être déposée.

→ Contacts :

Les responsables des lignes
NANOSCOPIUM et NANOTOMOGRAPHIE
somogyi@synchrotron-soleil.fr;
weitkamp@synchrotron-soleil.fr

Extension du bâtiment synchrotron pour les lignes de lumière NANOSCOPIUM et NANOTOMOGRAPHIE. Les cabanes de radioprotection doivent assurer une haute stabilité thermique et mécanique (vibrations). Responsable de la construction du bâtiment : P. Eymard.