

cea

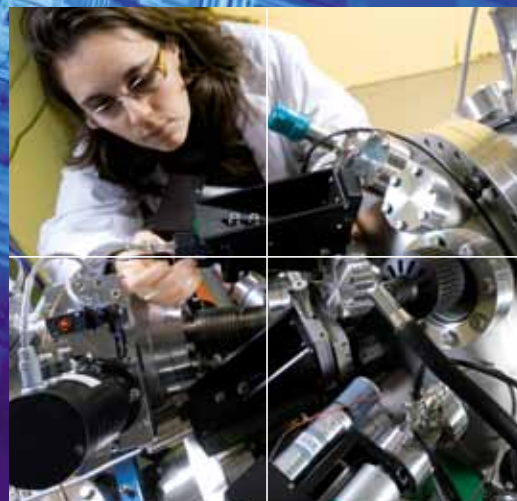
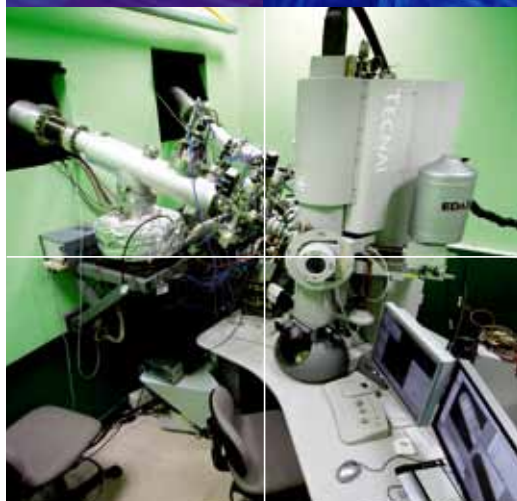


energie atomique • énergies alternatives



Plate-forme de multi-irradiation JANNUS

Jumelage d'Accélérateurs
pour les Nanosciences,
le Nucléaire et la Simulation



JANNuS

Une plate-forme d'accélérateurs de très haute performance pour étudier les matériaux sous irradiation

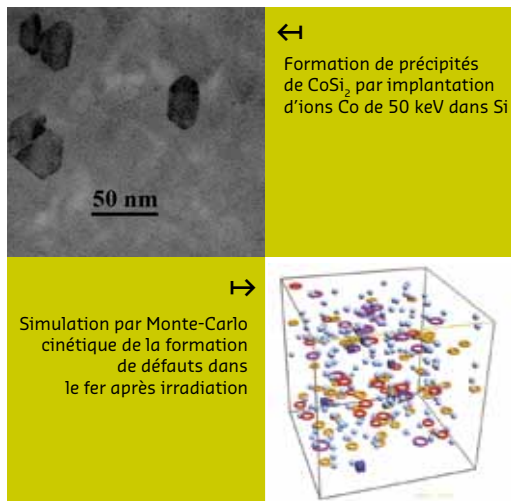
JANNuS s'organise autour de deux installations d'excellence : l'une à Orsay au Centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse, unité mixte de recherche CNRS/IN2P3 et Université Paris-Sud, et l'autre sur le centre CEA de Saclay au Département des matériaux pour le nucléaire de la Direction de l'énergie nucléaire. Cet ensemble, actuellement unique au monde, associe en tout cinq accélérateurs d'ions et un Microscope électronique en transmission pour les études *in situ*. La plate-forme est dédiée aux recherches sur les effets de l'irradiation dans les matériaux. En effet, les phénomènes physico-chimiques générés par l'irradiation au sein de la matière bouleversent son architecture atomique et font évoluer sa structure et sa composition chimique. Ses propriétés physiques, thermiques, mécaniques, électriques, magnétiques ou optiques s'en trouvent modifiées.

Les faisceaux de particules chargées de JANNuS permettent d'irradier de petits échantillons de façon parfaitement maîtrisée et donc d'observer et quantifier les évolutions de leur microstructure (ségrégation, précipitation, formation de boucles de dislocation, de cavités, de bulles...).

Pour les matériaux du nucléaire, une fois le lien comportement/microstructure établi, les résultats sont extrapolés ou interpolés en fonction des conditions d'irradiation grâce à la simulation numérique et aux développements théoriques. Ainsi, la transposition à l'irradiation neutronique, dont les effets ne peuvent être mesurés que par des expériences plus lourdes menées en réacteur, devient possible et la prédiction du comportement des matériaux à très long terme en est améliorée.

Les faisceaux d'ions constituent un moyen original de synthèse de phases hors équilibre. L'implantation d'ions et l'irradiation permettent de modifier de façon contrôlée les propriétés de la matière condensée qui peut alors présenter des propriétés intéressantes tant sur le plan fondamental (synthèse de nanostructures, auto-organisation de surfaces) que pour le développement de nouveaux composants en microélectronique, en optoélectronique, et pour les technologies nanométriques.

Enfin, la plate-forme JANNuS est un outil pédagogique sans équivalent pour former de jeunes scientifiques au fonctionnement et à l'application des accélérateurs, à la physique des interactions ions/matière et à la science des matériaux.



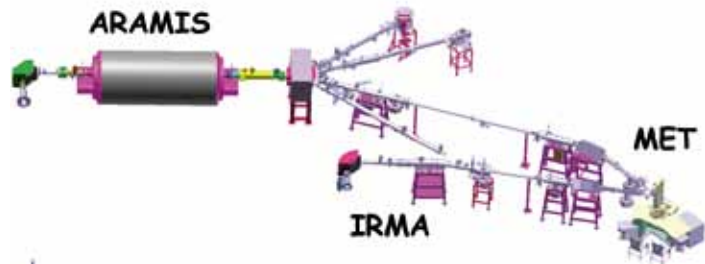
JANNuS – Orsay

Un Microscope électronique en transmission couplé à deux accélérateurs d'ions

La plate-forme expérimentale JANNuS – Orsay est composée d'un Microscope électronique en transmission (MET) couplé à deux accélérateurs d'ions ARAMIS (tandem 2MV) et IRMA (implanteur d'ions 190 kV).

Sa caractéristique principale est sa capacité à produire une large gamme de conditions d'implantation et d'irradiation par des ions (la plupart des éléments du tableau périodique sont accessibles, avec une énergie comprise entre 10 keV et 4 MeV), permettant d'observer en MET *in situ* les interactions d'un ou deux faisceaux d'ions et du faisceau d'électrons avec la matière. Les équipements d'analyse du MET associés à une large gamme de porte-échantillons (refroidissement à l'azote liquide, chauffage jusqu'à 1 300 °C), offrent un grand potentiel pour étudier simultanément les modifications structurales et/ou chimiques et les défauts engendrés dans les matériaux par l'irradiation et/ou l'implantation ioniques,

et ainsi remonter aux processus élémentaires (jusqu'à l'échelle atomique) des mécanismes qui régissent le comportement des matériaux sous faisceaux d'ions : changements de phase et ségrégation, mélanges d'atomes/couches et désordre chimique, croissance de grains, précipitation, nature et évolution des défauts, formation, croissance, coalescence de bulles et de défauts, cascades de collisions, ionisation...



↳
Accélérateur 2 MV
ARAMIS

←
Microscope
électronique
en transmission
couplé aux deux accélérateurs



JANNuS – Saclay

Trois accélérateurs couplés pour un triple faisceau d'ions

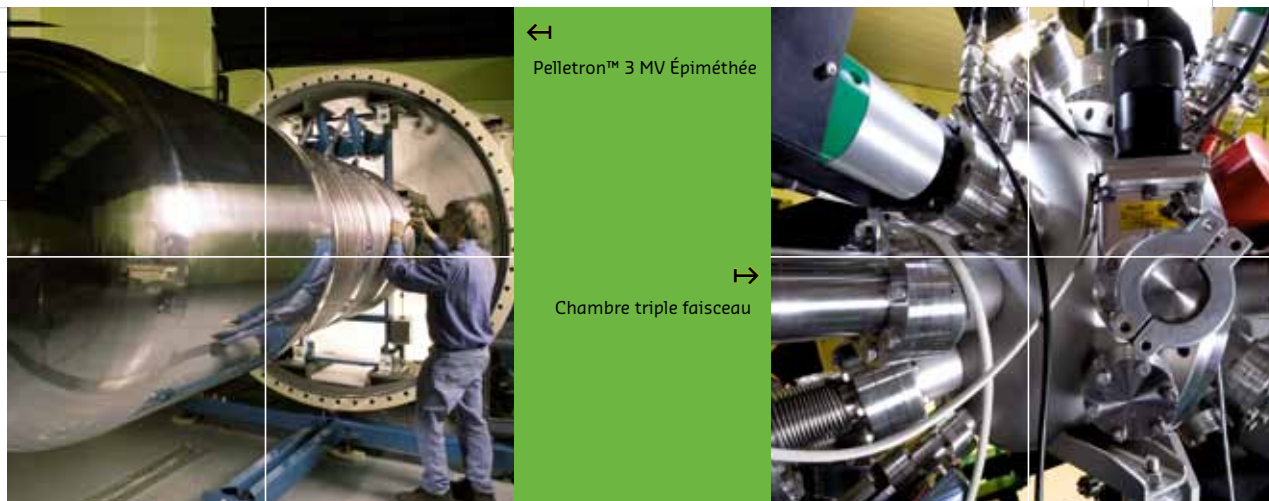
Pour simuler les différents processus physico-chimiques produits par l'irradiation neutronique, la plate-forme JANNuS - Saclay associe trois accélérateurs électrostatiques d'ions avec des gammes larges et complémentaires de particules et d'énergie. Ainsi convergent autour d'une chambre d'expériences commune les faisceaux de :

- Épiméthée, Pelletron™ simple étage de 3 MV à source d'ions multichargés fonctionnant à partir de gaz ou de composés organométalliques volatils ;
- Japet, Pelletron™ tandem de 2 MV à source d'ions à échange de charge (hydrogène, chlore, iode, ions métalliques) ;
- Yvette, Van de Graaff simple étage de 2,5 MV à source d'ions radiofréquence (hydrogène et hélium).

Le porte-échantillons de la chambre triple faisceau fonctionne entre la température de

l'azote liquide et 850 °C. L'installation dispose également d'une chambre d'irradiation monofaisceau connectée à Épiméthée et d'une chambre instrumentée d'analyse par faisceaux d'ions liée à Yvette.

Avec un domaine d'énergie des ions produits qui s'étend de 100 keV à 50 MeV et la possibilité de coupler jusqu'à trois faisceaux d'ions, JANNuS – Saclay est la deuxième installation au monde capable de simuler expérimentalement l'ensemble des effets physiques et chimiques induits lors de l'irradiation d'un matériau nucléaire par des neutrons (déplacements d'atomes résultant de l'accumulation des dommages balistiques et production de nouvelles espèces comme l'hélium ou l'hydrogène). Ces effets sont étudiés simultanément ou de manière dissociée dans des métaux, des alliages, des verres, des céramiques ou des matériaux composites.





Mai **2009**

Première irradiation
double faisceau *in
situ* à JANNuS - Orsay

Mars **2010**

Première irradiation
triple faisceau à
JANNuS - Saclay



Décembre **2006**

Réception du
Microscope
électronique en
transmission à
JANNuS - Orsay



Décembre **2006**

Réception du
Pelletron™ 3 MV
Épiméthée à
JANNuS - Saclay



Octobre **2008**

Lancement du
premier appel
à proposition
d'expériences JANNuS



JANNuS fait partie du réseau EMIR

Créé par le Centre national de la recherche scientifique et le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives en partenariat avec le Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, le réseau national d'accélérateurs dédié à l'étude du comportement des matériaux sous irradiation (EMIR) regroupe six installations expérimentales françaises disposant de moyens d'irradiation spécifiques et complémentaires.

Les appels à proposition d'expériences sont organisés une ou deux fois par an par voie électronique sur le site <http://emir.in2p3.fr/>. Chaque proposition est évaluée techniquement par l'installation concernée, puis scientifiquement par des experts internationaux.

↳ Contacts

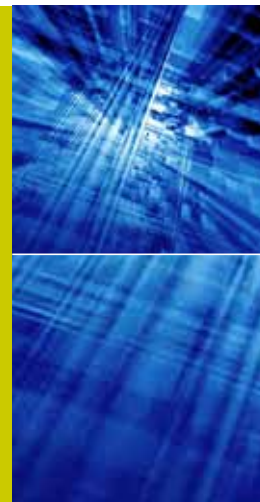
JANNuS – Orsay
emir-contact@csnsm.in2p3.fr

JANNuS – Saclay
emir-saclay@cea.fr

Collaborations

JANNuS est partenaire des **LabEx PALM** (Physique : atomes, lumière, matière) et **LabEx P2IO** (Physique des 2 infinis et des origines).

JANNuS reçoit régulièrement des équipes internationales (USA, Inde) et accueille de nombreux chercheurs européens, notamment dans le cadre de l'**I3 SPIRIT** (Support of public and industrial research using ion beam technology).



conception et réalisation **avant-garde** – © M.-O. Ruault, J.-F. Dairs, P. Stroppo/CEA, A. Gomin/CEA

↳ Liens utiles

Pour toute information sur les appels à proposition, les formalités, les moyens d'accès et les techniques :
<http://emir.in2p3.fr/>
<http://jannus.in2p3.fr/>

