

FICHE PROJET EUROPEEN

ACRONYME : GENESIS+

NOM COMPLET DU PROJET	RIN Recherche 2021 – Plateforme – GENESIS+ : Mise à niveau de la sonde atomique de la plateforme GENESIS pour l'analyse des matériaux radioactifs		
NUMERO DE CONVENTION	21 ^E 03574		
DATE DE DEBUT	01/09/2021		
DATE DE FIN	31/12/2022		
COORDINATEURS	SAUVAGE Xavier		
• Etablissement(s)	• Laboratoire(s)	• Responsable(s)	• Partenaire(s)
URN	GPM		
CONTACT	xavier.sauvage@univ-rouen.fr		
SITE INTERNET DU LABORATOIRE ET PROJET			

DESCRIPTION DU PROJET

RESUME	<p>Le Groupe de Physique des Matériaux (GPM) occupe une position de leader mondial dans la recherche dédiée à la surveillance des matériaux équipant les réacteurs des centrales nucléaires actuels et le développement de nouveaux matériaux pour les futurs réacteurs. Pour cela, le GPM a créé la plateforme instrumentale « GENESIS » (EQUIPEX) qui regroupe des techniques d'analyses de pointe permettant l'étude et la caractérisation à l'échelle nanométrique des matériaux utilisés dans le domaine du nucléaire.</p> <p>La sonde atomique tomographique LEAP 4000X HR occupe une place centrale dans la plateforme GENESIS car c'est la seule technique de la plateforme et la seule sonde atomique du laboratoire qui permette d'obtenir une cartographie en 3 dimensions de la position et de la nature chimique de chaque atome avec une résolution sub-nanométrique dans les matériaux irradiés et radioactifs. La sonde est une technique indispensable aux programmes de surveillance des réacteurs actuels mais également au développement de nouveaux matériaux pour les réacteurs du futur, la génération IV et la fusion.</p> <p>Achetée lors de la création de la plateforme en 2011, le LEAP 4000X HR présente aujourd'hui des performances limitées comparées à celles de la nouvelle génération de sonde (LEAP 5000 XR) qui équipe de plus en plus de laboratoires mondiaux concurrents dans le domaine.</p> <p>Afin d'acquérir des connaissances toujours plus fines des phénomènes physiques qui régissent le vieillissement des matériaux sous irradiation et de maintenir la place de leader mondial du GPM dans ce domaine, il est nécessaire de faire évoluer la LEAP 4000 XHR en LEAP 5000 XR afin d'atteindre des performances ultimes en termes de quantification des nano-objets créés sous irradiation.</p> <p>Nature de l'équipement demandé : Mise à niveau de la sonde atomique de la Plateforme GENESIS pour l'analyse des matériaux radioactifs achetée dans le cadre de l'EQUIPEX GENESIS obtenu 2011, la LEAP 4000X HR présente aujourd'hui des</p>
--------	--

	<p>performances limitées comparées à celles de la nouvelle génération, la LEAP 5000 XR.</p> <p>L'objectif de ce projet est de faire évoluer la LEAP 4000 XHR en LEAP 5000 XR.</p> <p>Le principe de fonctionnement d'un instrument de type LEAP repose principalement sur 3 concepts de physique instrumentale imbriqués dédiés au contrôle de l'évaporation des atomes de surfaces d'un échantillon de matière, au contrôle des trajectoires ioniques des atomes après évaporation et à la détection de ces atomes de manière à les quantifier et les identifier avec la plus grande précision.</p> <p>La mise à niveau de la LEAP 4000X HR en LEAP 5000 XR implique une modification structurelle de tous les dispositifs physiques, mécaniques, électroniques et informatiques associés au fonctionnement de ces 3 concepts et intègre un système de nettoyage par plasma des échantillons et des dispositifs utilisés pour le contrôle de l'évaporation des atomes de surface.</p>
OBJECTIFS	<p>Un des intérêts fondamentaux de la nano analyse des matériaux issus du domaine du nucléaire réside dans le fait d'identifier et de caractériser, de manière très précise, les différents défauts cristallins ou hétérogénéités chimiques présents dans les matériaux qui impacteront les propriétés mécaniques du matériau. Seules trois techniques expérimentales permettent la caractérisation d'objets de très petite taille : les techniques de diffusion aux petits angles et de diffraction (de rayons X ou de neutrons), la microscopie électronique en transmission (MET) et ses techniques dérivées et la sonde atomique tomographique (SAT).</p> <p>La plateforme GENESIS est équipée de deux de ces techniques : un MET et une SAT, tous deux dédiés à l'analyse des matériaux actifs. Le MET donne accès aux informations cristallographiques, à la densité ou la taille de défauts/objets dont la taille est supérieure à environ 2 nm mais ne permet pas de caractériser les défauts/objets de plus petite taille ni de donner d'information précise sur la composition locale des objets étudiés. La SAT permet d'accéder à ces informations dans de nombreux cas, mais ses limites actuelles ne permettent pas la détection et la caractérisation des plus petits objets formés sous irradiation ou sous l'effet de la température. Les traitements de données sont alors limités à des traitements statistiques ou semi-quantitatifs. La détection et la caractérisation quantitative de ces objets est pourtant nécessaire pour développer des modèles d'évolution structurale sur le long terme ainsi que des modèles prédictifs de l'évolution des propriétés d'usage des matériaux. La mesure de la taille, la densité, la composition et la fraction volumique des précipités formés couplée à l'utilisation de modèles analytiques permet de rationaliser le vieillissement des aciers du circuit primaire ou de la cuve des centrales nucléaires de génération 2 mais également le comportement mécanique des aciers candidats comme matériaux de structure des centrales du futur (GEN IV et fusion). Ces informations permettent également de nourrir les modèles de simulation numérique. L'utilisation conjointe et complémentaire de l'expérience et de la simulation permet d'acquérir une compréhension fine des mécanismes physiques qui sont à l'origine de l'évolution microstructurale et donc des propriétés mécaniques. L'évolution instrumentale qui fait l'objet de cette demande permettra d'atteindre des performances ultimes en termes de quantification des nano-objets créés sous irradiation : caractériser des objets plus petits, plus dilués avec plus de précision.</p> <p>Cette mise à niveau donnera au GPM les conditions optimales pour à la fois identifier et comprendre les mécanismes à l'origine de l'évolution microstructurale des matériaux des installations actuelles et futures, de comprendre l'impact sur les propriétés mécaniques ceci afin d'améliorer la sûreté et participer au développement</p>

	<p>de nouveaux matériaux pour les réacteurs du futur qui devront supporter des températures et des doses d'irradiations plus élevées et des milieux plus corrosifs. La LEAP 5000 XR équipe de plus en plus de laboratoires mondiaux concurrents dans le domaine.</p> <p>Cette mise à niveau permettra au GPM de maintenir sa position de leader mondial de la caractérisation des matériaux du nucléaire à l'échelle atomique. Sur les cinq dernières années, l'activité liée au nucléaire représente l'organisation de 12 congrès/colloques/symposiums internationaux, 55 présentations orales, 30 articles publiés dans des revues à comité de lecture, 6 projets européens, 3 projets de collaboration internationale (ERA-Net RUS, IAEA, JPNM), 7 contrats de collaboration avec des industriels, 5 projets nationaux (ANR, NEEDS), un projet RIN collaboratif, de RIN 100% et 50%... ainsi que la présence du GPM dans la coordination de la recherche dans le cadre du programme joint sur les matériaux du nucléaire (JPNM) de l'alliance Européenne de la recherche pour l'énergie bas Carbone.</p>
<p>IMPACTS ATTENDUS ET FINALITE</p>	<p>L'amélioration de la sonde atomique de la plateforme GENESIS vers la toute dernière génération, le LEAP 5000XR permettra l'analyse de matériaux d'intérêts technologique grâce à des cartographies 3D 30% plus grande, une efficacité de détection 45% plus élevée et une meilleure résolution en masse. Cette amélioration en fera un instrument unique en France.</p> <p>Forte de ce nouvel équipement, l'équipe de recherche pourra pousser plus loin ses investigations sur les mécanismes de vieillissement des matériaux du nucléaire. Ces performances accrues permettront notamment d'identifier de petits (sub-nanométriques) objets dilués aujourd'hui invisibles avec les équipements actuels. Ceci permettra de mieux comprendre les mécanismes de vieillissement en température ou sous irradiation, corrélérer l'évolution des microstructures avec l'évolution des propriétés mécaniques de façon plus fiable et pertinente (les objets aujourd'hui invisibles pouvant affecter ces propriétés), ce qui demeure l'une des finalités des études menées grâce à la plateforme GENESIS.</p> <p>Les résultats ainsi obtenus pourront être valorisés via les canaux de communication standards tels que les articles scientifiques et les conférences. Ils seront également communiqués aux étudiants en master et en doctorat, par exemple par la préparation de nouveaux cours ou de présentations qui auront lieu dans des écoles, comme à l'atelier international Atom Probe School organisé chaque année par le GPM. La visibilité des résultats sera amplifiée par le biais de pages Web spécifiques sur le site GPM http://gpm.univ-rouen.fr/ et au sein du réseau social Research Gate.</p> <p>Il est à noter que ce projet s'insère parfaitement dans les axes et thèmes du Labex EMC3 (Energies Materials and Clean Combustion Center), du CARNOT ESP ainsi que dans le pôle EP2M et de la RIS3 pour un développement du mix énergétique vers zéro émission carbone (axe 1) et l'optimisation des performances des matériaux pour une industrie durable (axe 3) (objectif d'une durée de vie à 60 ans pour la génération IV, prolongation des centrales de génération II au-delà de 40 ans). Ce sont donc des espaces supplémentaires où le projet bénéficiera d'une forte valorisation.</p> <p>Grace à ce nouvel équipement, la plateforme GENESIS confortera sa position de plateforme expérimentale pour l'étude et la nano-analyse des effets d'irradiation unique en Europe (2 au monde). Ceci permettra de renforcer nos nombreuses collaborations avec nos partenaires académiques et industriels.</p>
<p>RESULTATS</p>	
<p>MODALITES DE FINANCEMENT</p>	<p>BUDGET TOTAL : 1 784 268 €</p>



RÉGION
NORMANDIE



UNION EUROPEENNE

Niveau de soutien FEDER / FSE / FAEDER	1 784 268 €
Niveau de soutien Région	
Nombres de personnes travaillant sur le projet	
<i>L'Europe s'engage en Normandie avec le Fonds Européen de Développement Régional</i>	