

NEWS PENAM

Journée PENAM-ICMPE 2025 | Chute de goutte (SIMAP) | Nouvel arrivant | Conception d'alliages (Mines St-Etienne) | Nouveaux équipements | Stage & Recherche (LamCube)

Meilleurs Voeux

L'équipe PENAM vous présente ses meilleurs voeux et vous souhaite une heureuse année 2026.

A venir

- Nouvel équipement, à savoir un analyseur H, N, O, sera installé courant 2026 à L'ICMPE

Calendrier 2026 PENAM

1er semestre :

Visites et discussions pour intégrer deux nouveaux partenaires à PENAM à savoir le laboratoire Matéis (Lyon) et l'IRT / Metafensch (Metz)

2ème semestre :

Rencontre CNRS pour la mise en place d'une structure administrative de la PENAM

ICP (IJL)

Cet appareil de caractérisation chimique est désormais fonctionnel



4ème journée d'échanges PENAM à l'ICMPE de Thiais

Mots des organisateurs

L'ICMPE est fier d'avoir accueilli le 27/11/2025 la 4ème journée d'échanges de la PENAM (Plateforme Nationale d'Élaboration des Alliages Métalliques).

Avec plus de 50 participants venant de toute la France, cette journée a permis de nombreux échanges très enrichissants, grâce à la qualité des intervenants d'horizons différents (IJL Nancy, SIMaP Grenoble, Mines Saint-Étienne, IRCP Paris, CEMEF Sofia Antipolis, LSPM Villetaneuse, LEM3 Metz, ICMPE Thiais), que nous tenons à remercier chaleureusement.

Co-organisée avec le GDR HEA, cette journée a été l'occasion d'aborder différentes problématiques allant de la conception d'alliages à la compréhension de la solidification d'alliages complexes à composition eutectique, en passant par

Programme détaillé de la journée

9H15-9H30 : Introduction de la journée

Présentation de la plateforme PENAM - J. Jourdan

Présentation GDR - J.Ph. Couzinié, C. Varvenne

9H30 : Mathieu Traversier - EMSE

Conception et caractérisation de HEA réfractaires "moins fragiles"

9H50 : Abdalmagid El Bakali - SIMAP

Lévitiation électromagnétique sous champ magnétique continu intense : quelques applications

10H10 : Gwladys Lengaigne - IJL

HEA massifs et couches minces par différents modes d'élaboration : problèmes et alternatives liés à la fabrication

11H : Régis Poulain - ICMPE

Rôle de l'oxygène sur la stabilité de l'alliage TiZrHfNbTa

11H20 : Lola Liliensten - IRCP

Effets TRIP/TWIP : des alliages Ti vers les alliages complexes

11H50 : Oriane Senninger - CEMEF

Solidification dirigée d'alliages eutectiques à composition complexe

13H45 : Azziz Hocini - LSPM

Simulation thermo-mécanique Gleeble - application aux HEAs

14H15 : Léo Thiercelin et

Laurent Peltier - LEM3

Design d'alliages à haute entropie et à mémoire de forme piloté par les données

14H45 : Sophie Mathieu - ICMPE (doctorante)

Stratégie de conception d'alliages réfractaires eutectiques à compositions complexes riches en carbone

15H00 : Rafael Jenot-Laluque - LEM3 (doctorant)

High-Entropy Alloy design towards Cobalt substitution for high hardness and low wear rate using X-Cr-Fe-Mn-Ni system (X=Al, Co, Cu, V, and Mo)

15H45 : Visites des plateformes

l'étude de procédés non conventionnels telle la lévitation électromagnétique.

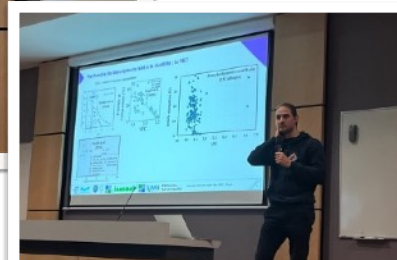
De vifs remerciements sont également adressés aux personnels du laboratoire hôte qui ont présenté plusieurs plateformes phares du laboratoire, dont certaines sont labellisées CNRS Chimie (élaboration métallurgique, frittage flash, microscopies, mesures et analyses des matériaux) en fin de journée.

La prochaine journée d'échanges sera organisée en 2026 par le LAMcube (Villeneuve d'Ascq).

Nous remercions le GDR HEA pour sa participation à l'organisation ainsi que la prise en charge financière de la journée. La SF2M et le RNM sont également remerciés pour leur soutien.

Loïc Perrière

Retour en images



Journée PENAM-SIMAP 2025 | **Chute de goutte (SIMAP)** | Nouvel arrivant | Conception d'alliages (Mines St-Etienne) | Nouveaux équipements | Stage & Recherche (LamCube)

Étude expérimentale et numérique de la chute d'une goutte liquide dans le cadre des mesures calorimétrique

Contexte et objectifs :

La mesure des propriétés thermophysiques des métaux et alliages à l'état liquide est particulièrement complexe en raison de leur forte réactivité chimique et de leurs températures de fusion élevées. La lévitation électromagnétique constitue une solution efficace : elle permet de fondre un échantillon métallique par induction tout en évitant tout contact avec un creuset, supprimant ainsi les risques de contamination chimique. Cette technique rend possible la détermination de plusieurs propriétés thermophysiques fondamentales, telles que la densité, la chaleur spécifique...



[Click here !](#)

Au SIMaP, deux dispositifs de lévitation électromagnétique ont été développés afin d'étudier ces propriétés à haute température. Dans le but d'accéder à des données supplémentaires (enthalpie, transitions de phase...), l'un de ces dispositifs, le léviteur AEXAM AC, est actuellement en cours d'évolution pour être couplé à une technique de calorimétrie à chute. Le principe consiste à provoquer la chute verticale d'une goutte de métal liquide, maintenue initialement en lévitation, vers l'une des cellules d'un calorimètre différentiel positionné sous l'enceinte de lévitation.

Au cours des derniers mois, Maxime Hoffmann, stagiaire de niveau M1 à l'Université de Technologie de Troyes, a contribué de manière significative à l'évolution du dispositif. Son travail a porté sur la conception d'un nouveau porte-échantillon ainsi que sur la modification de l'enceinte de lévitation (brides, adaptations mécaniques)

Une campagne expérimentale de coulée de gouttes de métaux liquides — nickel (Ni), cuivre (Cu) et alliage $\text{Cu}_{70}\text{Ni}_{30}$ — a ensuite été menée. Les gouttes étaient dirigées vers un creuset en alumine situé à 35 cm sous l'inducteur, simulant une cellule du futur calorimètre. Ces essais ont permis d'ajuster les paramètres clés du dispositif (masse de l'échantillon, géométrie de l'inducteur, conditions de lévitation...) afin d'obtenir une chute verticale stable et reproductible.

Les résultats de cette campagne ont démontré la faisabilité de la technique de calorimétrie à chute couplée à la lévitation électromagnétique. Le calorimètre différentiel sera réceptionné dans les prochains mois et sera ensuite intégré au léviteur AEXAM AC, ouvrant la voie à de nouvelles mesures thermophysiques de métaux liquides à haute température.

Journée PENAM-SIMAP 2025 | Chute de goutte (SIMAP) | **Nouvel arrivant** | Conception d'alliages (Mines St-Etienne) | Nouveaux équipements | Stage & Recherche (LamCube)

CDD I an ASI, IJL Nancy

Poste : CDD Assistant Ingénieur (ASI, UL)

Lieu : IJL Nancy, PE₃M

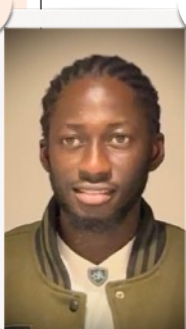
Contact : s.sarr@univ-lorraine.fr

Missions

- Réalisation prestations extérieures
- Adaptation de dispositifs expérimentaux
- Maintenance des équipements
- Qualité et sécurité
- Développement pôle analyse chimique
- Communication autour du PE₃M

Souleymane

- Licence physique - chimie
- Licence professionnelle en métallurgie : traitement des alliages
- Master en chimie des matériaux



Souleymane Sarr, ASI, IJL, PE₃M

Au sein de l'Institut Jean Lamour (IJL, UMR 7198, INC), un plateau technique PE₃M pour l'élaboration des matériaux massifs métalliques a été créé. Il est composé de 15 équipements dédiés à l'élaboration d'alliages métalliques ainsi qu'à leurs analyses chimiques et regroupe 12 personnels appartenant à 3 des 4 départements de l'institut.

Les ingénieurs et techniciens, dont les travaux sont d'assurer la recherche scientifique de leur équipe respective au sein de l'IJL, ont volontairement minimisé la réalisation de prestations extérieures par manque de temps et ce malgré une demande grandissante de la part des entreprises privées.

C'est donc dans l'objectif d'assurer l'entière partie de la réalisation et du développement des prestations extérieures que Souleymane Sarr a rejoint l'IJL et le plateau PE₃M en CDD professionnalisation de l'ICEEL.

Ses activités touchent ainsi l'élaboration des matériaux métalliques usant des équipements du PE₃M comme un four à bombardement électronique, des soles froides en semi-lévitation, une four VIM ou encore par arc électrique.

Souleymane assure également la partie mesure thermique par caméra IR, Tc et pyrométrie mais également l'acquisition de vidéos par caméra rapide.

D'autres analyses sont également dans ses compétences telles que la métallographie (optique et électronique) et les analyses chimiques par ICP, SDL et C&S.

*Je suis **Souleymane Sarr**, arrivé à l'Institut Jean Lamour sur le plateau PE₃M*

Mon parcours m'a donné une solide maîtrise des principes thermodynamiques et cinétiques des transformations des matériaux, des mécanismes de solidification et ségrégation dans les alliages, des traitements thermiques et de surface pour optimiser microstructures et propriétés mécaniques, ainsi que des techniques de synthèse et caractérisation physico-chimique des phases métalliques. C'est cette logique – de l'élaboration contrôlée à l'analyse post-procédés qui justifie mon rôle sur les prestations extérieures.

Journée PENAM-SIMAP 2025 | Chute de goutte (SIMAP) | Nouvel arrivant | **Conception d'alliages (Mines St-Etienne)** | Nouveaux équipements | Stage & Recherche (LamCube)

Conception et élaboration d'alliages concentrés BCC « moins fragiles »

Mathieu TRAVERSIER¹, Mickaël HAERING¹, Yassine TAOUI^{1*}, Ali BENMANSOUR^{2*}, David PIOT¹, Franck TANCRET², Anna FRACZKIEWICZ¹

¹ Mines Saint-Etienne, Univ Lyon, CNRS, UMR 5307 LGE, F-42023 Saint-Etienne, France

² Nantes Université, CNRS, Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel, IMN, F-44000 Nantes, France

*Stage master

Les alliages concentrés (HEA) de structure CC présentent un potentiel significatif grâce à leur résistance mécanique élevée, notamment à haute température. Cependant, leur fragilité à température ambiante constitue un obstacle à tout développement.

L'étude présentée ici a été réalisée en deux étapes. Un travail de conception numérique d'alliages a d'abord été réalisée à l'IMN de Nantes (équipe de F. Tancret), en cherchant (par la fouille de données et des modélisations basées sur des modèles physiques) des compositions chimiques permettant d'obtenir, dans des structures monophasées CC, une résistance mécanique élevée ainsi qu'une ductilité significative, tout en gardant (pour des raisons technologiques) une température de fusion relativement basse (<1900°C). Par conséquent, trois compositions ont été sélectionnées.

Ces alliages de la famille AlNbTiV, contenant aussi Hf ou Zr, ont été élaborés par fusion par induction en nacelle froide au MINES St-Etienne, sous forme de lingots de 300g. Le succès de ces élaborations nécessitait un travail minutieux, sous atmosphère contrôlée pour éviter toute oxydation, et en travaillant sur plusieurs pré-alliages, afin d'optimiser la température de fusion de la matière. L'analyse de ces lingots a permis de confirmer la structure prédite par les modèles ainsi que les propriétés escomptées : une ductilité satisfaisante (mesurée dans des essais de flexion à l'ambiante) et une résistance mécanique élevée (essais de compression, 25 – 800°C). Des travaux complémentaires sont en cours pour approfondir la caractérisation de ces nouvelles nuances et évaluer leur intérêt.



Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet européen INNUMAT, qui a pour objectif la conception et l'évaluation de nouveaux matériaux destinés aux réacteurs de nouvelle génération (Gen.IV, SMR)

Journée PENAM-SIMAP 2025 | Chute de goutte (SIMAP) | Nouvel arrivant | Conception d'alliages (Mines St-Etienne) | **Nouveaux équipements** | Stage & Recherche (LamCube)

Nouveaux équipements du LamCube

STA

Analyser à large panel de propriété thermique des matériaux. Associé à la bibliothèque de Mettler Toledo, nous sommes dans la capacité de retrouver les éléments du matériau via les données obtenues lors de l'analyse.



Possibilités jusque 1600°C :

Comportement de fusion - cristallisation - polymorphisme - oxydation - Transitions vitreuses - Réactions de réticulation - Capacité thermique spécifique - Changements de masse - Stabilité à la température - Comportement d'Oxydation - Décomposition

Vibrophore

Envie de tester le comportement des matériaux sous sollicitations dynamiques extrêmes ? Découvrez notre nouveau vibrophore ZWICKROELL.

Cet équipement de pointe permet de réaliser des essais mécaniques dynamiques à très haute fréquence, réduisant considérablement la durée des essais et élargissant ainsi notre offre pour répondre aux enjeux scientifiques et industriels.

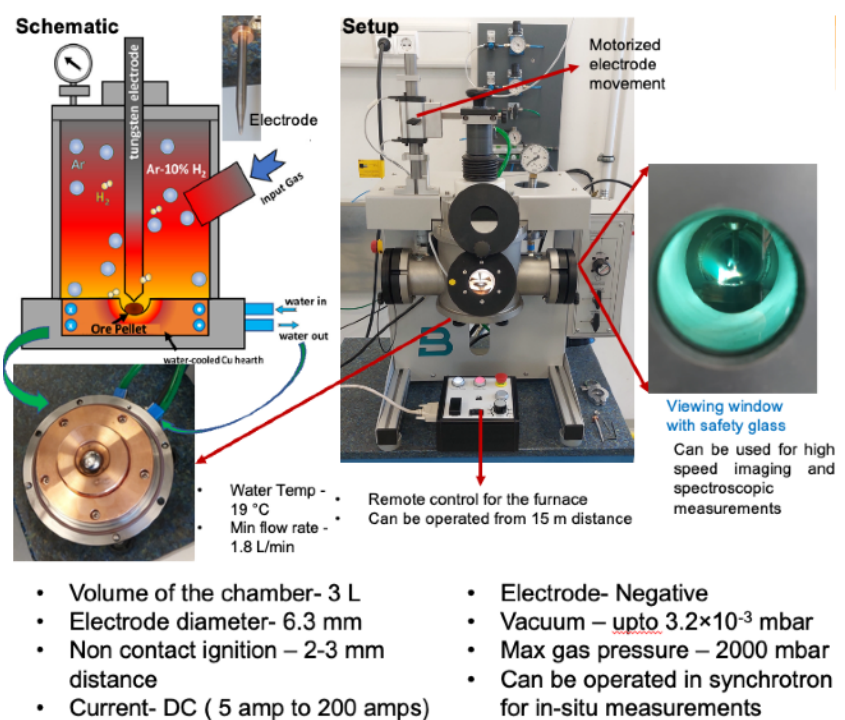
- Essais dynamiques à très haute fréquence : jusqu'à 285 Hz
- Réduction du temps d'essai pour accélérer les phases de recherche et développement
- Extension du catalogue d'essais mécaniques pour des problématiques multi matériaux et multi échelles



IJL : Four à arc sous plasma hydrogéné

Un réacteur plasma de laboratoire développé en interne avec l'aide d'Edmund Bühler (Allemagne), est actuellement utilisé de manière intensive pour des expériences de réduction par fusion au plasma d'hydrogène.

La chambre du réacteur a un volume de 3 litres et est adaptée à des expériences plasma contrôlées avec des matériaux solides, de préférence sous forme de pellets (lorsque des poudres sont utilisées) ; la masse de charge peut atteindre 30 g. Le plasma est généré à l'aide d'une alimentation électrique en courant continu (DC), et le courant de fonctionnement varie de 5 A à 200 A. L'électrode fonctionne en polarité négative et a un diamètre de 6,3 mm. L'amorçage du plasma est réalisé par une méthode sans contact, avec une distance d'amorçage de 2 à 3 mm, ce qui contribue au maintien de conditions d'arc stables.



Le réacteur fonctionne sur une large plage de pression. Il peut atteindre des niveaux de vide de $3,2 \times 10^{-3}$ mbar et fonctionner à des pressions de gaz allant jusqu'à 2000 mbar. Cette large fenêtre de pression permet de réaliser des expériences aussi bien en conditions de plasma à basse pression que dans des conditions proches de la pression atmosphérique.

Trois fenêtres d'observation équipées de verres de sécurité sont prévues, permettant l'observation directe du plasma et de l'échantillon fondu. Cette configuration autorise l'imagerie à grande vitesse ainsi que des mesures spectroscopiques optiques pendant le fonctionnement. Le réacteur est conçu pour être compatible avec des mesures in situ basées sur le rayonnement synchrotron, permettant un suivi en temps réel des changements de phase au cours du traitement plasma.

L'électrode est refroidie par eau afin d'assurer un fonctionnement stable, avec un débit d'eau minimal de 1,8 L/min et une température d'eau à l'entrée typique de 19 °C. La position de l'électrode peut être ajustée soit manuellement, soit par un système de commande à distance, ce qui permet de contrôler la longueur de l'arc et le positionnement de l'électrode pendant le fonctionnement. A distance, le déplacement vertical de l'électrode peut être assurée par un système d'entraînement motorisé et peut être commandé en toute sécurité depuis une distance allant jusqu'à 15 mètres.

Des arcs plasma d'hydrogène stables ont été démontrés avec des métaux purs, des superalliages et des minerais de fer, et un degré significatif de réduction est atteint pour les minerais de fer dans des conditions de réduction par fusion au plasma d'hydrogène (HPSR). Plus de 50 expériences ont déjà été réalisées, montrant des performances du réacteur fiables et reproductibles. La flexibilité de ce réacteur le rend adapté à une large gamme d'applications de réduction par plasma, de traitements à haute température et d'études diagnostiques in situ.

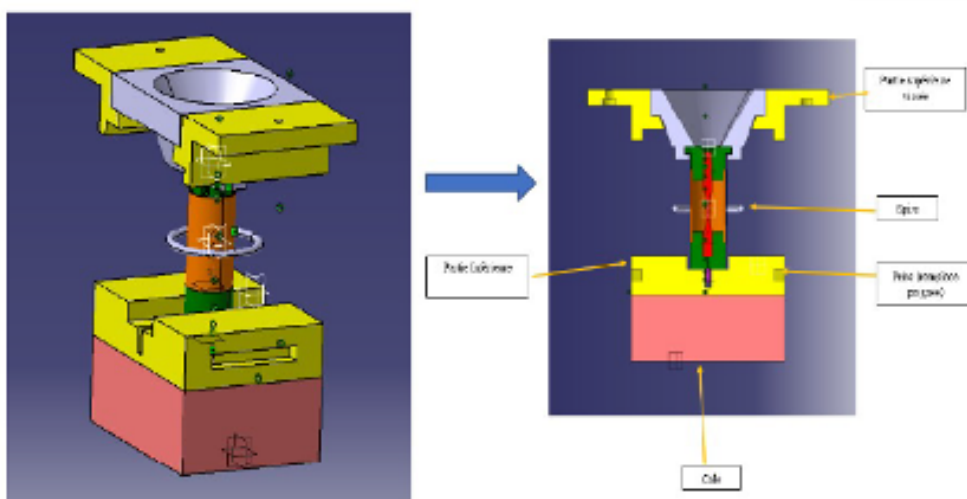
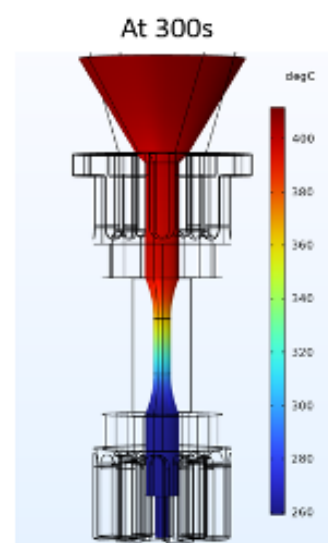


- **Demonstrated arc stability of hydrogen plasma with low-grade iron ores**
- **Significant degree of reduction is achieved.**

LamCube : Développement de l'équipement SPECIMEN 3D en cours

Stage M2 financé par le LAMCUBE

Dans le cadre du stage de Mme Eya Ben Chaaben nous avons travaillé sur l'élaboration du dispositif d'élaboration d'éprouvettes d'alliages non-ferreux à microstructure contrôlée. Eya a pu réaliser des simulations thermiques prometteuses qui ont mené à la réalisation du dispositif de contrôle de solidification d'alliage d'aluminium en particulier. Les pièces ont été réalisées et les travaux sont en cours pour les premiers tests de validation de l'équipement réalisé.



Quelques résultats de la thèse de Moustapha Attia

Titre de la thèse : Développement d'un matériau adapté à la corrélation d'images volumiques en tomographie de laboratoire

Dans le cadre de la thèse de Moustapha Attia, l'alliage Al-Cu 10% pds est étudié. L'objectif de ces travaux est d'élaborer un alliage avec une microstructure adaptée pour la corrélation d'images volumiques sous tomographe de laboratoire. Le but est : i) de modifier la microstructure de l'alliage pour arriver à avoir un mouchetis résolu en tomographie X. ii) de faire des essais in-situ de traction sur cet alliage, et d'analyser quantitativement les images obtenues durant l'essai par corrélation d'images volumiques.

Moustapha a réussi à piloter la microstructure, en adaptant un traitement thermique de mise en solution. La modification de l'eutectique Al₂Cu permet d'atteindre l'objectif de la thèse.

