



Laboratoire  
Mécanique  
Lille

---

# INAUGURATION DE LA PLATEFORME DE MICROTOMOGRAPHIE PAR RAYONS X ISIS4D

—  
Dossier de présentation

---

[lml.univ-lille1.fr](http://lml.univ-lille1.fr)



Université  
de Lille



ARTS  
ET MÉTIERS  
ParisTech



# SOMMAIRE

---

## DESCRIPTIF GÉNÉRAL DE LA PLATEFORME

P2-3

- . Favoriser les échanges et les collaborations multidisciplinaires
- . Un équipement de premier plan pour la caractérisation 3D
- . Originalité
- . ISIS4D dans le réseau national d'utilisateurs et développeurs d'essais in-situ sous rayonnement X
- . Financement de la plateforme
- . Site web
- . Les partenaires du projet

## ISIS4D ET LES ÉQUIPEMENTS ASSOCIÉS

P4-6

- . Équipement 1 : microtomographe à rayon X
- . Équipement 2 : cellule uni-axiale in-situ sous microtomographe
- . Équipement 3 : deux stations de reconstruction d'images 3d
- . Équipement 4 : serveur de stockage de données

## ISIS4D : UN PARTENARIAT RÉGIONAL AUTOUR DE LA MICROTOMOGRAPHIE

P7-8

- . ISIS4D : In Situ Innovative set-ups 4d

*Collaborative research project over the Nord-Pas de Calais region*

*Contribution of ISIS4D to the CISIT goals*

*The ISIS4D platform forward*

*Applicative domains and partnerships*

## LES ÉTABLISSEMENTS PARTENAIRES

P9-10

- . Dans la région du nord au sein de la communauté du CISIT

*Université de Lille - CNRS, Laboratoire de Mécanique de Lille (UMR 8107)*

*Université de Valenciennes et du Hainaut-cambrésis - CNRS, Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines (UMR 8201)*

*Ecole des Mines de Douai : matériaux, procédés, environnement  
Région Nord-Pas de Calais*

*Université de Lille - CNRS, Laboratoire Evo-Eco-Paléo (UMR 8189)*

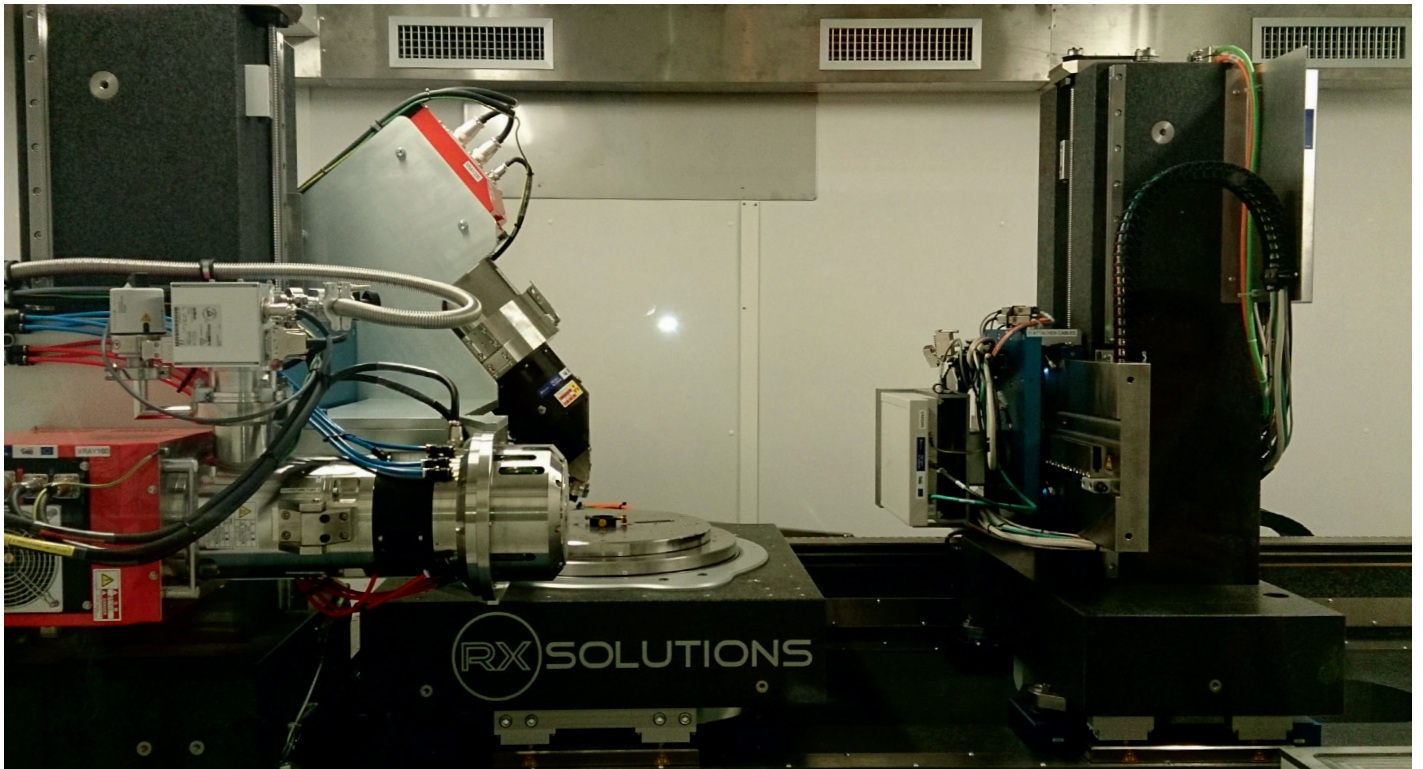
*ENSAIT - GEMTEX : génie et matériaux textiles (EA 2461)*

*Université du Littoral Côte d'Opale, Laboratoire de physiopathologie des maladies inflammatoires osseuses (EA 4490)*

*RX Solutions, fabricant de systèmes d'imagerie à rayons X : du standard au sur mesure*

## CONTACTS

P 12



© Laboratoire de Mécanique de Lille (UMR 8107 CNRS - Université de Lille) - Plateforme de microtomographie par rayons X ISIS4D - 2015

# DESRIPTIF GÉNÉRAL DE LA PLATEFORME

---

## FAVORISER LES ÉCHANGES ET LES COLLABORATIONS MULTIDISCIPLINAIRES

ISIS4D est une plateforme d'imagerie par rayons X mutualisée au sein de 7 laboratoires au niveau régional dont 4 laboratoires participant au CISIT, opération "transport" du CPER 2007-2013 qui a permis l'acquisition de cette plateforme. Cette plateforme a bénéficié d'un financement de la Région Nord-Pas de Calais, du CNRS et de l'Université de Lille d'un montant de 660 000 euros, complété par des fonds FEDER à hauteur de 460 000 euros.

Elle vise à développer et conduire des essais in-situ originaux, sous rayonnement X, sur des matériaux et des fluides sous chargements complexes dans des environnements hautement contrôlés. Ce qui permet d'observer et analyser l'évolution de la structure des milieux étudiés en 3D et en temps réel.

Les environnements peuvent être thermiques, aqueux, chimiques ou mécaniques afin d'être représentatifs des chargements réels rencontrés par des composants ou structures dans un contexte industriel. Les 7 partenaires sont issus de différents domaines : mécanique, génie civil, biomécanique, médecine, paléontologie mais partagent un objectif commun sur la caractérisation et la compréhension des mécanismes physiques fondamentaux dans des milieux hétérogènes. L'un des intérêts supplémentaires de la plateforme est donc de favoriser les échanges et les collaborations multidisciplinaires.

## UN ÉQUIPEMENT DE PREMIER PLAN POUR LA CARACTÉRISATION 3D

En dehors de quelques microtomographes disponibles dans certains laboratoires, il n'y a pas de plateforme équivalente à l'échelle régionale puisque celle-ci combine les avantages de stabilité dimensionnelle et mécanique du bâti et de capacité de la platine servant à accueillir les échantillons (jusqu'à 100 kg) d'un tomographe industriel (comme celui de Montupet - Tomopic en Picardie) avec les hautes résolutions d'images (jusqu'à 0,4 $\mu$ m de taille de voxel) qui peuvent être obtenues sur des tomographes de laboratoires dotés de source nanofoyer (celui de Physiopathologie des Maladies Osseuses Inflammatoires EA 4490 (PMOI), partenaire d'ISIS4D par exemple). C'est donc un équipement de premier plan pour la caractérisation en 3D des matériaux, des milieux fluides et des mécanismes complexes intervenant sous chargement lors d'essais in-situ, qui plus est à l'interface de plusieurs disciplines.

## ORIGINALITÉ

L'objectif de la plateforme ISIS4D étant de réaliser des essais in-situ, les tomographes de laboratoires ne sont pas dimensionnés pour accueillir des dispositifs in-situ encombrants tandis que les tomographes industriels sont équipés de sources qui ne permettent pas d'atteindre les résolutions fines nécessaires à la visualisation de l'endommagement dans une éprouvette par exemple.

Pour certains partenaires (PMOI, LAMIH), ISIS4D est un moyen complémentaire à leur propre équipement de tomographie. Pour tous les partenaires en région, c'est un moyen unique d'accéder à une caractérisation tridimensionnelle du matériau et de développer des essais in-situ.

## ISIS4D DANS LE RÉSEAU NATIONAL D'UTILISATEURS ET DÉVELOPPEURS D'ESSAIS IN-SITU SOUS RAYONNEMENT X.

Peu de plateforme de ce type existent aujourd'hui en France. On peut noter que la plateforme qui se rapproche le plus d'ISIS4D à l'échelle nationale est celle du laboratoire Navier (CNRS, Ifsttar, Ecole des Ponts, Université Paris-Est, Champs sur Marne, Ile de France). Cependant, ISIS4D permet d'effectuer également des radiographies ultrarapides sur des écoulements fluides, ce qui est totalement inédit. Par ailleurs, les essais développés et mis au point sur ISIS4D sont compatibles avec des sources synchrotron (Soleil, ESRF) et inscrivent donc naturellement ISIS4D dans un réseau national d'utilisateurs et développeurs d'essais in-situ sous rayonnement X.

### FINANCEMENT DE LA PLATEFORME

Microtomographe :

CNRS / Conseil régional Nord-Pas-de-Calais / Union Européenne : **900 k€** via le projet CISIT

Accueil de la plateforme :

Université de Lille / Laboratoire de Mécanique de Lille : **200 k€**, en partie dans le cadre du projet CISIT

### SITE WEB

<http://isis4d.univ-lille1.fr/wordpress/>

Ce site donne une description globale de la plateforme, de ses équipements et quelques exemples d'applications.

### LES PARTENAIRES DU PROJET



# ISIS4D ET LES ÉQUIPEMENTS ASSOCIÉS

L'objectif principal est de développer et conduire des essais in-situ originaux, sous rayonnement X, sur des matériaux et des fluides sous chargements complexes dans des environnements hautement contrôlés afin d'améliorer la caractérisation et la compréhension des mécanismes physiques fondamentaux dans des milieux hétérogènes. Par conséquent, la plateforme d'imagerie par rayons X ISIS4D a été conçue pour permettre (i) la caractérisation tridimensionnelle de la microstructure d'une large gamme de matériaux (géomatériaux, alliages métalliques, polymères, composites...),

(ii) le développement d'essais pour le suivi de l'évolution de microstructure 3D in situ lors de sollicitations multi-physiques et multi-axiales couplées et (iii) la caractérisation in situ d'écoulements diphasiques par radiographie ultra rapide. La plateforme est constituée de plusieurs équipements : (i) un microtomographe RX Solutions (protégé par une enceinte plombée), (ii) de dispositifs in-situ existants ou en développement, (iii) de deux postes de reconstruction et de traitement d'images 3D et (iv) d'un serveur de stockage de données de 36To brut.

## ÉQUIPEMENT 1 : MICROTOMOGAPHE À RAYON X

Le microtomographe (protégé par une enceinte plombée) comprend 2 générateurs de Rayons X interchangeables et 4 détecteurs également interchangeables afin de couvrir une large gamme de matériaux (métaux, alliages légers, composites, polymère, os, géomatériaux...) et de résolutions (de 0.4 $\mu$ m à 100 $\mu$ m). Générateurs et détecteur sont montés sur une table en granit (3m20x1m40) avec trou oblong permettant le passage de câbles et/ ou de dispositifs in-situ. La platine de rotation sur palier à air traversante sur laquelle est positionné l'échantillon est dimensionnée pour supporter des dispositifs in-situ lourds, i.e. jusqu'à 100kg, sans dégradation de sa précision de positionnement.

Le poste de pilotage doté du logiciel X-Act permet différents modes d'acquisition suivant la géométrie de l'échantillon : « classique » en pleine résolution ou appariement de pixels de détecteurs et en « champ de vue étendu » avec doublage artificiel de la largeur de détecteur par une translation latérale, en « scan rapide » (une dizaine de min), en « hélicoïdal » ou « multiscan » pour des objets de grande dimension verticale, en laminographie pour les objets de grande dimension latérale, et en microtomographie locale. L'équipement permet également de faire de la radiographie ultrarapide à une fréquence d'acquisition de 1kHz.

**Estimation du coût total de l'équipement :  
1 078 098 € ht**

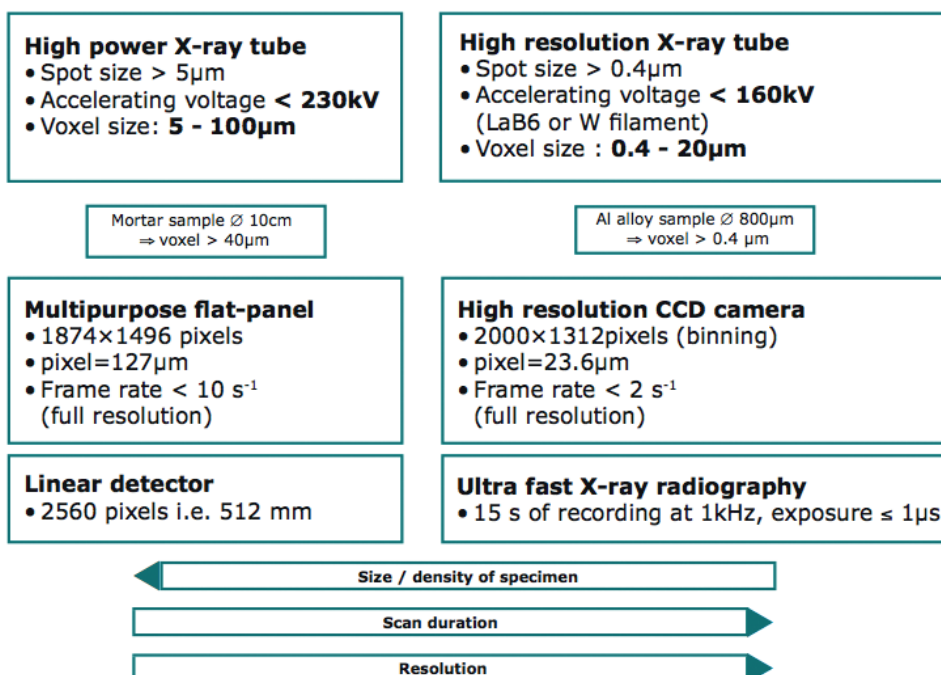


Figure 1 : caractéristiques des sources et détecteurs constituant le microtomographe

## ÉQUIPEMENT 2 : CELLULE UNI-AXIALE IN-SITU SOUS MICROTOMOGRAPHE

Une cellule uni-axiale (fournisseur Cegitab) adaptée au microtomographe permet d'imposer des efforts de traction et compression compris entre 50 N et 5000 N. Le chargement est contrôlé par un piston de type « Moto réducteur pas à pas + vis à billes précontraintes » positionné dans le chapeau de la cellule ; le moteur est contrôlé en position. La course du piston est de 60mm à une vitesse maximale de 1mm/s. Les mors de traction peuvent recevoir des éprouvettes de diamètre compris entre 3 et 10mm et de longueur inférieure à 10cm. Les plateaux de compression ont un diamètre de 2cm. Du fait de l'encombrement de la machine (diamètre 5cm), la plus petite taille de voxel admissible actuellement est de 3µm. Le centrage de la cellule par rapport à la platine de rotation est assuré au moyen d'une table à chariots croisés automatisés de précision.

**Estimation du coût total de l'équipement : 30 100 € ht**

## ÉQUIPEMENT 3 : DEUX STATIONS DE RECONSTRUCTION D'IMAGES 3D

La plateforme est équipée de deux stations de reconstruction d'images 3D dotées du logiciel X-Act. La méthode de reconstruction est basée sur un algorithme de rétroprojection filtrée. La reconstruction peut être réalisée à partir de géométries d'acquisition très variées en adéquation avec les différents modes d'acquisition permis par le microtomographe. Plusieurs artefacts typiques de la tomographie (dérive du foyer, artefacts en anneau, durcissement de faisceau, pixels défectueux, contraste de phase) peuvent être corrigés. Ce logiciel permet une reconstruction tomographique haute performance grâce à l'utilisation de plusieurs processeurs graphiques GPU. La rapidité de reconstruction dépend des caractéristiques hardware de la station de travail sur laquelle le logiciel est installé. Une station « rapide » à 2GPU permet de reconstruire un volume de 1920×1920×1536 en environ 11min alors qu'une station « ultrarapide » à 8GPU permet de reconstruire le même volume en seulement 3 minutes.

**Estimation du coût total de l'équipement : 43 446 € ht**

	GPU : ASUS GTX690 4Go DDR5	RAM	Processeurs	Disques durs	Temps de reconstruction d'un volume de 1920×1920×1536
Station rapide	2	48Go	2 Xeon E5-2509 4 cœurs	2×2To	680s
Station ultrarapide	8	144Go	2 Xeon E5620 4 cœurs	1To SSD	189s

## ÉQUIPEMENT 4 : SERVEUR DE STOCKAGE DE DONNÉES

Un stockage temporaire d'une durée de 3 mois permettant aux utilisateurs de transférer les données acquises sur la plateforme ISIS4D et d'accéder facilement et rapidement au serveur depuis les stations d'analyse d'images. Le serveur est installé dans le local technique climatisé de la salle accueillant le microtomographe. La solution de stockage s'articule autour d'un serveur Dell PowerEdge R520 et de deux racks de stockage Dell PowerVault MD1200 : un avec 12 disques formatés en RAID 6DP (3TB Near Line SAS 6Gbps 7.2k 3.5" HD) dont 1 disque de spare et le deuxième avec seulement 2 disques en vue d'une extension future de la capacité de stockage. La capacité actuelle est de 36To brut (32,7To net) pouvant être augmentée à 72To moyennant l'achat de disques supplémentaires. En cas de coupure, une continuité d'alimentation d'au moins 10 minutes est garantie. La connectivité réseau actuelle du serveur de stockage est de 100Mbps.

**Estimation du coût total de l'équipement : 18 252 € ht**

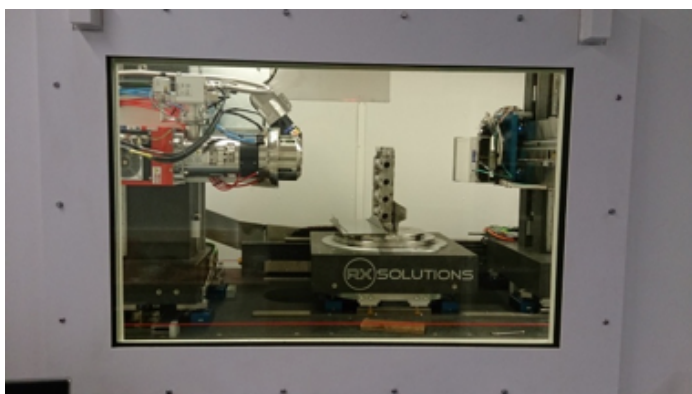


Figure 2 : acquisition tomographique d'une culasse en mode champ de vue étendu (photo prise à travers le hublot de l'enceinte de radioprotection)

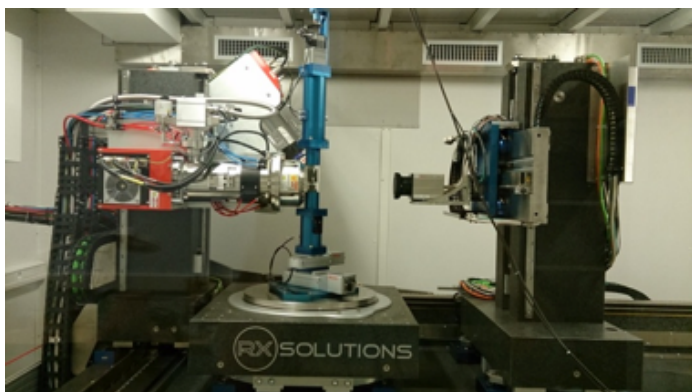


Figure 3 : machine de traction-compression in-situ



Figure 4 : deux stations de reconstruction et de traitement d'images 3d

# ISIS4D : UN PARTENARIAT RÉGIONAL AUTOUR DE LA MICROTOMOGRAPHIE

Le projet de la plateforme ISIS4D a commencé avec le dépôt d'une demande d'Equipex (Programme Investissement d'avenir 2011). Ce projet a été l'occasion de monter un partenariat régional autour de la microtomographie. L'importance de la thématique Transports dans ce consortium a favorisé le financement d'ISIS4D par le biais de la région et de l'Europe via notamment CISIT. Le résumé en anglais du projet est donné ci-dessous.

## ISIS4D : IN SITU INNOVATIVE SET-UPS 4D

### Collaborative research project over the Nord - Pas de calais region

The detailed study of functional materials with driven microstructure, structural materials under highly severe environment or even biological materials conducts to a mutual key necessity: the perfect knowledge of their microstructures and of their evolutions during real complex use. This is a necessity for health, safety or sustainability. The phenomena that occur inside a material or a fluid under complex loadings are three dimensional by nature. However they are generally extrapolated from in-situ surface measurements or from ex-situ volumetric destructive measurements. Cracks can initiate on subsurface defects (metallic materials) or in the core of the materials (composites materials) and as no surface technique allows for in-situ monitoring of internal cracks, predicting the lifetime of parts with internal defects still remains an open issue.

Among the existing methods that allow imaging the microstructure in three dimensions X-ray microtomography appears as the most versatile non-destructive technique allowing a wide range of materials to be studied in-situ. However, its use is limited by the accessibility of the technique and only a few in-situ tests are today available in the world, limited in their loadings and environments. The objective of the ISIS4D project is to develop and conduct world class in-situ studies of materials and fluids under complex loadings in highly controlled environments on a multidisciplinary X-ray imaging platform associated to complementary measurement methods. These experimental conditions would be thermal, hydal, chemical, and mechanical or a combination in order to be representative of the real loadings encountered by components or structures. This facility is proposed by partners coming from different areas mechanical and civil engineering, biomechanics, medicine, palaeontology) within the CISIT community, i.e. LML, LAMIH, and EMD-TPCIM, ONERA, and outside, i.e. Gemtex, EEP and PMOI, (but sharing a common objective on the characterisation and the understanding of fundamental physical mechanisms in heterogeneous media. ISIS4D will contribute to this scientific goal by allowing 3D characterization from which valuable data could be identified during in-situ testing under loading and environment close to service loading. Then, the studies realized on this platform will support scientific excellence and help to improve efficiency and security in the different scientific fields where the partners of this project are involved and in particular in ground transports.

### Contribution of isis4d to the CISIT goals

The CISIT funding requested in the present project (924140 €) corresponds to the phase 1 of ISIS4D which consists in building an operative X-ray imaging platform. This platform will allow handling several of the scientific challenges among the CISIT goals :

- new insight to the 3D characterization of lightweight materials such Al and Mg alloys or polymers,
- new links between manufacturing processes and materials durability,
- linking the 3D microstructure of complex multi-materials formulation used in brake lining to subsurface friction damage.
- 3D characterization and identification of bone mechanical behaviour in order to improve the modelling of the behaviour of bone issues...

The main facility characteristics will be the following. The X-ray imaging platform will be composed of several exchangeable X-ray sources and detectors to meet the X-ray energies and image resolution requirements of the wide range of applications involved in ISIS4D. A dedicated shielded room will provide enough space for in-situ tests installation and the tomograph will be designed to receive heavy in-situ devices without any loss in accuracy. Technological improvements will be made to reduce the scan duration down to a few minutes for in-situ monitoring of evolving 3D microstructures while ultrafast radioscapy will allow attaining higher time resolution in 2D.

### The ISIS4D platform forward

In the medium term, once the platform is operative, four complex in-situ set-ups under controlled environment will be designed by the partners in phase 2 :

- OSIRIS : chemical environment, triaxial high pressure loading and controlled temperature in the range 20°C-200°C to study evolution of geomaterials, e.g. railroad infrastructure
- HORUS: high (700°C) and cryogenic temperatures associated to multiaxial mechanical loadings (tension/torsion/pressure) representative of service loading or manufacturing processes

- HÂPY: multiaxial tests in aqueous or humid environment with controlled temperature, e.g. reproducing bone in-vivo environment
- NOUT: multiphase fluid flow monitoring

Contrary to the X-ray imaging platform, which is a new equipment that cannot be divided, the in-situ set-ups are independent test rigs that can be developed separately. To do so, both equipments and human resources are needed and funding will be raised through national, international or industrial projects outside the CPER. Development of in-situ tests will involve one or several of the present partners in order to develop specific tests rigs that will finally be made available at the platform for a mutualised use and an enhanced visibility.

The in-situ tests will also be compatible with the different facilities proposed in synchrotrons (ESRF, SOLEIL) in order to conduct tests with more energetic and monochromatic sources.

The main technological difficulty will be to develop these in-situ set-ups for « extreme » environmental conditions that are compatible with X-ray tomography. The test rig should thus be transparent to X-ray and allow the rotation of the sample over 360° for radiography acquisition. Moreover its size should be adapted to high resolution imaging. The development of such complex set-ups will take advantage of a long expertise of many partners of the project in the design of highly innovative test facilities.

Moreover, complementary instrumentations (full-field micrometric surface measurements, infrared thermography, physical and chemical analysis ...) will be associated to the microtomograph based on the pluridisciplinary expertise of the different laboratories. In particular, the national platform of optical metrology (MeOL - LML/PC2A) will contribute to new developments in the 3D and 2D data treatments. This will allow extracting meaningful information on fundamental damage mechanisms which can be integrated in the multiscale and multiphysics based modelling approaches developed by the different teams. One of the interests of the partnership is therefore to promote multidisciplinary discussions and collaborations.

## **Applicative domains and partnerships**

The main applicative domains of these researches concern the transportation, the health and the energy in close relation with sustainable development. Several partners are already involved in different common projects concerning innovative materials, in particular for transportations. These researches are conducted in close connection with i-Trans, Matikem and Up-Text competitive clusters in collaboration with many companies (PSA Peugeot Citroën, Airbus, Dassault, ArcelorMittal, Corus, Eurotunnel, Alstom, Bombardier, ANDRA...). These topics will be naturally extended to the Technologic Research Institute «Railenium» and the institute Innocold for which many partners are concerned.

Naturally, all the research topics conduct to high-level scientific publications and ISIS4D will reinforce such results exploitation. As industrial collaboration is already highly developed by the partners, the pull-up effects of such a facility come straightforward through the different new regional institutes and through the new exploitation structure (SATT) of the Lille Nord de France University. These effects will be complemented by patents on the different innovative in-situ devices and through the creation of associated start-ups.

## LES ETABLISSEMENTS PARTENAIRES

---

*Ce descriptif des laboratoires partenaires est extrait du projet Equipex 2011.*

Depuis plusieurs années, les différents partenaires d'ISIS4D ont développé un savoir-faire dans la conception d'essais mécaniques multiaxiaux fortement instrumentés afin d'étudier un certain nombre de variables liées à des couplages multiphysiques. Des études préliminaires ont été entreprises pour valider la pertinence de la microtomographie à rayons X via des collaborations avec des experts nationaux de cette technique. Ces études ont montré la nécessité de disposer d'un tel équipement polyvalent à l'échelle régionale. Ce projet fédère une importante communauté en mécanique des matériaux dans la région Nord.

### DANS LA RÉGION DU NORD AU SEIN DE LA COMMUNAUTÉ DE CISIT

#### **Université de Lille - CNRS, Laboratoire de Mécanique de Lille UMR 8107 (LML)**

Ce laboratoire est composé de six équipes de recherche et comprend plus de 60 chercheurs permanents, 15 ingénieurs, administratifs et techniciens et plus de 60 doctorants. Les sujets de recherche comprennent la mécanique des fluides, la mécanique des solides et le génie civil. Le LML est l'un des principaux laboratoires en France sur la mécanique et le génie civil.

Plusieurs membres du LML sont impliqués dans le GDR Mège 3176 (Couplages multiphysiques et multiéchelles en mécanique géoenvironnementale), qui concerne la modélisation multi-échelles et multiphysique des géomatériaux, dans le GDR MCIMS 2519 (Mesures de champs et identification en mécanique des solides), qui concerne les mesures de champs, et dans le GDR Fatacrack 3561, qui concerne la fissuration en fatigue.

Les compétences reconnues du LML dans les essais multiaxiaux et les mesures couplées devront lui permettre de développer, pour la plate-forme d'imagerie à rayons X, des machines d'essai in-situ qui ne existent pas à jour. Les études basées sur ces essais in situ permettront d'accroître la visibilité du laboratoire à l'échelle internationale. Les dispositifs d'essai in situ qui seront développés en priorité concernent des essais déjà développés au LML mais à une autre échelle : essai de traction cyclique et essai de compression/torsion cyclique, couplage d'essai in situ avec des techniques de mesures de champs cinématiques et/ou thermiques.

#### **Université de Valenciennes et du Hainaut-cambrésis - CNRS, Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines UMR 8201 (LAMIH)**

Le LAMIH UMR 8201 est un laboratoire commun de l'Université de Valenciennes et du CNRS. C'est un laboratoire multidisciplinaire couvrant le génie mécanique, l'Automatisme et l'Informatique, mais son principal champ d'activités de recherche concerne les sciences et les technologies pour la sécurité des transports. L'équipe C2S (Crash Confort et Sécurité) concentre ses activités de recherche sur le comportement des matériaux soumis à de larges

gammes de vitesses de déformation et de température, la résistance au crash des structures, la sécurité et la biomécanique du crash. Ces activités sont basées sur l'expérimentation et la modélisation des effets des charges dynamiques pour de larges gammes de vitesses de déformation imposées à la structure (composants, assemblages) et sur le comportement des matériaux y compris l'endommagement et la rupture. Les matériaux industriels comme les métaux, les composites et les polymères sont étudiés dans le cadre de la sécurité structurale, alors que les tissus biologiques tels que les os sont analysés pour la biomécanique et des raisons de sécurité humaines.

Le développement d'essais dynamiques multi-axiaux spécifiques pour caractériser le comportement des matériaux et des structures est l'une des activités principales du laboratoire. En parallèle, l'équipe C2S développe des modèles numériques dans les codes d'éléments finis pour représenter de tels comportements. Ces modèles de comportement, d'endommagement et de rupture sont développés pour différents matériaux (métaux, polymères, composites, os) et aussi pour améliorer la modélisation des assemblages structuraux (soudés, rivés ...). Un projet de recherche en collaboration avec le LML a pour but d'étudier la durée de vie résiduelle en fatigue en prenant en compte l'effet cumulé d'impacts antérieurs (endommagement induit par déformation plastique à grande vitesse de déformation) dans les matériaux ferreux et non ferreux employés dans l'industrie ferroviaire.

Dans le cadre d'ISIS4D, l'Université de Valenciennes sera impliquée dans la caractérisation expérimentale et la modélisation multi-échelle dynamique des matériaux et des assemblages structuraux. Le LAMIH / C2S a mis en place plusieurs plates-formes de crash/impact pour caractériser les propriétés des matériaux et tester la sécurité des structures et des humains. Un scanner de surface 3D et un microtomographe SKYSCAN complètent ces plates-formes pour les caractérisations globales et locales avant et après le chargement d'impact. Le microtomographe à disposition est cependant limité à des matériaux non métalliques et la taille de la chambre est limitée à des matériaux échantillons de petite taille (4 cm<sup>3</sup>).

L'équipe MSM (Matériel, des surfaces de formage), qui faisait autrefois partie du laboratoire TEMPO, a récemment rejoint le LAMIH. Cette équipe travaille sur deux thèmes principaux. Le premier thème est lié à la caractérisation et la modélisation du couplage multiphysique, avec des applications à la trempe du

verre et aux procédés de mise en forme des métaux. Les principaux défis scientifiques sont le développement de modèles de contact, friction et de piégeage de lubrifiant, la compréhension de la formation de défauts de surface ou interne lors de la mise en forme des métaux et en coulée continue, le développement de modèles couplés de trempe de verre prenant en compte le rayonnement thermique, la simulation de la mise en forme du verre optique et automobile. Le second thème de recherche concerne l'identification du comportement rhéologique et tribologique à haute température des surfaces de métal revêtu et de verre. L'objectif principal est d'identifier des données objectives pour caractériser les surfaces subissant des chargements extrêmes.

Les domaines d'activités de MSM vont de la coulée continue, du laminage et du forgeage de l'acier à la mise en forme et à la trempe du verre. L'usinage à grande vitesse, les systèmes de freinage automobile et ferroviaire sont également étudiés grâce à la conception d'un dispositif d'essai de frottement à haute vitesse.

Un exemple de projet de recherche mené en collaboration avec le LML concerne le comportement mécanique de revêtements utilisés dans la mise en forme des alliages légers afin d'établir le lien entre la rhéologie et l'endommagement du revêtement et la durabilité des pièces.

Dans la plateforme ISIS4D, l'Université de Valenciennes sera impliquée dans le multi-échelle et les analyses multiphysiques des surfaces sollicitées dans des conditions extrêmes (haute température et vitesse de frottement). Le laboratoire a développé des simulateurs macroscopiques reproduisant les conditions de contact rencontrées dans les processus de fabrication. Le défi scientifique est de descendre à des échelles mésoscopiques et microscopiques afin de calibrer de nouveaux modèles d'endommagement, de frottement et d'usure. ISIS4D permettra de finement caractériser l'évolution du matériau au cœur et au voisinage de la surface.

### **Ecole des Mines de Douai : matériaux, procédés, environnement**

L'unité de recherche MPE (Matériaux, Procédés, Environnement / matériaux, procédés, environnement) de l'Ecole des Mines de Douai (EMD) est composée de 121 personnes, dont 32 enseignants-chercheurs. Elle est organisée en deux équipes, GCE (Génie Civil et Environnemental) et TPCIM (Technologie des Polymères et Composites & Ingénierie Mécanique).

L'équipe de recherche TPCIM est composée de 79 personnes, dont 39 permanents. Son expertise couvre des domaines multi-disciplinaires : science des matériaux, physico-chimie, mécanique des solides et des fluides, rhéologie, contrôle non destructif ... Ses activités sont orientées vers l'analyse des polymères, leur fabrication, leurs propriétés en lien avec les processus de fabrication et leur optimisation en tenant compte des spécifications de différents secteurs industriels (transports, énergie, emballage, applications biomédicales, ...). Son expertise scientifique sur les matériaux mentionnés ci-dessus est basée sur une

approche intégrée matériau / processus / structure / propriétés.

L'équipe de recherche GCE regroupe 42 personnes dont 22 permanents. Des recherches fondamentales et appliquées sont menées pour mieux comprendre les interactions existantes entre les matériaux (sols et matériaux du génie civil) et leur environnement. Son domaine d'expertise couvre des domaines pluridisciplinaires : mécanique et physico-chimie, mais aussi sciences de la vie à travers la biodégradabilité, la biorestauration et la toxicologie environnementale.

### **Région Nord-Pas de Calais**

Outre les activités de CISIT, plusieurs laboratoires dans le Nord-Pas de Calais sont intéressés par l'accès à une plateforme de microtomographie locale. ISIS4D est un moyen pour initier de nouvelles collaborations académiques tandis que les collaborations de ces partenaires avec l'industrie ou d'autres universitaires assureront une utilisation à plein temps de la plateforme d'où sa viabilité économique.

### **Université de Lille - CNRS, Laboratoire Evo-Eco-Paléo (UMR 8189)**

Le laboratoire EEP, et notamment l'équipe de recherche en paléontologie, est rattaché à l'Université Cette équipe est spécialisée dans les environnements sédimentaires anciens et récents, ainsi que dans les mécanismes étudiés avec des approches variées et complémentaires. À l'heure actuelle, l'intérêt direct dans ISIS4D réside dans la caractérisation 3D de petits fossiles dans des études (paléo)biologiques et (paléo)écologiques. Toutefois, le développement d'une plate-forme de microtomographie à rayons X pourra également intéresser des géologues pour la caractérisation des roches. Des compétences en analyse d'images 3D sont déjà existantes au sein du laboratoire pour l'analyse statistique des données et le traitement d'image 3D pour les applications paléontologiques.

### **ENSAIT - GEMTEX (EA 2461) : génie et matériaux textiles**

Le laboratoire de recherche GEMTEX (EA 2461) est rattaché à l'ENSAIT, Grande Ecole française et l'une des grandes écoles de textile en Europe qui diplôme plus de cent vingt élèves par année au niveau Master. Les activités de recherche de GEMTEX sont organisées autour d'un arbre d'équipes de recherche autonomes qui sont axées sur les activités suivantes : conception centrée sur l'humain, textiles multifonctionnels et procédés, Mécanique - Textiles Composites.

En outre, GEMTEX accueille l'unité de transfert de technologie EUGENIE visant au développement des activités de recherche avec des partenaires industriels et l'unité de projets collaboratifs avec les principales activités axées sur le développement et la gestion de projets de collaboration au niveau régional, national et

européen. GEMTEX tente de jouer un rôle clé dans l'innovation textile et de publier ses résultats dans des revues internationales de renom. La participation active à des réseaux scientifiques et clusters, y compris la création d'un groupe de recherche commun avec le laboratoire des matières textiles de l'Ecole des Mines de Douai, est l'une des priorités de GEMTEX.

et fabrication de machines sur-mesure correspondant exactement aux besoins de ses clients. Pour proposer des systèmes innovants, RX Solutions, société jeune et dynamique, est à la fois à l'écoute de ses clients et en étroite collaboration avec ses fournisseurs, pour suivre au plus près et participer activement aux développements technologiques dans des domaines en évolution technologique constante.

### **Université du Littoral Côte d'Opale - PMOI, physiopathologie des maladies inflammatoires osseuses (EA 4490)**

PMOI, (Physiopathologie des maladies osseuses inflammatoires) EA 4490, IFR 114, est un laboratoire de recherche dédié à la physiopathologie des maladies osseuses, notamment l'ostéoporose et ostéonécrose, avec un accent mis sur l'adiposité de la moelle osseuse. Les biologistes et les cliniciens travaillent ensemble pour améliorer les connaissances sur les liens entre l'os et la graisse, et ses conséquences dans les mécanismes de maladies osseuses. Les approches incluent la biologie moléculaire et cellulaire, la microscopie et l'imagerie osseuse, la microscopie Raman, la recherche clinique (rhumatologie, chirurgie orthopédique, radiologie et chirurgie dentaire)... PMOI se trouve à Boulogne-sur-Mer (Université du Littoral ULCO) et à Lille (Université de Lille 2). L'équipe regroupe 14 chercheurs (y compris les cliniciens), quatre ingénieurs et techniciens et des (post)doctorants.

### **RX Solutions, fabricant de systèmes d'imagerie à rayons X : du standard au sur mesure**

RX Solutions SAS a été créée en 2006, Loïc Cherel en est le Président. Le savoir-faire de RX Solutions s'articule autour de 2 activités principales, très complémentaires :

- RX Solutions conçoit, fabrique et commercialise des équipements de microtomographie par rayons X à destination de domaines d'applications extrêmement variés. La plateforme UltraTom est une solution unique au monde qui permet d'intégrer une grande variété de composants et ainsi couvrir une gamme d'utilisation considérable et conserver une grande évolutivité. La gamme d'équipements proposée par RX Solutions comporte également des machines plus simples et plus accessibles, pour couvrir l'ensemble des demandes de l'industrie et de la recherche.

- RX Solutions réalise au quotidien des prestations de mesure et de contrôle pour ses clients : Les compétences de l'équipe de RX Solutions lui permettent de proposer une gamme étendue d'études et de mesures (santé matière, détection de défauts, de fissures, études de porosités, orientation de fibres, métrologie...).

Cette expertise, développée au quotidien pour une très grande variété d'applications clients, autorise RX Solutions à se positionner comme un expert reconnu à la fois des contrôles par rayons X et de la conception

## **CONTACTS PRESSE**

### **Cyrielle Chlon**

Chargée de communication  
Université de Lille  
Sciences et Technologies  
T 03 20 43 65 82  
cyrielle.chlon@univ-lille1.fr

### **Stéphanie Piquet**

Coordination relations presse  
Université de Lille  
T 03 20 96 43 35  
stephanie.piquet@univ-lille2.fr

### **Stéphanie Barbez**

Chargée de communication  
CNRS Délégation régionale  
Nord-Pas de Calais et Picardie  
T 03 20 12 28 18  
stephanie.barbez@cnsr.fr

### **Florence Dabin**

Chargée de communication  
Ecole Centrale de Lille  
T 03 20 33 54 87  
florence.dabin@ec-lille.fr

## **CONTACT SCIENTIFIQUE :**

### **Eric Charkaluck**

Chargé de Recherche  
Laboratoire de Mécanique de Lille  
UMR 8107  
Université de Lille  
T 03 20 67 60 86  
eric.charkaluck@univ-lille1.fr



Laboratoire  
Mécanique  
Lille

