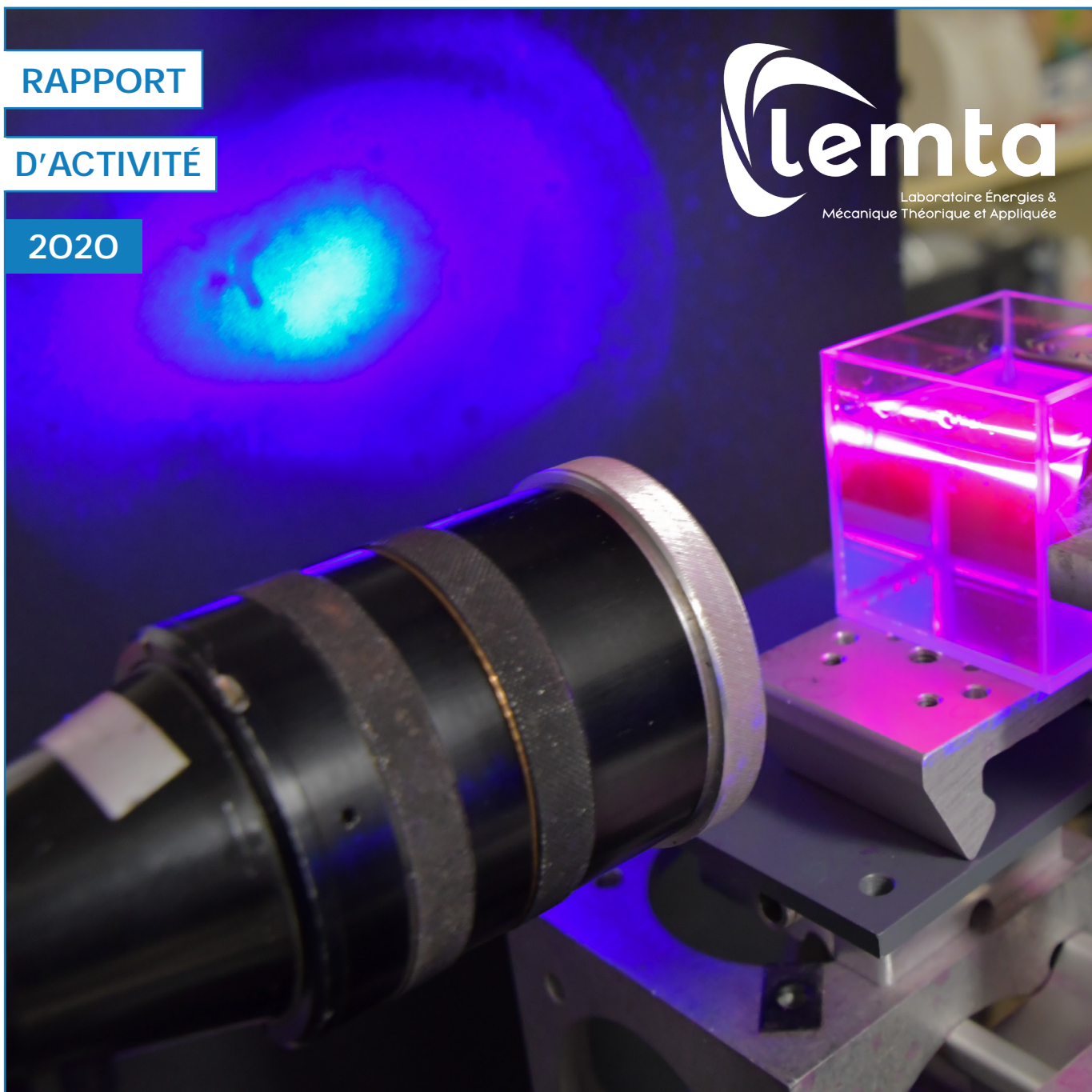


RAPPORT

D'ACTIVITÉ

2020

 **lemta**  
Laboratoire Énergies &  
Mécanique Théorique et Appliquée



UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE

Laboratoire Énergies &  
Mécanique Théorique et Appliquée

# SOMMAIRE

Édito	3
Chiffres clés	4
Notre ADN	6
Orientations & objectifs	7
Le LEMTA dans la presse	34

DÉCOUVRIR  
Nos équipes & notre plateforme 8

EXPLORER  
Nos projets de recherche 16

COOPÉRER  
Nos partenariats 21

SOUTENIR  
Nos thèses 26

INVENTER  
Nos innovations 28

RASSEMBLER  
Nos événements 29

S'ENGAGER  
Nos démarches 32

## ÉDITO

“

Notre laboratoire a été créé il y a presque 50 ans et regroupe aujourd'hui près de 180 personnes. Spécialisé dans les domaines de la mécanique et de l'énergie, il possède une culture forte de partenariats académiques et industriels. Décrire son ADN, ses forces, ses projets et ses grandes réalisations sur une année 2020 qui a connu par ailleurs bien des turbulences mais qui ne nous a pas empêchés de poursuivre nos travaux et même d'obtenir d'excellents résultats, voici l'ambition de ce rapport d'activités.

Vous découvrirez notre stratégie résolument tournée vers les énergies et leurs applications, avec cette approche spécifique multi-disciplinaire qui fait notre originalité. Elle s'est construite sur des compé-

tences historiques solides en mécanique – des fluides, des sols, des solides –, en transferts thermiques et transferts couplés, avec des points forts reconnus en métrologie et en modélisation. Le renfort plus récent dont nous bénéficions dans le domaine des vecteurs énergétiques – électricité, hydrogène, chaleur – nous ouvre des perspectives de recherche nouvelles, pour apporter notre contribution sur les grandes transitions, environnementale et énergétique.

”

« Une année 2020 qui a connu par ailleurs bien des turbulences mais qui ne nous a pas empêchés de poursuivre nos travaux et même d'obtenir d'excellents résultats »

Pascal Boulet  
Directeur du LEMTA



25

projets de  
recherche

14

soutenances de  
thèse

EFFECTIF  
TOTAL

180

9

plateformes

69

doctorants et  
postdoctorants

78

chercheurs et  
enseignants-chercheurs

31

personnes  
en appui à la  
recherche

2

0

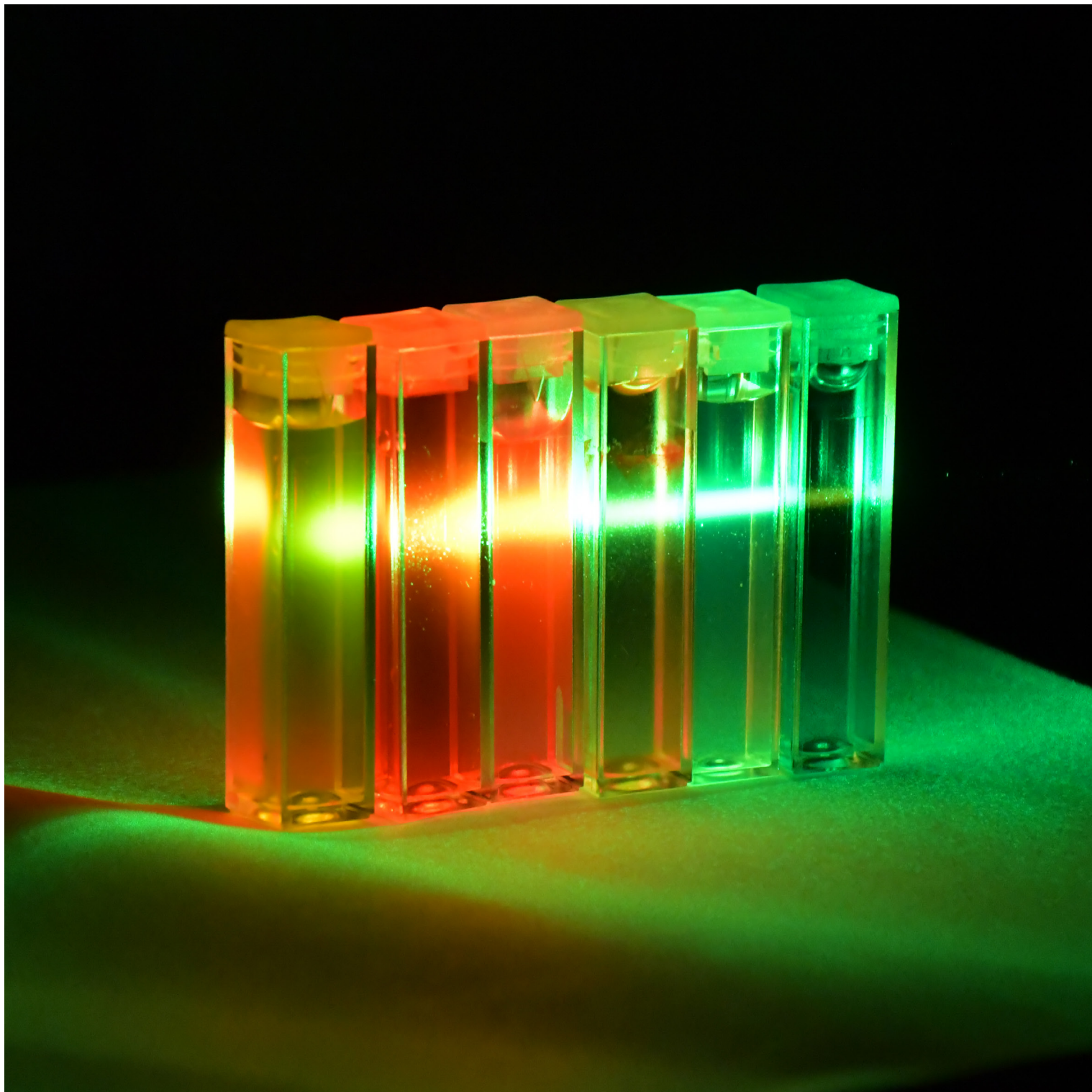
2

0

CHIFFRES  
CLÉS

90

publications  
en revues  
internationales



La fluorescence de colorants éclairés par un laser



Le LEMTA est un laboratoire de recherche en sciences de l'ingénierie, unité mixte de recherche commune à l'université de Lorraine et au CNRS (UMR 7563). Spécialisé dans le domaine de la mécanique et de l'énergie, il est l'un des 6 laboratoires du Pôle Energie, Mécanique, Procédés et Produits de l'Université de Lorraine. Il est également membre de la Fédération Jacques Villermaux et de l'Institut Carnot ICEEL.

### Thématiques de recherche

Nos disciplines de base concernent la mécanique des fluides, des solides, des sols, les transferts de chaleur et de masse et le génie électrique depuis 2018. Le LEMTA met en œuvre une recherche associant les sciences fondamentales et appliquées, des approches disciplinaires et pluri-disciplinaires avec une stratégie résolument tournée vers la transition énergétique. Nous sommes structurés en trois groupes de recherche et une équipe transverse sur l'IRM et ses applications pour l'énergie. Ces recherches sont mises en œuvre par l'action collective de 180 personnes apportant leur soutien et leur engagement à la recherche.

### Des équipements sur mesure

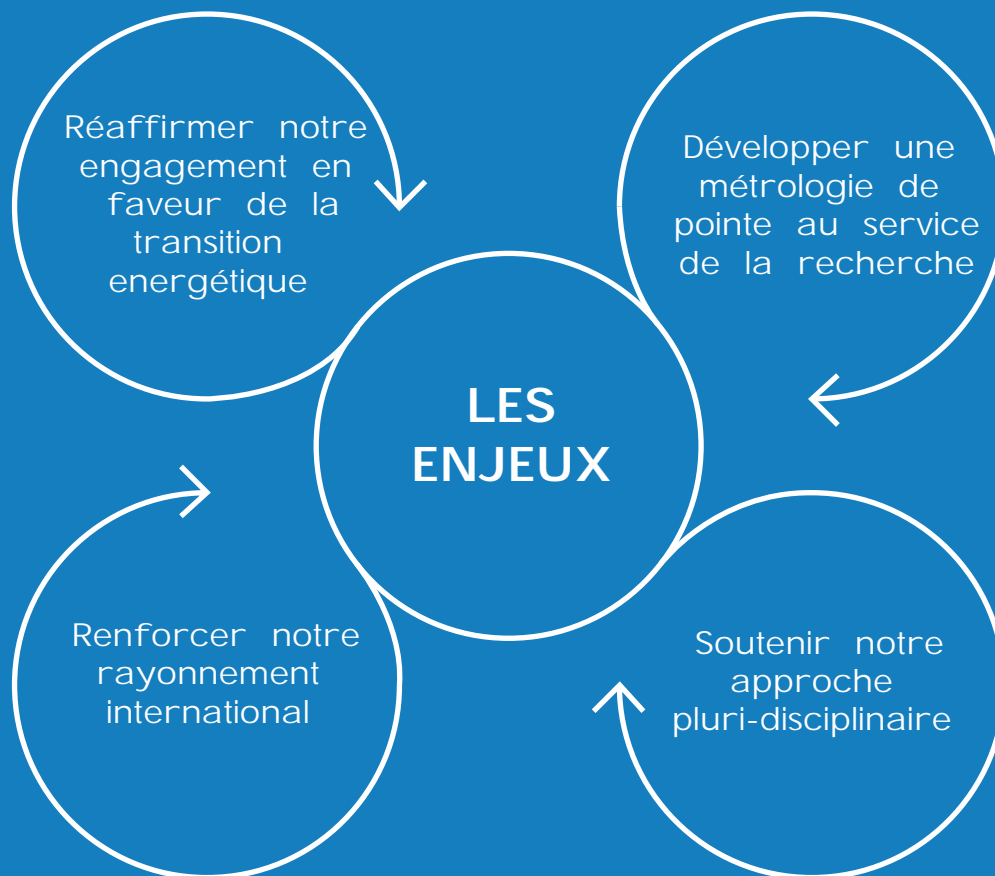
L'ensemble de nos thématiques de recherche s'appuie sur des plateformes technologiques et le développement de techniques de mesure innovantes. De nombreux équipements expérimentaux sont mis en œuvre : PIV, thermographie infrarouge, vélocimétrie laser, fluores-

cence induite par laser, rhéo-optique, diffusion de la lumière, thermographie et imagerie multispectrale pour les hautes températures, ou encore IRM et RMN. La modélisation et la simulation numérique sont associées à ces activités expérimentales pour identifier et caractériser les mécanismes de transfert et concevoir les matériaux, dispositifs et systèmes qui répondront aux enjeux énergétiques de demain.

### Des partenariats industriels et académiques privilégiés

Nos chercheurs collaborent avec de nombreux partenaires institutionnels, centres de recherche et industriels. Ouvertes sur le plan international, nos équipes sont impliquées dans de multiples coopérations avec des laboratoires européens ou mondiaux. Parmi nos partenaires privilégiés figurent notamment Saint Gobain recherche, le CSTB, l'INRS, avec lesquels nous avons construits des laboratoires communs ou des accords cadres. Nos collaborations industrielles nous lient également à d'autres grands noms de l'industrie parmi lesquels : Airbus, ArcelorMittal, Air liquide, Bosch, EDF, General Electric, Safran, Schneider Electric, Total, Valeo, Vallourec ou encore Dantec Dynamics, CEA, IRSN, Fives Cryo etc. Le LEMTA participe également à de grands projets européens et à de nombreux programmes de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR).

# ORIENTATIONS STRATÉGIQUES



.....

Le LEMTA a engagé en 2020 la construction de son plan stratégique pour 2024-2028.

# NOS ÉQUIPES

Le LEMTA est composé de 12 équipes réparties en 3 groupes de recherche et 1 thématique transverse.

## 3 GROUPES DE RECHERCHE

### MILIEUX FLUIDES, RÉOPHYSIQUE .....

Écoulements de poudres et de suspensions

...

Rhéologie de matériaux nano-microstructurés

...

Transferts dans les fluides

...

Fluides et écoulements complexes dans l'industrie et la nature

### ÉNERGIE ET TRANSFERTS .....

Transport dans les milieux complexes

...

Mécanique des sols, géotechnique

...

Combustion : feux de forêt, feux confinés

...

Acoustique

### VECTEURS ÉNERGÉTIQUES .....

Hydrogène, systèmes électrochimiques

...

Gestion de la chaleur

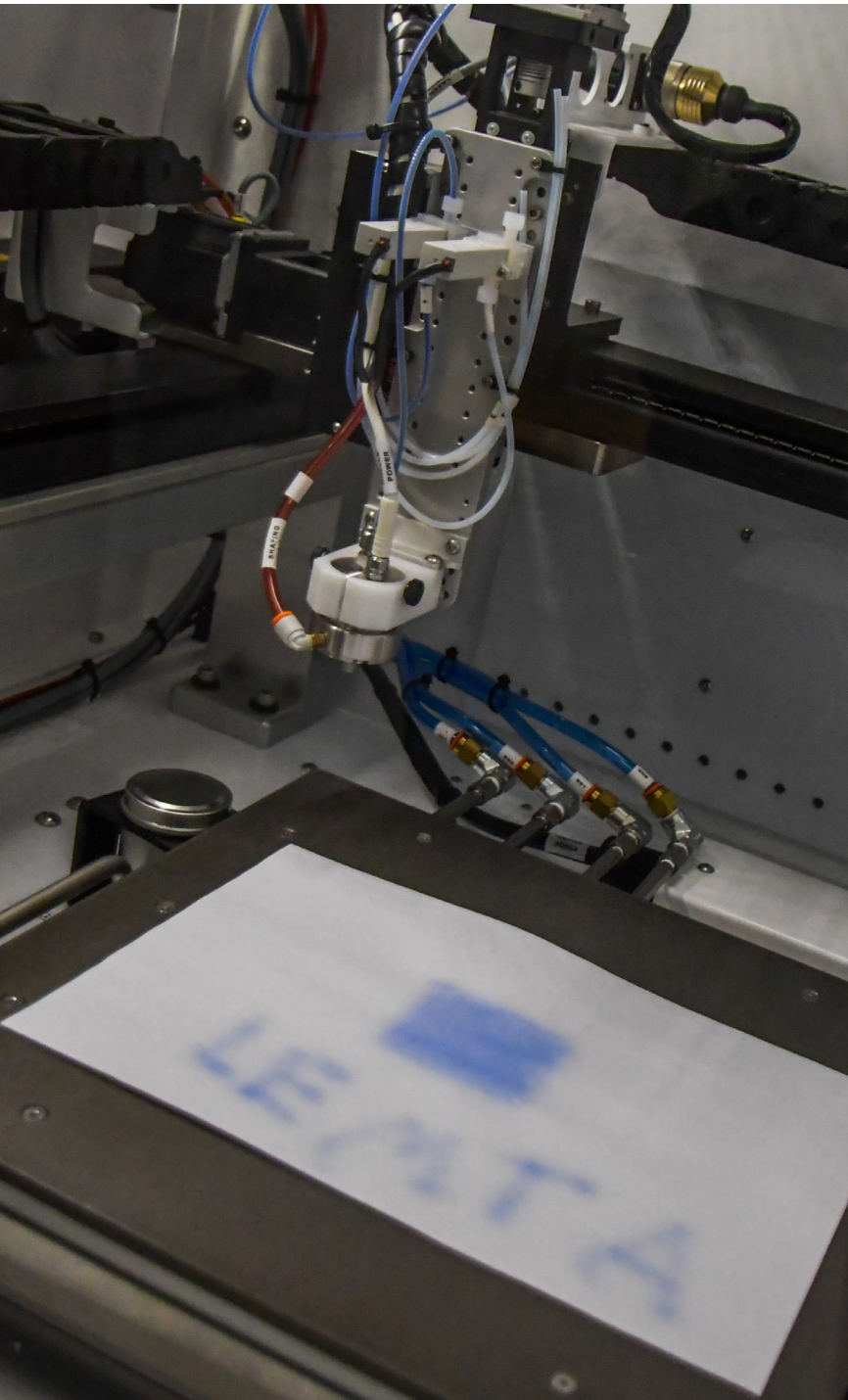
...

Gestion de l'énergie électrique

1 THÉMATIQUE  
TRANSVERSE

IRM POUR  
L'INGÉNIERIE





Appareil pour la fabrication d'électrodes par spray

## DOMAINES D'APPLICATION

Notre savoir-faire dans le domaine de la mécanique et de l'énergie s'applique à :

- L'efficacité énergétique
- Les transports
- Le bâtiment & l'industrie
- Les matériaux
- Les micro-réseaux
- Le stockage de l'énergie
- La sûreté nucléaire
- La sécurité incendie
- L'amélioration & le traitement des sols
- L'impact du bruit sur l'audition



# PRÉSENTATION DES GROUPES

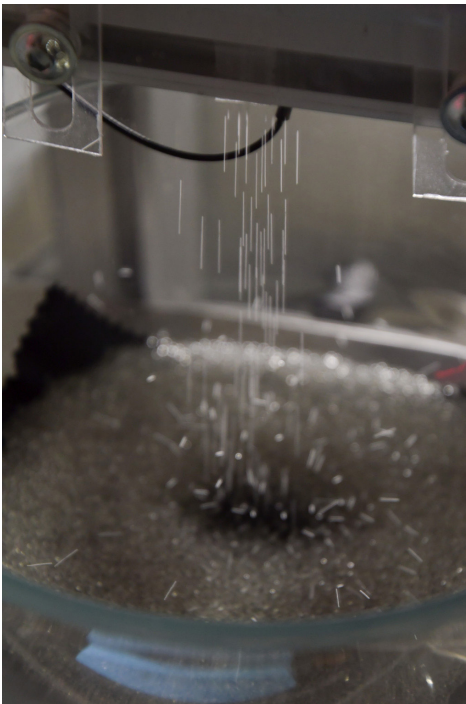
GOUTTES

SUSPENSIONS

RHÉOLOGIE

MILIEUX GRANULAIRES

POLYMÈRES



Écoulements d'un milieu granulaire modèle dans un silo 2D vibré

## MILIEUX FLUIDES, RÉOPHYSIQUE

Les activités de recherche, ancrées sur nos compétences historiques en mécanique, s'appliquent à différents milieux, principalement aux fluides mais aussi aux solides. Des approches multi-échelles sont utilisées pour décrire leur comportement et les modéliser.

En milieux fluides, ce groupe étudie les phénomènes de transfert interfaciaux de chaleur et de masse entre fluides et des parois solides tout en tenant compte les changements d'état : évaporation, condensation, solidification. Il développe aussi des recherches pour les écoulements à phases dispersées incluant les interactions turbulence/particules, la dynamique des milieux granulaires et suspensions de particules actives ainsi que la stabilité et la transition vers la turbulence des fluides à rhéologie complexe. En milieux solides, les équipes s'intéressent aux matériaux polymères ou aux matériaux composites à

Étudier la  
matière dans  
tous ses états

matrice polymère.

Les travaux menés sont à la fois théoriques, expérimentaux et numériques. Le groupe développe des techniques de mesures innovantes pour modéliser :

- Les mécanismes de transfert de chaleur et de masse dans les gouttelettes et dans les sprays
- Les comportements des fluides complexes dans des écoulements réactifs
- Les liens entre microstructures et comportement macroscopique en mécanique des suspensions et milieux granulaires
- Les liens entre les nano/microstructures et le comportement à l'échelle macroscopique pour obtenir une description fine des propriétés (thermo)mécaniques des matériaux polymères et composites solides.

# ÉNERGIES ET TRANSFERTS

Le groupe Énergie et Transferts étudie les phénomènes de transferts de chaleur et de matière dans les milieux complexes qu'ils soient inorganiques ou organiques. Selon les thématiques abordées, ces recherches sont conduites à différentes échelles d'espace et de temps du microscopique au macroscopique. Elles prennent en compte les couplages caractéristiques des milieux ou processus étudiés.

Les activités associent à la fois l'expérimentation sur des plateformes, la modélisation théorique des mécanismes de transport et le développement de simulations numériques dédiées. **C'est une caractéristique forte du groupe que l'on retrouve dans les 4 équipes de recherche, déclinée selon leurs spécialités : feux, sols, acoustique et matériaux.** Cette approche

complémentaire participe à la reconnaissance des équipes de recherche tant au niveau national qu'international comme en attestent les nombreux projets collaboratifs initiés au cours de ces dernières années. Enfin, la recherche qui y est développée concerne à la fois des aspects fondamentaux et appliqués.

TRANSFERTS THERMIQUES

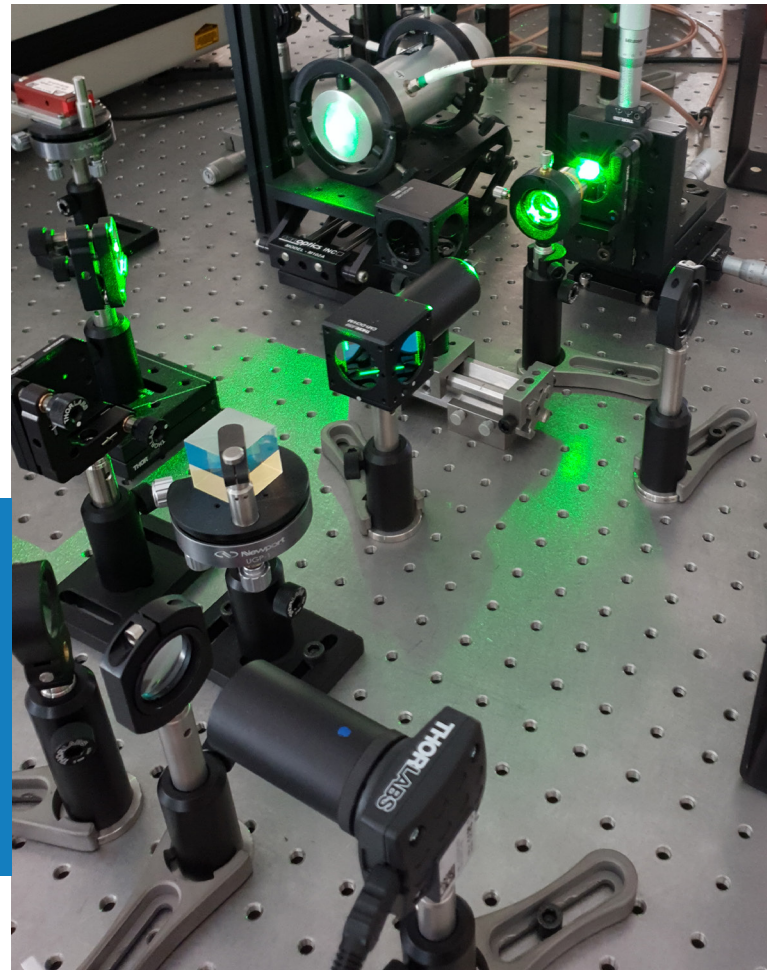
NANOTHERMIQUE

GÉOTHECHNIQUE

MILIEUX POREUX

ACOUSTIQUE

• • •  
• Suivre et modéliser les transferts de chaleur et de matière  
• • •



# VECTEURS ÉNERGÉTIQUES

Les activités du groupe s'appliquent aux trois vecteurs énergétiques que sont la chaleur, l'hydrogène et l'électricité. L'idée centrale qui structure ce groupe est d'aborder des problématiques transverses qui concernent 2 familles d'applications principales :

- Les micro-réseaux d'énergie multi-sources et multi-vecteurs
- L'optimisation du fonctionnement et/ou l'accroissement de la durée de vie des composants et systèmes énergétiques.

Les micro-réseaux d'énergie multi-sources et multi-vecteurs sont des systèmes à puissance et autonomie limitées avec de fortes contraintes de fiabilité et de disponibilité. Leur fonctionnement optimal repose sur

une bonne intégration des caractéristiques des éléments de production, de conversion et de stockage de l'énergie.

Quelle que soit leur nature - thermique ou électrochimique, les convertisseurs énergétiques sont en forte interaction avec le système dans lequel ils sont intégrés : dans certains cas, ils imposent une architecture adaptée à leur fonctionnement, dans d'autres cas ils doivent s'adapter à leur environnement énergétique.

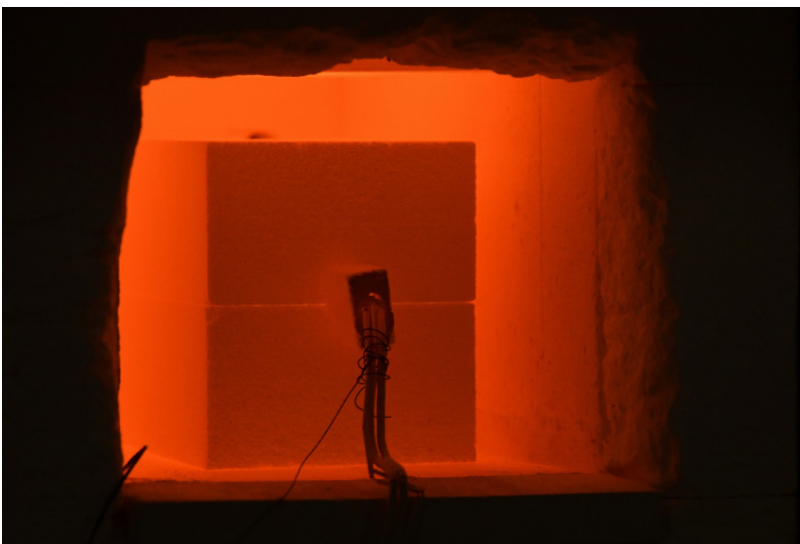
Le groupe vecteurs énergétiques cherche à tirer le meilleur parti de cette intégration pour aborder les axes suivants :

- Réduire ou limiter les sollicitations du système qui affectent la durée de vie de ses composants, ou accroître la durée de vie par la

mise en place d'une architecture du système plus adaptée

- Augmenter les performances des éléments de conversion par une meilleure adéquation des sources d'énergie et du réseau
- Déterminer les propriétés thermiques des systèmes y compris leur fonction de transfert.

• Utiliser de nouvelles énergies performantes et renouvelables



Dispositif de mesure des propriétés thermiques des isolants à haute température

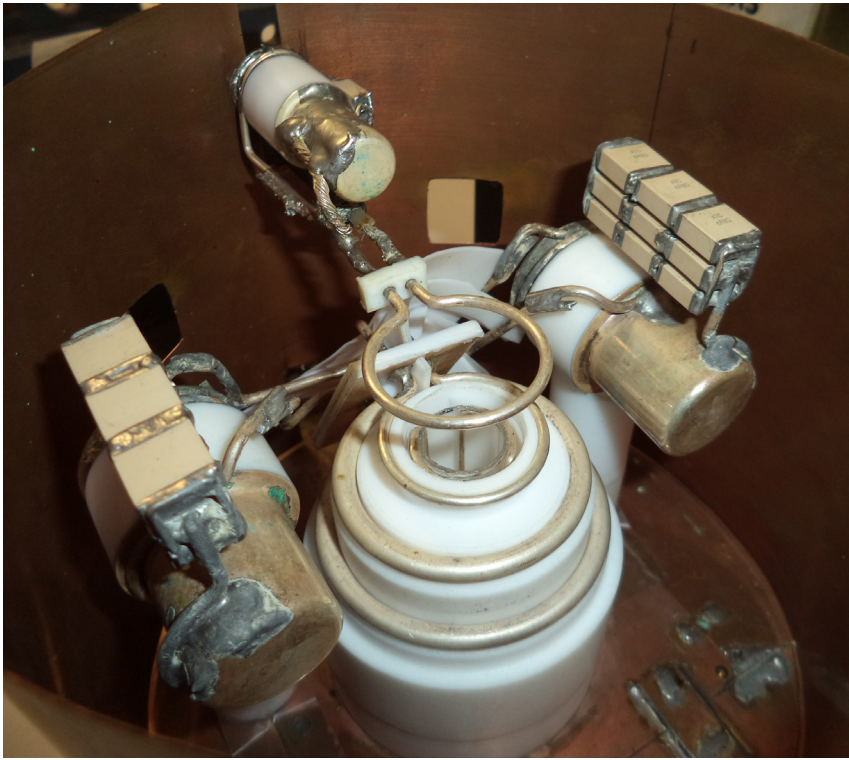
ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE

HYDROGÈNE

THERMIQUE

MICRO-RÉSEAUX

ÉLECTROCHIMIE



Bobine radiofréquence pour la spectroscopie RMN dans les matériaux à temps de relaxation courts

••••  
• Observer les écoulements et les transferts à travers la matière opaque avec la RMN  
••••

## IRM POUR L'INGÉNIERIE

Cette équipe travaille sur des thématiques associant les phénomènes de transport de masse en milieux complexes et des approches expérimentales basées sur le phénomène de résonance magnétique nucléaire (RMN). La RMN est en effet un outil efficace, souvent complémentaire des autres métrologies utilisées au laboratoire, pour obtenir des informations sur la structure et la dynamique depuis

l'échelle moléculaire - spectroscopie RMN - jusqu'à l'échelle millimétrique - imagerie IRM. Les savoir-faire et les équipements de la plateforme expérimentale sont mis au service des autres équipes de recherche pour permettre l'étude de systèmes fluides au sein de milieux poreux, de fluides à rhéologie complexe, d'écoulements, de matériaux pour l'énergie etc.

IRM

RMN

MILIEUX POREUX

VÉLOCIMÉTRIE

# NOTRE PLATEFORME EXPÉRIMENTALE

Le LEMTA est doté d'une plateforme métrologique, organisée en 9 pôles, qui développe des techniques de mesure particulièrement innovantes. Cette plateforme offre, tant en interne qu'en externe, un ensemble de dispositifs expérimentaux et des moyens humains au service de la recherche et des industries.

## CARACTÉRISATION THERMIQUE ET OPTIQUE DES MATÉRIAUX ET SYSTÈMES

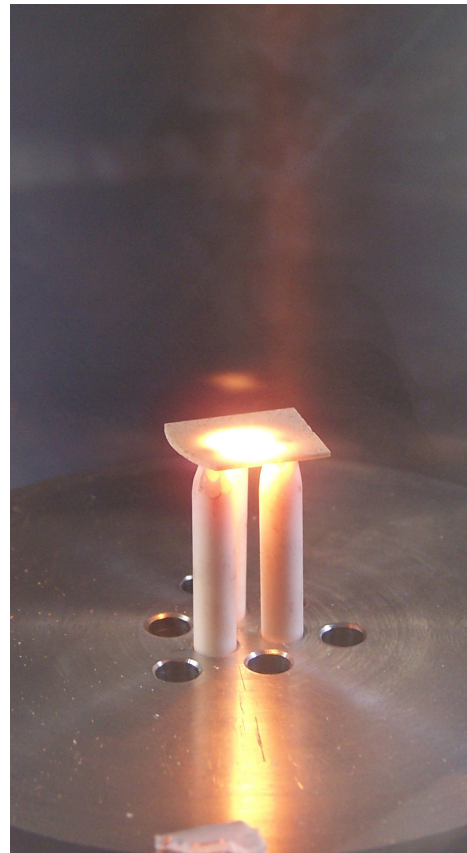
Déterminer les propriétés physico-chimiques et thermiques des matériaux complexes dans des conditions thermiques extrêmes de flux et de température à l'aide de techniques de mesures multi-échelles.

## DIAGNOSTICS LASER ET TRANSFERTS

Concevoir des techniques de mesure optique qui reposent sur l'interaction rayonnement/matière et la diffusion de la lumière.

## MÉCANIQUE DES SOLS

Associer les facteurs environnementaux au développement d'essais avancés en mécanique des sols et géotechnique.



Étude d'un échantillon d'oxyde de titane à haute température

## HYDROGÈNE ET SYSTÈMES ÉLECTROCHIMIQUES

Étudier les performances et les conditions de vieillissement des piles à combustible et des électrolyseurs en analysant les phénomènes de transferts de charge, de chaleur et de matière.

## MICROGRID MULTIVECTEURS

Penser et développer des architectures de puissance optimales au service de l'efficacité énergétique et de la qualité du réseau électrique tout en tenant compte de 3 facteurs clés : durabilité, disponibilité et fiabilité.

## PLATEFORME SUR LES SCIENCES DES INCENDIES

Étudier les feux et la réaction au feu des matériaux pour comprendre le rayonnement thermique des flammes et les mécanismes d'inflammation, de propagation et d'extinction.

## RHÉOLOGIE FLUIDE

Observer les fluides complexes tels que les gels, les milieux granulaires, les poudres, les émulsions, les suspensions de particules y compris actives, pour définir les lois de comportement qui les caractérisent à l'aide de méthodes optiques en particulier.

• • •  
• Notre point fort :  
concevoir des  
techniques  
expérimen-  
tales uniques et  
sur-mesure

## RÉFÉRENCIEMENT PLUG IN LABS

Ces moyens expérimentaux sont référencés dans Plug in Labs Lorraine. Déployé en décembre 2020, ce portail numérique présente sous la forme de fiches synthétiques les compétences scientifiques et les plateformes techniques des unités de recherche. Plug in Labs Lorraine cartographie les compétences dans le but de les promouvoir. Cet outil est destiné à favoriser les échanges avec les entreprises et les communautés scientifiques nationales, européennes et internationales.

Découvrez la fiche détaillée de nos plateformes sur leur site web :

[www.pluginlabs.univ-lorraine.fr](http://www.pluginlabs.univ-lorraine.fr)

## RHÉOLOGIE SOLIDE

Étudier les propriétés thermomécaniques des matériaux polymères et composites pour connaître leur comportement dans différentes conditions au moyen d'essais mécaniques couplés à des méthodes optiques.

## SPECTROSCOPIE ET IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE NUCLÉAIRE

Observer et mesurer des écoulements, des températures et des vitesses dans des milieux opaques avec les méthodes RMN et IRM.

RÉOPHYSIQUE

2020-2024

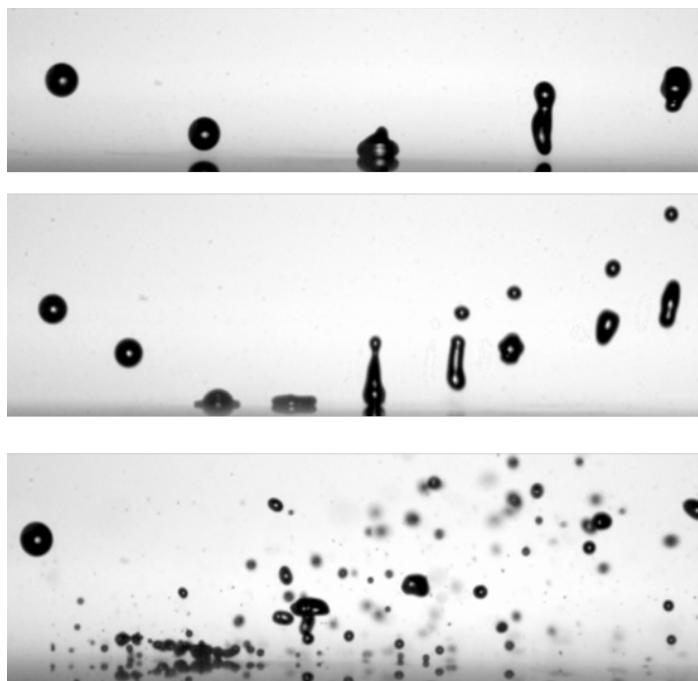
### Une solution prometteuse pour le refroidissement des datacenters

Projet DROPSURF | ANR

Le refroidissement par spray est vu comme une solution prometteuse pour refroidir les processeurs des supercalculateurs, les serveurs des datacenters qui nécessitent pour fonctionner de dissiper des flux de chaleur de plus en plus élevés.

Ce projet explore les possibilités de contrôler et d'intensifier le refroidissement par spray en modifiant la surface impactée par les gouttes (nano/micro texturation, mouillabilité, conductivité thermique etc.). Les études portent sur les phénomènes clés aux différentes échelles et des approches pluridisciplinaires sont mises en œuvre : élaboration et fonctionnalisation de matériaux, caractérisation microstructurale, simulations atomistiques, simulations numériques directes, métrologie avancée. Ainsi, la finalité du projet DROPSURF est d'établir des lois de dimensionnement et des modèles de transfert pour guider la conception de surfaces améliorées.

Porté par Guillaume Castanet, il s'appuie sur les compétences des laboratoires LEMTA, IJL et IMFT dans le domaine de la thermique, des diagnostics optiques, des phénomènes interfaciaux et de la science des matériaux. Il repose également sur le savoir-faire de la société DEPHIS, spécialisée dans le développement et la mise en œuvre de revêtements innovants.



Impact de gouttes sur une paroi à haute température

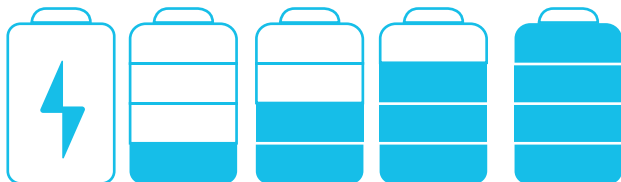


## Le LEMTA modélise un tissu capable de stocker de l'énergie

Projet PEPS CAPFIL | Cellule Energie CNRS 2020

Le développement de supercapacités filaires (tissables) est destiné, à terme, à la fabrication de tissus capables de stocker de l'électricité. Il est nécessaire de caractériser le mieux possible le comportement électrique de ces dispositifs de stockage afin de mieux comprendre leur fonctionnement et d'améliorer leurs performances.

Dans ce projet, le LEMTA prend part au développement de modèles utilisés pour la caractérisation de ces supercapacités en prenant en compte les phénomènes de transfert de charge et de matière à l'échelle locale. C'est un savoir-faire sur lequel l'équipe Hydrogène et Systèmes Electrochimiques possède plusieurs années d'expérience via la caractérisation de piles à combustible. Récemment, la collaboration s'est étendue au groupe de Joselito Razal de la Deakin University en Australie. Il fait partie des groupes pionniers dans le développement de dispositifs de stockage à base de MXene. Cette coopération a lieu dans le cadre du projet PEPS CAPFIL et du projet FEDER STOCK' NRJ fédérant plusieurs équipes du LEMTA autour du thème du stockage d'énergie.



## ÉNERGIE THERMIQUE ET ÉLECTRIQUE

### LE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE

Projet FEDER Stock'NRJ

À l'origine du projet on trouve des problématiques scientifiques associées à la transition énergétique : le stockage de l'énergie thermique et de l'énergie électrique. Il implique les compétences de 5 équipes :

- Gestion de la Chaleur,
- Transport dans les Milieux Complexes,
- Fluides et Écoulements Complexes dans l'Industrie et la Nature,
- IRM pour l'ingénierie
- Hydrogène et Systèmes électrochimiques.

Le plan d'action du projet co-financé par des Fonds Européens de Développement Régional – FEDER – s'étend sur 3 ans et demi et a été construit autour des thèmes suivants :

- Les matériaux à changement de phase, le stockage de l'énergie thermique et leur combinaison avec des mousses métalliques,
- Le stockage électro-chimique de l'énergie électrique dans des supercapacités et des batteries Redox
- L'application du calcul intensif et de l'intelligence artificielle pour aider au développement de matériaux et systèmes et à leur optimisation. C'est une belle illustration de la capacité du LEMTA à se mobiliser sur des sujets multicompetences, et cela ouvre de nombreuses perspectives.

RÉOPHYSIQUE

2020-2023

## L'optimisation énergétique des pâtes granulaires

Projet ANR PASTFLOW

Les pâtes granulaires telles que les pâtes de plâtre et les bétons frais jouent un rôle important dans la fabrication de différents produits issus des industries chimiques et de la construction. Ces matériaux sont des fluides dont les propriétés rhéologiques complexes doivent être comprises et décrites à l'aide de modèles physiques multi-échelles afin d'optimiser leurs usages en relation avec leur formulation. En collaboration avec l'Universi-

té allemande de Kaiserslautern, ce projet porte sur l'optimisation énergétique de l'étalement de pâtes granulaires par l'application de vibrations mécaniques et s'inscrit dans la continuité du projet Européen PowderReg porté par l'équipe Écoulements de poudres et de suspensions.

MATÉRIAUX INNOVANTS

2020-2023

## Des piles à combustible à basse teneur en platine

Projet Européen ALPE

“Advanced Low-Platinum hierarchical Electrocatalysts for low-T fuel cells” (ALPE) a pour ambition de développer des matériaux innovants pour piles à combustible à basse teneur en platine. Porté par l'Université de Padoue, ce projet regroupe des acteurs académiques et privés de plusieurs pays européens, notamment :

- d'Italie : Université de Padoue,

BRETON, Centro Ricerche Fiat,

- de France : Grenoble-INP, Université de Lorraine, CEA
- et de Pologne : hosting UNIWAR-SAW.

Deux équipes du laboratoire prennent part à ce projet : Hydrogène et Systèmes Electrochimiques et IRM pour l'ingénierie. Leur rôle consiste à faire une analyse fine de la performance et de la durabilité

des cœurs de pile à combustible à membrane polymère fabriqués à partir des matériaux développés par les partenaires du projet.

## Améliorer la gestion thermique par l'intelligence artificielle Nano-électronique

En nano-électronique, la gestion thermique est une préoccupation essentielle pour améliorer son efficacité. En nanostructuration, la densité de ces dispositifs est à la fois une contrainte supplémentaire, par la complexité accrue des interfaces entre les matériaux du dispositif, et une opportunité car ces interfaces peuvent être conçues de manière à optimiser les flux de chaleur. Ce projet vise à acquérir des connaissances sur l'effet des

différents arrangements, en partant de simulations au niveau quantique pour caractériser les interfaces à la méso-échelle. Les descripteurs mis en évidence par les calculs quantiques seront utilisés pour effectuer des calculs Monte Carlo à l'échelle méso, afin de simuler le transfert de chaleur dans un dispositif. Ces calculs Monte Carlo seront finalement couplés à des algorithmes d'apprentissage automatique pour optimiser la conception des inter-

faces dans le dispositif afin d'améliorer l'efficacité du refroidissement. Ce projet est mené par David Lacroix et Laurent Chaput et bénéficie d'un renfort avec un contrat doctoral, obtenu dans le cadre de l'appel à projet « Intelligence Artificielle » de l'ANR.

## Convertir l'énergie thermique en électricité SPINGREEN | Appel à projets Carnot ICEEL

Afin de garantir la sécurité énergétique dans un monde marqué par le dérèglement climatique, les énergies renouvelables doivent se substituer aux énergies fossiles. Cependant, toutes les stratégies de récolte d'énergie présentent des limites. SpinGreen propose une nouvelle approche permettant de transformer la chaleur ambiante en électricité. Le projet combine des concepts de spintronique et de physique quantique. Dévelop-

per cette technologie permettra d'obtenir une densité de puissance supérieure à l'irradiation solaire sur Terre. Le LEMTA participe et intervient sur la partie qui concerne la modélisation et la caractérisation des transferts thermiques. Porté par l'Institut Jean Lamour en association avec le LEMTA, le projet est financé pendant 3 ans par l'Institut Carnot ICEEL.

### RÉACTEURS NUCLÉAIRES

#### La simulation de matériaux à microstructures complexes Projet ANCRE | programme Sciences de base pour l'énergie

Le contexte de ce projet est lié au comportement des alliages métalliques des Réacteurs nucléaires à Eau Pressurisé (REP) en conditions extrêmes. Lors d'un accident, ces matériaux peuvent être amenés à subir une transformation de phase. Le projet consiste donc à simuler les changements ayant lieu dans les gaines de combustibles des réacteurs nucléaires à eau pressurisé, lorsqu'il y a une perte de réfrigérant primaire. Afin d'améliorer la simulation du comportement mécanique des matériaux du cœur lors de ces scénarii accidentels, l'évolution de la microstructure doit être prise en compte. Pour cela, les équipes travaillent sur l'extension du code AMITEX pour la simulation des matériaux à microstructures complexes. Porté par Julien Boisse au LEMTA, ce projet est mené en étroite collaboration avec Lionel Gélébart, créateur du code AMITEX développé au CEA.

### PRODUCTION D'HYDROGÈNE

#### Le développement de cellules d'électrolyseurs pour la production d'hydrogène

Projet ADEME «Énergies durables»  
SUPERSTACK

Porté par Gaël Maranzana, ce projet s'inscrit dans la continuité des activités de l'équipe Hydrogène et systèmes électrochimiques sur l'électrolyse à membrane échangeuse de protons (PEM) lancées en 2017. En collaboration avec Air Liquide et le laboratoire LEPMI, SUPERSTACK porte sur le développement de cellules d'électrolyseurs PEM de grande taille pour la production massive et décarbonée d'hydrogène. Dans ce cadre, un nouveau doctorant a été accueilli en octobre 2020 : Toni Srour. Sous la direction de Gaël Maranzana et de Jérôme Dillet, son sujet de thèse concerne la caractérisation des hétérogénéités de fonctionnement par cellules segmentées et instrumentées.

# PARTENARIATS

## COOPÉRER

### L'accord-cadre avec le CSTB dans le domaine des incendies est reconduit

Partenariat entre l'Université de Lorraine et le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment - CSTB

Le contrat cadre entre l'Université de Lorraine et le CSTB a été renouvelé pour la période 2021/2025. Cette collaboration implique l'équipe Feux et couvre le financement de 3 thèses et de 2 post-doctorats pour 5 ans. Ce partenariat vise à développer des travaux de recherche communs dans le domaine des incendies allant de la dégrada-

tion thermique des matériaux jusqu'aux techniques d'extinction et de mise en sécurité des biens et des personnes. L'idée est de créer un laboratoire "sans mur" entre les 2 équipes pour partager idées et métrologies mais aussi réaliser des essais feux sur des bâtiments.

De nombreuses thématiques autour des incendies sont explo-

rées, telles que :

- le risque incendie en lien avec le matériau bois dans la construction,
- la protection active contre l'incendie,
- les systèmes d'extinction,
- la métrologie thermique.

### Canopée : un nouveau laboratoire commun dédié à l'étude des matériaux

Coopération entre le LEMTA et Saint-Gobain Recherche

Le CNRS, l'Université de Lorraine et Saint-Gobain ont signé le 23 octobre 2020 la création d'un laboratoire commun, Canopée, dédié à l'étude de matériaux et systèmes en conditions extrêmes de température. Son objectif est de diminuer l'empreinte carbone des procédés de fabrication à haute température. Pour relever ce défi, ce laboratoire « hors les murs » associe des experts du LEMTA, du CEMHTI et de 2 centres de recherches de Saint-Gobain : SGR Pro-

vence et SGR Paris. Créé pour 5 ans, Canopée a pour ambition de construire une meilleure compréhension des transferts thermiques, depuis l'échelle du matériau jusqu'à l'échelle de l'installation industrielle. Il vise à développer des méthodes précises de mesure, en conditions extrêmes, des propriétés des matériaux et des grandeurs physiques caractérisant les procédés. Son originalité réside dans l'alliance de compétences sur les matériaux et les mesures thermiques.





### Le LEMTA donne naissance à un réseau national : Résonance Magnétique et Énergie | RME octobre 2020

#### **Faire de la résonance magnétique un outil incontournable pour la recherche dans le domaine de l'énergie, telle est l'ambition de ce nouveau réseau.**

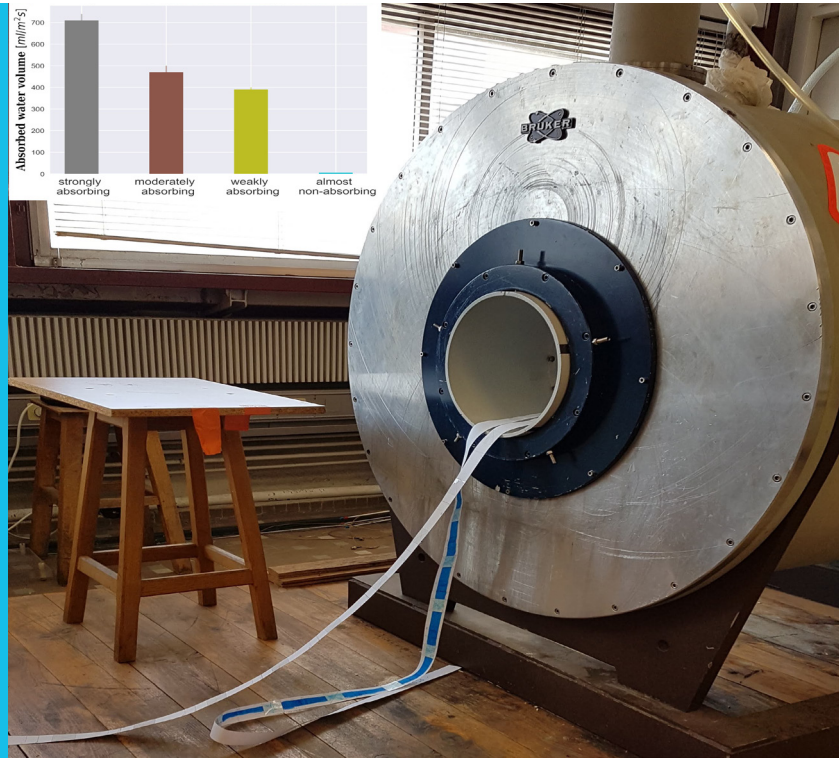
Les modes de production et d'utilisation de l'énergie sont en pleine mutation et la recherche fondamentale est plus que jamais nécessaire pour accompagner la transition énergétique et porter les ruptures potentielles. Les outils et méthodes d'étude des phénomènes mis en jeu dans les procédés de production, de conversion et d'utilisation de l'énergie doivent nécessairement être versatiles et adaptables. Les objets de l'énergie sont en effet multi-formes : catalyseurs solides, électrolytes polymères, fluides complexes, matière molle, bioproduits... et sont imbriqués dans des dispositifs complexes (batteries, pile à combustible, réacteur chimique...). Depuis un certain nombre d'années, le LEMTA possède une expertise en spectroscopie de Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) et en imagerie IRM. Ces méthodes

ont la particularité d'être applicables sur la matière dans les états liquides et solides, pour étudier la structure et la morphologie d'un échantillon, caractériser la diffusion ou l'écoulement d'une phase liquide dans un milieu complexe ou encore imager un système avec une variété importante de sources de contraste.

Dans ce contexte, le LEMTA et 9 autres laboratoires ont répondu début 2019 à l'appel à projet de l'alliance ANCRE « Sciences de Base pour l'Énergie ». Ce projet a servi de point de départ pour la création du réseau RME. Les actions du nouveau réseau ont notamment pour objectif de dégager les verrous techniques et scientifiques qui limitent actuellement l'utilisation à plus grande échelle des outils de RMN/IRM dans la recherche en énergie.

Le réseau est composé des laboratoires Navier, CEA IRIG, CEMHTI, BioMaps, CRM2, PHENIX, INRAE (plateforme AgroResonance et unité OPAALE), et IFPEN.





Mesures par IRM de longueurs de pénétration d'encre dans des échantillons de papier

## L'équipe IRM et l'Université technologique de Graz en Autriche s'associent pour améliorer la qualité de l'impression sur papier

La compréhension des phénomènes d'imprégnation et de séchage de liquides dans le papier est fondamentale pour l'optimisation de la qualité de l'impression par jet d'encre. L'équipe IRM pour l'ingénierie étudie en collaboration avec l'«Institute of Biobased Products and Paper Technology» de l'université de Graz en Autriche comment les liquides comme l'eau ou l'encre imprègnent des feuilles de papier revêtues de traitements de

différentes natures. Grâce à la spectroscopie et à l'imagerie par résonance magnétique, il est possible de déterminer la longueur de pénétration des liquides et la forme des profils de concentration après l'imprégnation. La méthode, qui permet aussi de mesurer la composition de mélanges liquides au travers des feuilles de quelques centaines de microns d'épaisseur, pourrait intéresser les industriels de l'impression.



Conditions d'inflammabilité de panneaux en bois obtenues à l'aide d'un panneau gaz étendu

### Des essais feux pour optimiser la sécurité incendie des bâtiments Collaboration avec le LERMAB

En collaboration avec le Laboratoire d'Etudes et de la Recherche sur le Matériau Bois, des essais d'inflammation et de dégradation de panneaux en bois soumis à un flux de chaleur ont été conduits à Epinal. Le but de cette campagne expérimentale est d'étendre les essais effectués à une plus petite échelle avec un dispositif de type cône calorimètre. Cette technique permet de définir les conditions d'inflammation des panneaux bois avec des conditions thermiques proches de celles rencontrées lors des incendies. Il s'agit de vérifier que les résultats observés à petite échelle sont également applicables à plus grande échelle.

Ces travaux s'inscrivent dans l'étude de la sécurité incendie de structures en bois pour l'habitation (immeubles de grande hauteur) ou pour des bâtiments publics (parkings aériens ou autres). Ils ont pour objet de caractériser le comportement du bois lorsqu'il est soumis à un incendie. La mesure de la résistance des structures d'habitation fait également partie de l'étude pour savoir si l'évacuation des occupants et l'intervention des opérations de secours peut s'effectuer à temps.





## Travail inter-équipes dans le cadre d'une collaboration industrielle avec l'IRSN

Lors d'un accident de perte de réfrigérant dans le circuit primaire (APRP), l'eau dans la cuve du réacteur nucléaire peut s'évaporer et le refroidissement du cœur est compromis. La température de l'assemblage combustible peut alors augmenter rapidement et produire un ballonnement des gaines combustibles.

Ce ballonnement peut boucher plus ou

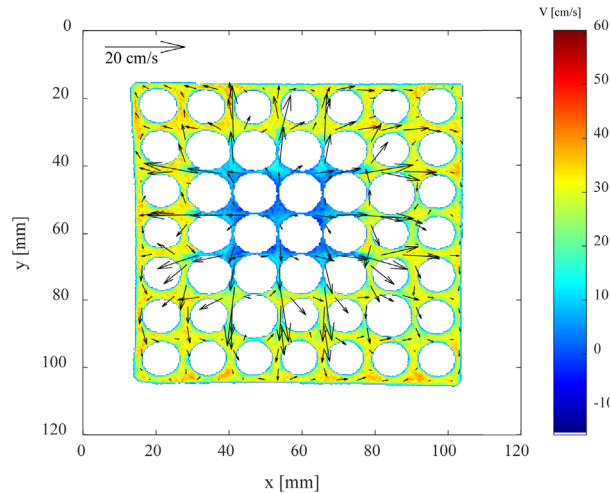
moins sévèrement quelques sous-canaux fluides, aggravant la capacité à les refroidir lors du renoyage du cœur par de l'eau borée. Afin de mieux caractériser l'effet du ballonnement des gaines sur la thermo-hydraulique lors d'un accident de perte de réfrigérant primaire, l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire - IRSN - a

lancé en 2013 le projet ANR PERFROI auquel est associé le LEMTA. Une campagne expérimentale, appelée MASCARA, visant à caractériser l'écoulement dans des sous-canaux modèles a débuté en 2020. Entièrement conçue et développée au LEMTA par ses services communs, l'expérience MASCARA

consiste à mesurer par IRM les champs de vitesses 3D dans des assemblages modèles contenant 49 crayons dont 16 ballonnés. Plus de 4800 images ont été traitées pour obtenir 1207 champs de vitesse 3D pour cinq géométries testées à quatre débits d'écoulement différents. Pour le débit le plus élevé, des vitesses supérieures à 3 m/s ont été mesu-

rées. Ces résultats sont importants pour la validation du code DRACCAR - Déformation et Renoyage d'un Assemblage de Crayons Combustibles pendant un Accident de Refroidissement - développé par l'IRSN. Ce code permet de faire des simulations de la thermohydraulique de l'écoulement et de la thermoméca-

nique des assemblages pendant un accident de type APRP. Arthur Oliveira, postdoctorant sous la direction de Michel Gradeck, a réalisé les mesures avec Sébastien Leclerc et Didier Stemmelen de l'équipe IRM du LEMTA. Les résultats obtenus ont été valorisés par 3 publications.



Exemple de champ de vitesse 3D mesuré par IRM dans une partie déformée de l'assemblage



# SOUTENANCES

## DE THÈSE 2020

### MARS

#### FLUIDES

**Alejandro Villarreal**

**Larrauri**

10 mars 2020

Analyse et modélisation des processus de refroidissement sous eau des lits de débris et des bains de corium en interaction avec le béton

### MAI

#### HYDROGÈNE

**Milad Bahrami**

27 mai 2020

Contribution à l'élaboration d'un système de gestion des piles à combustible

...

#### HYDROGÈNE

**Julian Parra Restrepo**

29 mai 2020

Caractérisation des hétérogénéités de fonctionnement et de dégradation au sein d'un électrolyseur à membrane échangeuse de protons (PEM)

### JUIN / JUILLET

#### GÉOTECHNIQUE

**Soheib Maghsoodi**

17 juin 2020

Comportement thermo-mécanique de l'interface sol-structure sous des charges monotones et cycliques dans le contexte des géostructures énergétiques

...

#### GÉOTECHNIQUE

**N'guessam Kouakou**

8 juillet 2020

Comportement mécanique des sols grossiers hétérogènes à matrice

## PRIX DE THÈSE

**Giuseppe Sdanghi**

Lauréat du prix de thèse

Giuseppe Sdanghi fait partie des 8 docteurs lauréats des prix de thèse de l'Université de Lorraine. Il a soutenu mardi 11 juin 2019 sa thèse préparée sous la direction de Vanessa Fierro de l'Institut Jean Lamour et de Gaël Maranzana au LEMTA sur le sujet : Développement d'un compresseur hybride d'hydrogène : électrochimique à basse pression / adsorption à haute pression.



## OCTOBRE

.....

### THERMIQUE

**Anas Metjari**

12 octobre 2020

Transferts et métrologie thermique de nano-objets semi-conducteurs par microscopie thermique à balayage

...

### FEUX

**Lucas Terrei**

16 octobre 2020

Comportement au feu du matériau bois : auto-inflammation, dégradation et auto-extinction

...

### GÉOTECHNIQUE

**Marvin Middelhoff**

18 octobre 2020

Comportement hydro-mécanique des matériaux de remblai à base d'argile dans les conditions géo-environnementales

## NOVEMBRE

.....

### FLUIDES

**Mehdi Stiti**

10 novembre 2020

Modélisation et développement de diagnostics optiques pour la caractérisation de gouttes surfondues en écoulement ou en interaction avec un substrat sous-refroidi

...

### FLUIDES

**Romain Collignon**

20 novembre 2020

Étude des transferts de chaleur dans un film ruisselant à instabilités de surface par des méthodes de fluorescence induite par laser

## DÉCEMBRE

.....

### POUDRES

**Arthur Pascot**

1<sup>er</sup> décembre 2020

Rhéologie et propriétés de vidange de milieux granulaires modèles: application à l'écoulement en silo

...

### CHALEUR

**Célien Zacharie**

14 décembre 2020

Modélisation des transferts thermiques instationnaires par modèles paramétriques : application à un four industriel de brasage sous vide

...

### GÉOTECHNIQUE

**Mojdeh Lahoori**

17 décembre 2020

Comportement thermo-hydro-mécanique des remblais de stockage énergétiques

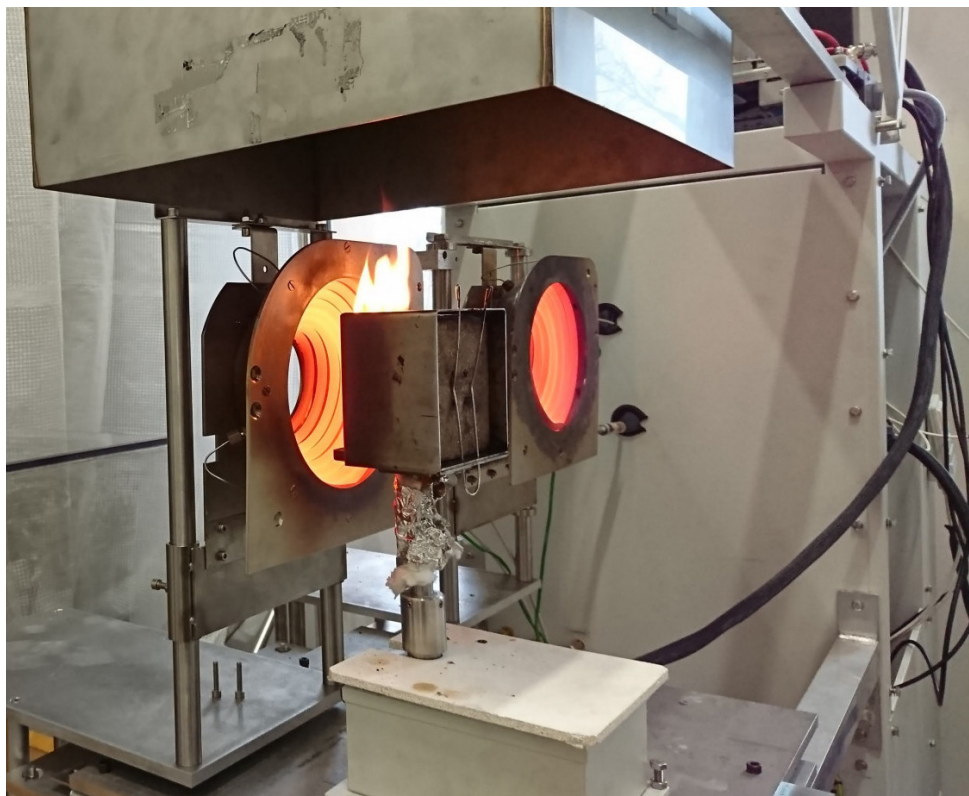
...

### POUDRES

**Shirin Enferad**

17 décembre 2020

Compactage et vieillissement des poudres: influence de la formulation



Essai sur l'inflammabilité du bois sous des conditions de flux thermiques donnés

## Un brevet pour le multiple cône coulissant Feux

Le cône calorimètre est un dispositif expérimental à l'échelle du matériau (10 cm x 10 cm) qui permet d'imposer un flux prescrit constant à un matériau et d'étudier la réaction au feu de celui-ci. Ce dispositif est couramment utilisé dans la communauté incendie. Les travaux de thèse de Lucas Terrei ont très vite mis en évidence les lacunes existantes sur ce dispositif si une étude complète du comportement au feu d'un matériau est effectuée

(de son inflammation à son extinction). En conséquence, et dans l'objectif de déterminer des critères simples d'extinction du matériau bois, 2 cônes chauffants ont été disposés sur un système de table coulissante. Cette nouvelle configuration permet de passer rapidement d'un flux de chaleur (provenant de l'un des cônes) à un autre (issu de l'autre cône) produisant des conditions de flux maîtrisées. Le principal avantage du dispositif est que la

perte en masse peut être mesurée en continu, même lors du passage d'un flux à l'autre tout comme la température de surface, mesurée grâce à une caméra infrarouge observant la surface exposée au travers de la troncature du cône. Le brevet de ce dispositif a été déposé le 15 juillet 2020.

### Les rencontres du GDR Feux 3 & 4 décembre 2020

L'équipe Feux a organisé les 28<sup>ème</sup> rencontres du Groupement de Recherche (GDR) Feux. Cet événement 100% en ligne s'est tenu les 3 et 4 décembre et a rassemblé 90 personnes. Les participants ont pu assister à une table-ronde sur l'impact de la sécurité incendie sur la conception industrielle dans la construction marine. Sur les 3 demi-journées, une quinzaine de présentations a été exposée, dont 3 par des membres de l'équipe. Ces rencontres sont l'occasion pour l'ensemble des acteurs s'intéressant à la sécurité incendie (de l'opérationnel au chercheur académique) de

partager leurs expériences dans le domaine et d'identifier les verrous scientifiques et techniques de cette filière. Les objectifs du GDR «feux» sont de faire progresser la compréhension sur les phénomènes couplés intervenant dans l'incendie, de faciliter les approches interdisciplinaires pour lever les obstacles scientifiques et de renforcer un réseau national. L'équipe feux du LEMTA est particulièrement active dans le GDR, contribuant à favoriser les échanges entre acteurs académiques, centres techniques, industriels et opérationnels.





## Journée scientifique et technique du Comité Français de Mécanique des Sols 31 janvier 2020

Adel Abdallah, de l'équipe Mécanique des sols et Géotechnique, a coorganisé une journée scientifique et technique au CNAM à Paris sur la thématique du **Big Data et du Machine Learning et leurs applications en Géotechnique**. Elle a marqué le démarrage des activités du groupe de travail constitué par le Comité Français de Mécanique des Sols. Ce groupe miroir du Technical Committee de la Société Internationale de Mécanique des Sols et de Géotechnique (ISSMGE) regroupe

20 personnalités du monde académique et industriel. Cette journée fait écho à l'intérêt grandissant dans la communauté géotechnique française pour ces approches qui sont au cœur de la montée en puissance de l'intelligence artificielle. Elle a rassemblé plus de 120 participants et a permis des débats riches autour des enjeux et perspectives de ces nouvelles approches en Géotechnique.

## E-forum Acusticum

7 au 11 décembre 2020

L'équipe Acoustique a participé au e-Forum Acusticum 2020. 700 présentations orales et 56 présentations par affiches ont été proposées aux 1100 participants. Différentes contributions scientifiques ont abordé tous les domaines de l'acoustique et présenté les résultats les plus récents. Ce congrès international est organisé conjointement par la Société Française d'Acoustique et le Forum Acusticum. Joël Ducourneau et Adil Faiz ont pris part à 2 communications à ce congrès :

### **SCATTERING ACOUSTIC FIELD ABOVE A RIGID RECTANGULAR PARALLELEPIPEDIC SHAPE**

Adel Khanfir, Joël Ducourneau, Adil Faiz, Safa Ben Hamouda et Patrick Chevret

.....

L'étude porte sur la réflexion des ondes acoustiques pour prédire et tracer des cartographies de champ sonore dans un local avec et sans parois à relief. Elle traite de l'impact de l'encombrement sur l'absorption acoustique apparente constatée.

### **MEASURING THE PERFORMANCE OF THE HEARING AIDS ADAPTIVE DIRECTIVITY AND NOISE REDUCTION ALGORITHMS THROUGH SNR VALUES**

Balbine Maillou et Joël Ducourneau

.....

Ce travail a pour objet la mesure des performances des aides auditives de dernière génération pour améliorer l'intelligibilité dans un milieu bruyant.

## 3<sup>ème</sup> édition des rencontres éco-tech

15 décembre 2020

Ce rendez-vous national des acteurs de l'innovation et de la R&D dans l'énergie a rassemblé plus de 320 participants. Cette nouvelle édition avait pour objectif de favoriser la relance de la dynamique de développement de la filière par l'innovation. L'économie et la lutte contre le changement climatique devront bénéficier d'une politique d'investissement et de relance forte, axée sur la décarbonation, la réindustrialisation et la souveraineté industrielle et énergétique. A cette occasion, Olivier Farges de l'équipe Gestion de la chaleur, a donné une conférence sur le thème : « Les mousses céramiques : une voie vers des échangeurs thermiques plus efficaces et compact ». Il a également pris part à la rédaction d'une publication sur le thème « Décarboner les systèmes énergétiques ».

# LE LEMTA S'ENGAGE

## DÉVELOPPEMENT DURABLE

Dans le contexte de la réduction de l'impact des activités des laboratoires sur l'environnement et le climat, un groupe de travail « laboratoire responsable et durable » a été créé. Il a pour double objectif d'informer sur les mesures et les dispositifs qui sont aujourd'hui en place au laboratoire et de faire des propositions d'actions pour limiter davantage notre impact environnemental. Un questionnaire en ligne a été mis en place sur la base de propositions en accord avec les directives nationales et complétées par nos propres suggestions. Le questionnaire a été soumis à l'ensemble

du personnel du laboratoire courant novembre 2020. Une répartition équilibrée des réponses en genres, tranches d'âge et en catégories professionnelles a permis de dresser un bilan représentatif des opinions des personnels. Les réponses ont été globalement constructives et des actions potentielles à prioriser ont été identifiées. Les réflexions continuent afin de déterminer quelles mesures sont à la portée du laboratoire. Un guide des « bonnes pratiques » est en cours d'élaboration pour sensibiliser et informer sur les dispositifs en place.

## LES DISPOSITIFS MIS EN PLACE

- 1 LA PRIORISATION DES TRANSPORTS PAR LE TRAIN
- 2 UN SERVICE DE COVOITURAGE POUR LE PERSONNEL
- 3 LA MISE EN PLACE D'UN POTAGER COLLECTIF

## LE POTAGER

Dans une optique de développement durable, un potager collectif a été créé dans la cour intérieure du campus Brabois-ingénierie. Il a pour but également de favoriser les moments de partage. En plein essor, il rencontre un franc succès.





## DÉMARCHE RISQUES PSYCHOSOCIAUX

Le LEMTA s'est également donné pour mission d'évaluer les risques psycho-sociaux au sein du laboratoire. Avec l'appui du CNRS, un questionnaire a été élaboré et diffusé aux chercheurs, personnels d'appui à la recherche et doctorants. Composé d'une trentaine de questions, il s'agissait d'évaluer le risque sur une échelle de 1 à 4. Pour chaque question, il était possible de laisser un commentaire. Une note entre 1 et 2 était attribuée lorsque le risque était supportable et une note de 3 à 4 lorsque celui-ci devait être corrigé.

Les réponses recueillies ont montré une très bonne participation, allant même au-delà des 80% pour les personnels d'appui. Après analyse des résultats, aucune question n'a donné lieu à une moyenne supérieure à 1,8. C'est un très bon indicateur pour le bien être au sein du laboratoire. Cependant, certains commentaires ont fait ressortir quelques points à améliorer. Les actions pouvant être mises en place rapidement l'ont été dès la fin d'année 2020 et font l'objet d'un suivi.

100% RÉCUP

100% GRATUIT

100% BIO

0% DÉCHETS



### LES AXES PRIORITAIRES DE LA DÉMARCHE

- **CLARIFICATION DES PROCÉDURES D'ACHATS** pour aider les acheteurs dans un contexte où les tâches administratives sont de plus en plus chronophages, particulièrement celles des achats.
- **RAPPEL DE BONNES PRATIQUES POUR LE DROIT À LA DÉCONNEXION** sous la forme d'un livret diffusé à tous les membres du laboratoire.
- **EN COMPLÉMENT DU LIVRET D'ACCUEIL DES PERSONNELS, UN LIVRET SPÉCIFIQUE AUX ÉTUDIANTS ÉTRANGERS** est en cours de rédaction pour faciliter leur installation et les aider à comprendre toutes les procédures.



# LE LEMTA DANS LA PRESSE

## SÉLECTION DE SUJETS À L'HONNEUR DANS LA PRESSE

### L'Est Républicain

[Une conférence sur l'impact du réchauffement climatique](#)

9 février 2020

[Faire un plein à l'hydrogène](#)

23 septembre 2020

### Humanité Dimanche

[Réchauffement climatique. En Australie, l'effondrement durable d'un écosystème](#)

23 au 29 janvier 2020

### France 24

[Incendies, pourquoi la côte ouest américaine brûle à ce point ?](#)

11 septembre 2020

### RFI

[C'est pas du vent, les mégafeux en Australie : faut-il s'inquiéter de l'effet sèches-cheveux ?](#)

16 janvier 2020

### The conversation

[Comment fonctionnent les voitures à l'hydrogène ?](#)

22 septembre 2020

### L'instant recherche

[Hydrogène, l'élément incontournable de notre futur. \[Initiative\] L'hydrogène sur des rails](#)

25 Novembre 2020

### Boursier

[Saint-Gobain, le CNRS et l'Université de Lorraine annoncent la création de Canopée](#)

23 octobre 2020

### News Tank

[Saint-Gobain, un laboratoire commun sur les matériaux avec le CNRS et l'Université de Lorraine](#)

23 octobre 2020

### Stratégie Bourse

[Saint-Gobain, le CNRS et l'Université de Lorraine veulent créer Canopée](#)

24 octobre 2020

### Info du jour

[Nancy, le challenge du nouveau laboratoire Canopée](#)

23 octobre 2020

# Où nous trouver ?

## Nos différents sites

### 1 CAMPUS BRABOIS INGÉNIERIE

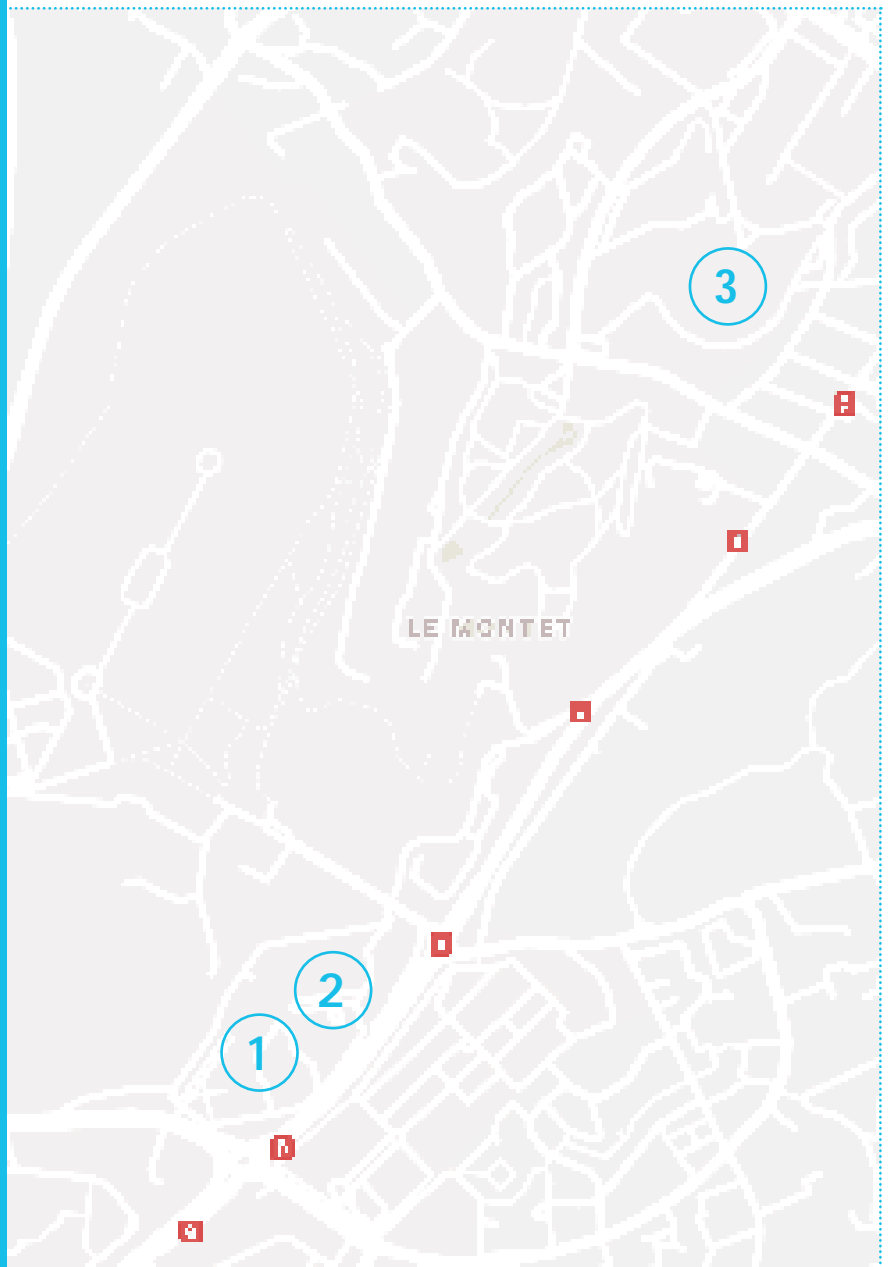
.....  
2 avenue de la Forêt de Haye  
54500 Vandoeuvre-lès-Nancy

### 2 ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE GÉOLOGIE - ENSG

.....  
2 rue du Doyen Marcel Roubault -  
BP 10162  
54505 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex

### 3 CAMPUS AIGUILLETES FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

.....  
Boulevard des Aiguillettes  
BP 70239  
54506 Vandoeuvre-lès-Nancy cedex



Conception graphique : Communication LEMTA. Photo de couverture : La fluorescence d'un colorant éclairé par un laser. Crédits photos : © AdobeStock et © Université de Lorraine | Christelle Poirel.



 @labo\_LEMTA

[lemta.univ-lorraine.fr](http://lemta.univ-lorraine.fr)