



Sciences et technologies de l'information et de l'ingénierie

Le paysage lyonnais en matière d'activités liées au département Sciences et technologies de l'information et de l'ingénierie (ST2I) est riche et varié. Nous avons choisi pour l'illustrer de nous focaliser sur l'élément essentiel de structuration actuel, l'institut Carnot, récemment labellisé dans le domaine de l'ingénierie. Un zoom est réalisé sur l'une des plus anciennes disciplines lyonnaises, que porte le Laboratoire de mécanique des fluides et acoustique. Enfin sont présentés les travaux sur les nanotechnologies et la thermique.



La recherche relevant des sciences et technologies de l'information et de l'ingénierie constitue un point fort reconnu du site de Lyon qui offre l'un des plus importants potentiels de recherche dans le domaine à l'échelle nationale.

C'est sur ce potentiel que s'est construit l'Institut Carnot Ingénierie@Lyon, qui s'appuie sur un noyau dur d'une douzaine de laboratoires¹, dont 9 UMR CNRS, cou-

vrant 4 compétences scientifiques majeures que sont la mécanique, les matériaux, le génie électrique et les microsystèmes. Ce noyau reste très lié au reste de la communauté ingénierie locale, notamment celle des physiciens, visant ainsi à élargir son spectre et ses ressources afin de répondre aux sollicitations multiformes et ambitieuses de l'industrie.

Dans l'effort de répondre aux défis socio-économiques actuels, l'Institut s'est centré sur l'ingénierie intégrée pour les transports et l'énergie. Sa vocation principale est de prendre en charge des projets complexes mobilisant des compétences diverses. Il s'agit en particulier d'organiser la pluridisciplinarité indispensable pour répondre aux besoins de R&D associés aux grands enjeux socio-économiques actuels dans lesquels les laboratoires lyonnais possèdent l'expertise nécessaire. Dans cette optique, l'Institut vise à se doter des moyens et des outils indispensables pour assurer la coordination des différentes disciplines couvertes par les équipes de recherche, au sein de véritables projets impliquant différentes équipes.

Cet ensemble mobilise des ressources humaines importantes, dont près de 300 équivalents

chercheurs, 200 ITA/IATOS et plus de 500 doctorants. Une centaine d'agents permanents relèvent du CNRS.

Dans sa vocation orientée vers l'ingénierie intégrée pour les transports et l'énergie, l'Institut s'est naturellement positionné par rapport aux structures déjà labellisées ou proposées afin d'exploiter au mieux les complémentarités et de favoriser les collaborations, dans l'esprit de la Fédération des instituts Carnot. En ce sens, des liens évidents se renforcent avec «Énergie et système de propulsion» à Rouen, au travers notamment de collaborations de longue date entre le Cethyl et le LMFA, avec les réseaux nationaux comme le Pôle national à implantation régionale «Carburants et moteurs» ou le réseau «Supersonique». Les liens avec l'Institut Français du pétrole (IFP) et le Carnot IFP-Moteurs sont également à souligner.

Par ailleurs, les laboratoires de l'institut s'impliquent dans le volet «Impact environnemental et optimisation énergétique» du cluster «Transports, territoires et société» mis en place par la région Rhône-Alpes, grâce à un travail d'identification des compétences et de coordination des recherches effectué en

2004. De plus, leurs travaux s'articulent parfaitement avec le projet orienté «Sécurité des transports» proposé par l'Inrets. Les contraintes de performance économique et celles associées à l'Environnement sont naturellement intégrées dans les problématiques proposées. L'essentiel des recherches partenariales menées par les laboratoires vise l'amélioration des performances économiques des objets, l'optimisation énergétique et la réduction des impacts environnementaux, qu'ils soient sonores, atmosphériques, ou encore associés à la production de déchets non recyclables ; ce qui implique l'identification et la modélisation des sources (acoustiques, vibratoires, rejets de fluides, etc.), domaine d'excellence des laboratoires lyonnais.

Enfin, il est utile de mentionner l'effort important de mutualisation des moyens expérimentaux effectué par les laboratoires impliqués. Il est soutenu par le contrat de projets État Région, qui mettra à disposition des chercheurs et des entreprises des plateformes expérimentales de tout premier plan dans le domaine de l'acoustique et vibro-acoustique, des machines tournantes, de la caractérisation des matériaux, de la tribologie et de la thermique.

Jacques FONTÈS

*Responsable de communication
en Rhône Auvergne*

(d'après le dossier Carnot Ingénierie@Lyon)

1. • LMFA, Laboratoire de mécanique des fluides et d'acoustique, UMR 5509, CNRS/ECL/INSA Lyon/UCBL • Laboratoire Ampere, UMR5505, CNRS/ECL/INSA Lyon/UCBL • Cethyl, Centre de thermique de Lyon, UMR 5508, CNRS/Insa Lyon/UCBL

• INL, Institut des Nanotechnologies de Lyon, UMR 5270 CNRS/INSA Lyon/ECL/UCBL • LTDS, Laboratoire de tribologie et dynamique des systèmes, UMR 5513, CNRS/ECL/ENISE Lyon • Lamcos, Laboratoire de mécanique des contacts et des structures, UMR5259, CNRS/INSA Lyon • Matéis, Laboratoire matériaux, ingénierie et science, UMR 5510, CNRS/INSA Lyon • LIMP, Laboratoire d'ingénierie des matériaux polymères, UMR 5615, CNRS/UCBL • LMI, Laboratoire des multimatériaux et interfaces, UMR 5615 CNRS/UCBL • LVA, Laboratoire de vibrations et acoustique, ER Insa Lyon • LGEP, Laboratoire de génie électrique et ferroélectricité, ER Insa Lyon

Laboratoire d'informatique en image et systèmes d'information, et Laboratoire d'imagerie paramétrique et d'informatique du parallélisme

Bien que n'appartenant pas à l'Institut Carnot sur l'ingénierie, le Laboratoire d'informatique de l'image et des systèmes d'information (Liris), UMR5205 CNRS/Insa Lyon/UCBL/Université Lyon 2/ECL) et le Laboratoire d'informatique du parallélisme (LIP, UMR 5668 CNRS/ENS Lyon/UCBL/Inria) sont deux laboratoires reconnus de Lyon. Ils comportent plus de 350 personnes à eux deux, dont près de 130 chercheurs et enseignants-chercheurs. Leurs thèmes de recherche concernent l'image numérique et les systèmes d'information pour le Liris, l'informatique distribuée, le calcul distribué et les réseaux pour le LIP. Ils sont présents dans un certain nombre de structures récemment mises en place par les ministères ou la région Rhône-Alpes : RTRA Finovi, l'Institut des systèmes complexes, le pôle de compétitivité Imaginove «Lyon Urban Truck&Bus 2015», et le cluster de recherche de la région Rhône-Alpes ISLE (Informatique, Signal, Systèmes embarqués).



Le pôle lyonnais de recherche universitaire en Mécanique des fluides et acoustique², constitué autour du Laboratoire de mécanique des fluides et acoustique, est devenu au fil des années l'un des tout premiers en France, avec près de 180 chercheurs, enseignants chercheurs, ITA et doctorants.

Pourtant, rien au départ, dans les années 60, ne prédisposait à l'implantation forte de cette discipline à Lyon, dans un paysage national où les spécificités régionales étaient déjà bien dessinées : chimie dans la vallée du Rhône, hydraulique à Grenoble, aéronautique à Toulouse... Cette aventure, on la doit à l'obstination du professeur Jean Mathieu qui, en 1962, créa le Laboratoire de mécanique des fluides à l'Ecole centrale Lyonnaise. Jean Mathieu, avant de s'orienter vers une carrière universitaire après une thèse à Grenoble, avait été ingénieur à l'Onera, ce qui lui avait permis de mesurer les besoins en recherches amont de l'industrie aéronautique. Il développa alors une équipe sur la Turbulence, avec le professeur G. Comte-Bellot, pressentant que la modélisation allait prendre une place de plus en plus déterminante dans la démarche de conception industrielle.

L'installation de l'Ecole centrale sur un nouveau campus à Ecully, en 1967, marqua un tournant important pour le jeune laboratoire qui put ainsi s'équiper en moyens de recherche performants. Le développement de l'aéronautique était, des

années soixante aux années quatre-vingt, le principal moteur des recherches en mécanique des fluides. Grâce au support de la DRME, puis de la Dret, se développa au Laboratoire une forte compétence sur les écoulements turbulents. Ce noyau dur initial s'enrichit au gré des différents recrutements. C'est ainsi que se développa l'acoustique, autour d'une équipe menée par le professeur Comte-Bellot, qui décrit ci-après la naissance du Centre acoustique du LMFA. Les recherches sur les turbomachines prirent également leur essor autour de la problématique des écoulements tridimensionnels dans les compresseurs d'aviation. L'avènement du nucléaire en France motiva également de nombreuses recherches en partenariat avec EDF et le CEA Grenoble. EDF initia un des premiers exemples «d'externalisation de la recherche», en implantant à l'ECL, en 1977, sa grande soufflerie de diffusion atmosphérique qui devait lui permettre d'étudier l'impact de l'installation des centrales sur l'environnement. Le CEA s'intéressait à la sécurité des réacteurs, et cherchait alors à développer des compétences universitaires dans le domaine des écoulements diphasiques, ce qui motiva la création d'une équipe dans cette spécialité au LMFA. Un autre secteur en plein développement était l'automobile, qui permit l'émergence d'une spécialité en aérodynamique interne des moteurs, s'appuyant sur des compétences en méthodes de diagnostics optiques et sur la modélisation numérique.

Cette évolution rapide, le LMFA la doit beaucoup à un soutien fort du CNRS, qui traduisait une véritable volonté politique. En effet, les années 70 furent celles de l'affirma-

tion en tant que discipline à part entière des sciences pour l'ingénieur, qui constitueront un département scientifique du CNRS en 1975 sous l'impulsion de Jean Lagasse. Le CNRS menait alors une politique d'association des laboratoires universitaires les plus dynamiques, dont profita le LMFA qui fut reconnu comme laboratoire associé au CNRS en 1973, une dizaine d'années après sa création. Cette reconnaissance s'accompagna de moyens, humains et matériels, qui permirent notamment le lancement de thématiques nouvelles et la création de plateformes expérimentales de taille. Ainsi, après l'aéroacoustique et la soufflerie supersonique, fut créé le banc de recherche Create sur l'aérodynamique des compresseurs de moteurs d'avion, unique en France, dans le cadre d'un financement Snecma, CNRS et Région Rhône-Alpes. Le CNRS, par l'intermédiaire du département sciences pour l'ingénieur, appuya fortement cette démarche de partenariat avec un industriel, initiée par le professeur D. Jeandel, alors directeur du LMFA.

Avec le recul des années, et dans le contexte actuel de remodelage du paysage national de la recherche, l'histoire du LMFA est instructive à plusieurs titres. D'abord, le Laboratoire se développa grâce à une volonté commune de l'Ecole centrale et de l'université Lyon 1, ce qui curieusement anticipait le Pôle de recherche et d'enseignement supérieur (PRES) de Lyon. L'Université acceptait facilement que certains de ses enseignants-chercheurs soient en poste dans une Ecole d'ingénieur (ce fut le cas de J. Mathieu), et inversement l'ECL comme l'Insa jouèrent un rôle déterminant dans la création d'une UER de Mécanique à l'univer-

sité. Le CNRS, quant à lui, cherchait à sortir du périmètre trop étroit de ses laboratoires propres en élargissant son périmètre par une politique d'association et de création d'unités de recherche... Une vision globale des forces et faiblesses lui permettait de faire émerger des compétences nouvelles. La France, à titre d'exemple, a ainsi pu arriver au deuxième rang mondial, derrière le Japon, dans la discipline des écoulements polyphasiques, fondamentaux en énergétique et en génie des procédés, grâce entre autres à une cette politique volontariste du CNRS.

Le laboratoire s'étend maintenant sur trois sites : ECL, Insa, UCB Lyon1. Il a fédéré l'ensemble des forces lyonnaises en mécanique des fluides et constitue une unité mixte inter-établissements CNRS-ECL-Insa-UCB Lyon 1. Il mène des recherches fondamentales et appliquées sur la turbulence et les instabilités hydrodynamiques, l'acoustique, les fluides complexes, les turbomachines. Ces recherches s'inscrivent dans le cadre des grands enjeux socioaux-économiques que sont les transports (aériens ou terrestres) et leur impact sur l'environnement, l'optimisation des ressources naturelles, les risques naturels ou industriels. Plus de 40 ans après la création du laboratoire, les nombreux partenariats industriels constituent toujours une source inépuisable d'inspiration pour les chercheurs, comme le souhaitait son fondateur Jean Mathieu.

Michel LANCE³
michel.lance@ec-lyon.fr

2. UMR 5509 CNRS/ECL/UCBL/ Insa Lyon

3. Professeur, directeur du LMFA

L'aéroacoustique à Lyon

L'aéroacoustique concerne le bruit rayonné par les écoulements. Ce bruit est d'autant plus intense que l'écoulement est à grande vitesse et que prédominent turbulence et instationnarité. Le bruit des avions au décollage ou le bruit des ventilateurs sont des exemples de la vie quotidienne. Pour le physicien ou l'ingénieur, la compréhension des mécanismes générant les ondes sonores et la prédiction des niveaux, des spectres et des directivités, sont des sujets essentiels.

L'École centrale de Lyon s'est investie dans l'aéroacoustique dès 1967, à son installation à Ecully. Dans le sous-sol du bâtiment de mécanique, une soufflerie atteignant 40 m/s est associée à une chambre sourde pour étudier les champs acoustiques rayonnés. Les premiers travaux publiés portèrent sur les jets subsoniques et les profils d'aube placés dans un écoulement incident sain, turbulent, ou perturbé par un sillage simulant un autre aubage placé en amont.

L'importance et la diversité des problèmes, et le dynamisme de la jeune équipe, furent remarqués par le professeur Jean Lagasse, fondateur et directeur au CNRS du secteur sciences physiques pour l'ingénieur. En 1980 Jean Lagasse prit la décision de créer un groupe de recherches coordonnées, le Greco Acoustique du Sud-Est, où notre équipe était leader et associée à d'autres équipes : l'Insa de Lyon, l'INPG

de Grenoble et le LMA de Marseille. Grâce à un subtil montage financier entre l'ECL, le CNRS, la Région Rhône-Alpes, la Datar et la DGRST, un nouveau bâtiment a été réalisé pour abriter une grande chambre sourde, de 10 m x 8 m x 8 m, et une soufflerie atteignant 75 m/s.

En 1994, Daniel Juvé prend la responsabilité de l'équipe et poursuit la montée en vitesse des moyens expérimentaux, avec l'installation dans la grande chambre sourde d'un jet fonctionnant en continu à un nombre de mach réglable entre 0.6 et 1.6. Les équipements de mesures, d'acquisition de données et de calculs sont aussi modernisés.

Des travaux expérimentaux sont alors conduits pour de nombreux

industriels. Citons notamment le Cnes pour Ariane V, Airbus pour les volets hypersustentateurs des avions, la SNCF pour le rôle du nez du TGV et celui des césures entre voitures. Michel Roger, Marc Jacob et Gilles Robert sont très impliqués dans tous ces essais et dans leurs interprétations.

Les prédictions numériques sont également développées. Elles permettent de saisir des champs spatio-temporels complets qui aident à comprendre les mécanismes générateurs de bruits. Elles sont aussi indispensables pour passer de l'échelle du laboratoire à l'échelle industrielle. Christophe Bailly, nommé en 2007 Membre junior de l'Institut universitaire de France, Christophe Bogey, chargé de recherches CNRS, et Olivier

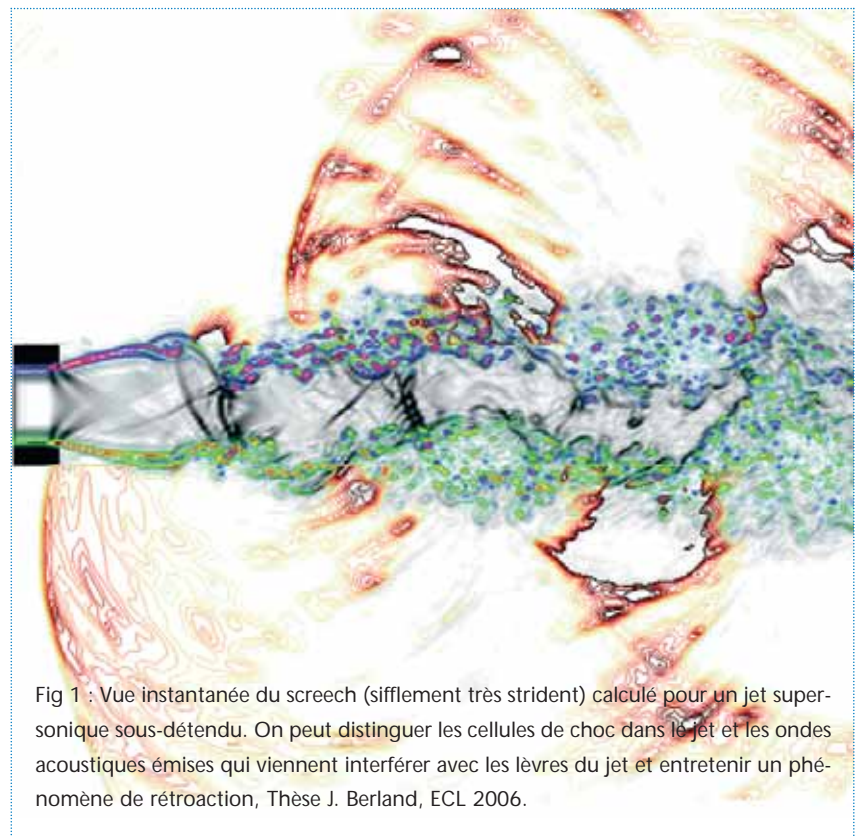


Fig 1 : Vue instantanée du screech (sifflement très strident) calculé pour un jet supersonique sous-détendu. On peut distinguer les cellules de choc dans le jet et les ondes acoustiques émises qui viennent interférer avec les lèvres du jet et entretenir un phénomène de rétroaction, Thèse J. Berland, ECL 2006.

Marsden, maître de conférences, et leurs doctorants développent des programmes performants, avec des millions de points de maillage, pour obtenir, tout à la fois, les champs turbulents et les ondes acoustiques rayonnées au loin. Les figures 1 et 2 illustrent deux résultats récents, l'un relatif à un jet supersonique et l'autre à un profil utilisé en aéronautique.

Le contrôle actif de champs acoustiques et celui des écoulements s'inscrivent également dans les préoccupations du laboratoire. Pour l'acoustique, le professeur Michel Sunyach et Marie-Annick Galland, maître de conférences, montrent qu'un revêtement bien choisi peut avoir une absorption accrue par action d'un contrôle actif, arrivant ainsi à diminuer considérablement l'épaisseur nécessaire pour le matériau. Pour les écoulements, le professeur Jean-Christophe Béra apporte ses compétences ; avec Michel Sunyach et leurs doctorants, ils font agir des micro-jets pulsés ou continus sur les zones décol-

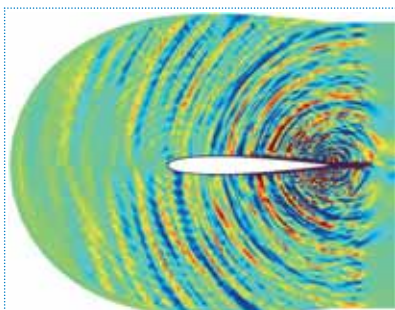


Figure 2 : Calcul des ondes acoustiques rayonnées par un profil NACA 0012 placé dans un écoulement à mach 0.22. On voit nettement les ondes sonores émises par le bord de fuite, Thèse O. Marsden, ECL 2005.

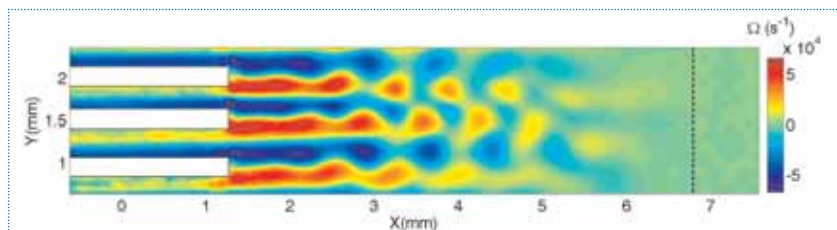


Fig 4 : Tourbillons en aval d'un stack thermoacoustique miniature, distance entre les plaques de 400 nm. Mesures par vélocimétrie à image de particules, Thèse A. Berson, ECL 2007.

lées des sillages et les zones de mélange des jet. Un exemple récent concernant un jet à mach 0.9 est reproduit sur la figure 3.

L'acoustique ne constitue pas toujours une nuisance, elle peut être bénéfique dans certains cas, comme en médecine avec l'échographie. A l'ECL, Philippe Blanc-Benon, directeur de recherche au CNRS, s'intéresse à un autre domaine prometteur, celui des réfrigérateurs acoustiques, les composés CFC étant nocifs et en voie d'interdiction. Ce nouveau réfrigérateur est formé d'un empilement ou «stack» de fines plaques, convenablement placé dans un tube fermé où l'on crée un champ acoustique

intense et résonnant. De la chaleur peut alors être transportée le long des plaques, utilisant les fines couches limites accolées à ces plaques, et au final il y a création d'une extrémité froide et d'une extrémité chaude auprès desquelles peuvent être approchés des échangeurs. La figure 4 illustre les tourbillons qui sont issus des plaques et dont il faut tenir compte pour placer les échangeurs. Avec ses doctorants, Philippe Blanc-Benon analyse également la propagation des ondes sonores dans l'atmosphère, notamment celles des bangs des avions supersoniques.

Geneviève COMTE-BELLOT⁴
acoustique.ec-lyon.fr



Figure 3 : Jet à mach 0.9 entouré de 36 microjets qui perturbent la zone de mélange proche de la buse afin de diminuer le bruit émis, Thèse T. Castelain, ECL 2006.

4. Professeur émérite de l'ECL, membre de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies



Si l'objectif des nanosciences est de comprendre les propriétés intimes de la matière, les nanotechnologies qui leur sont associées visent à élaborer de nou-

veaux matériaux et des dispositifs ou systèmes toujours plus petits et performants qui bénéficient des avantages de propriétés physiques, chimiques et biologiques nouvelles, précisément liées à la réduction.

Ancré sur deux grandes écoles : Ecole centrale de Lyon et l'Insa de Lyon, et sur l'université Claude Bernard Lyon 1, adossé au CNRS et à CPE Lyon, l'institut des Nanotechnologies de Lyon (INL)⁵ est au centre de cette démarche. Avec près de 200 chercheurs qui mutualisent leurs forces, l'Institut vise à développer un pôle régional à dimension internationale. La plateforme NanoLyon, dotée de salles blanches et de salles technologiques propres, participe à cette mutualisation.

La vocation de l'INL est de développer des recherches dans le domaine des micro et nanotechnologies et de leurs applications. Elles s'étendent des matériaux aux systèmes et permettent l'émergence de filières technologiques complètes pour plusieurs secteurs : les semi-conducteurs, la microélectronique, les télécommunications, l'énergie, la santé, la biologie, le contrôle industriel, la défense, l'environnement. Fort de ses quatre départements :

- matériaux,
- électronique,
- photonique/photovoltaïque
- Biotechnologies/Santé,

l'INL se place résolument dans les recherches de pointe.

Sa stratégie en matière de matériaux est la maîtrise totale ou partielle de filières «matériaux standard» et le développement de

nanomatériaux ou procédés originaux. S'agissant d'électronique, la technologie des systèmes sur puce, fondée sur la miniaturisation, devra associer des technologies hétérogènes ultimes à l'échelle du milliard de composants élémentaires. Pour cela, l'INL a mis en place une approche innovante, qui associe technologie, composants et systèmes - pour mieux maîtriser la modélisation et la conception des dispositifs et fonctions avancées. En nanophotonique, l'INL s'emploie à contrôler la propagation et l'interaction des photons avec la matière, dans le volume le plus restreint possible. L'intégration de fonctions optiques dans les puces silicium est un axe majeur. En matière de photovoltaïque, l'Institut relève le défi de développer des cellules de 3^e génération, combinant rendement élevé et coût de fabrication faible. Enfin, dans le domaine des biotechnologies, il s'agit de répondre aux problèmes que pose le monde du vivant, s'agissant de la santé, de la biologie et de l'environnement. L'INL aborde ces aspects sous trois angles :

- la miniaturisation des techniques d'analyses,
- la maîtrise de l'ingénierie moléculaire
- le développement d'objets finalisés non invasifs tels que les capteurs, vêtements et habitats intelligents (voir photo ci-contre).

Dans leur démarche, les acteurs de l'Institut sont en prise directe avec le cluster «Microélectronique, nanosciences, nanotechnologies» inscrit dans le plan recherche du

Conseil régional Rhône-Alpes. Leurs projets relèvent par ailleurs des thématiques de plusieurs pôles de compétitivité tels :

- Minalogic,
- Lyon Biopôle,
- Axelera,
- Lyon Urban Trucks & Bus.

L'INL couvre ainsi de grands secteurs de l'industrie avec lesquels il coopère. Il est conduit par là même à déposer plusieurs brevets par an.

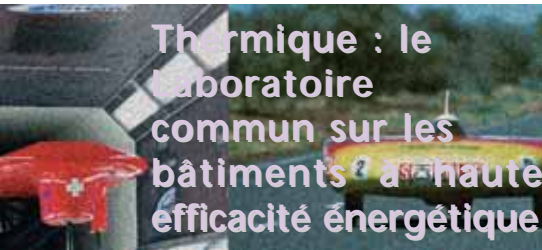
L'avenir des micronanotechnologies, en pleine expansion, place incontestablement l'INL en tant qu'acteur et partenaire majeur et incontournable de la recherche dans ce domaine.

Guy HOLLINGER⁶
inl.ec-lyon.fr/

5. INL, UMR5270, CNRS/Insa Lyon/UCBL/ECL

6. Directeur de recherche, directeur de l'INL





Thermique : le laboratoire commun sur les bâtiments à haute efficacité énergétique

En prévision du nécessaire effort de recherche en matière d'économie d'énergie, le Centre de Thermique de Lyon (Cethyl)⁷, unité mixte de recherche CNRS rattachée à l'Insa de Lyon et à l'université Claude Bernard Lyon 1, et l'équipe d'EDF «Recherche et développement» ont associé leurs travaux au sein du Laboratoire commun sur les Bâtiments haute efficacité énergétique.

Les moyens de ce laboratoire commun s'appuient sur des compétences scientifiques complémentaires, industrielles d'EDF et académiques des universitaires et des chercheurs du Cethyl. La transdisciplinarité mise en œuvre conduit à un potentiel de recherche régional exceptionnel : elle favorise les études allant des mécanismes physiques élémentaires à l'analyse globale du comportement des systèmes énergétiques et des économies d'énergie associées.

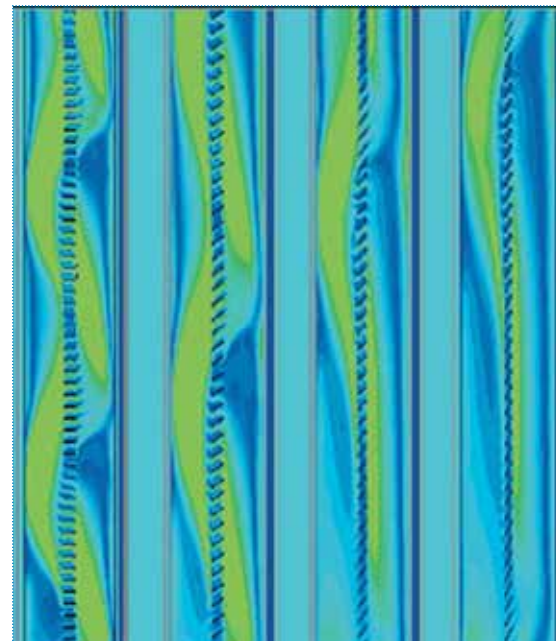
Grâce au partage et au développement d'outils communs, le Laboratoire commun Cethyl-EDF a permis d'engager des recherches originales centrées sur la maîtrise des besoins énergétiques en chauffage et climatisation des bâtiments, sur le développement des énergies renouvelables (solaires) et sur l'optimisation des systèmes. En

particulier, on peut souligner les résultats importants acquis dans plusieurs domaines :

- Les bâtiments bioclimatiques : ou comment gérer les apports solaires été/hiver, favoriser la ventilation naturelle, améliorer l'isolation et optimiser l'inertie thermique du bâtiment. Les premiers travaux s'attachent à définir un logiciel d'aide à la décision quant au choix de dispositifs d'aménagement les plus efficaces.
- La climatisation : soit faire du froid avec de l'eau et du soleil ; ou comment exploiter le potentiel énergétique du changement de phase de l'eau, générateur de rafraîchissement, ainsi que l'énergie solaire thermique, régénératrice des matériaux de dessiccation. Sur un bâtiment de 10 000 m², un potentiel d'économie d'énergie et de limitation des rejets de CO₂ significatif a déjà été démontré : les consommations primaires de climatisation ont diminué de 1/4 à 1/2 et la production annuelle de CO₂ de moitié.
- La régulation de la température dans un bâtiment : ou comment utiliser, dans les parois, des matériaux à changement de phase comme les paraffines, qui passent de l'état solide à l'état liquide (et inversement) en absorbant ou en restituant de la chaleur. Les chercheurs étudient les différentes techniques de mise en œuvre de ces matériaux pour identifier les gains potentiels,



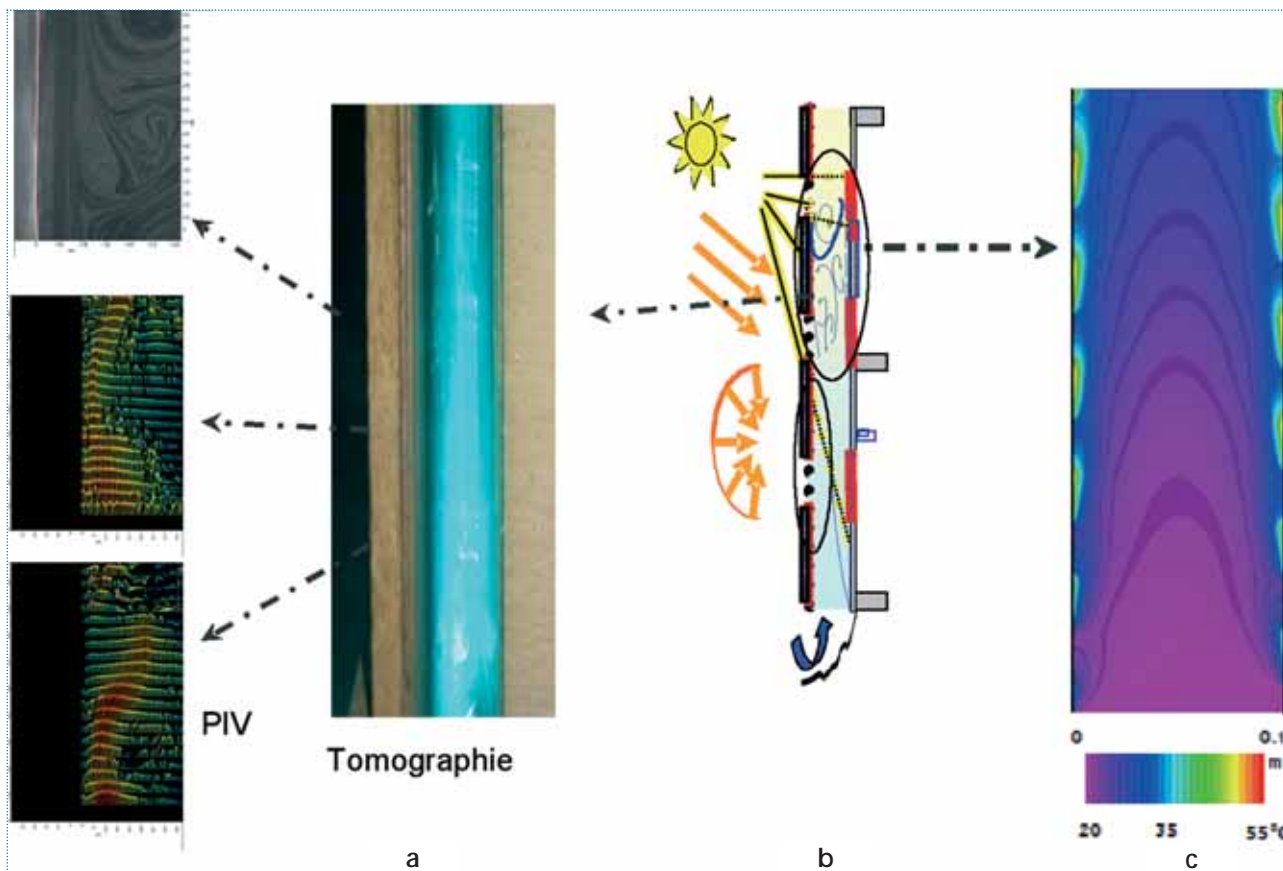
Composant photovoltaïque intégré et monitoré en conditions réelles



Ecoulement dans une paroi de type double peau avec store interne

tant en énergie qu'en puissance et en confort.

- Le vieillissement : c'est-à-dire l'analyse de la dégradation des performances des isolants ou comment comprendre les mécanismes com-



Expérimentation développée et modélisation canal vertical différemment chauffé : (a) Dispositif expérimental – (b) Configuration d'une double façade PV avec alternance de zones opaques (cellules ou modules PV) et de zones semi-transparentes (verre+résine ou verre) – (c) Modélisation du canal vertical différemment et périodiquement chauffé

plexes (transferts couplés de masse et de chaleur) qui tendent à dégrader les isolants haute performance actuels, très sensibles aux aléas climatiques.

C'est suivant la cible «facteur 4» du Protocole de Kyoto que les membres du laboratoire commun poursuivent leurs travaux,

dans des partenariats européens ou internationaux, avec la Chine notamment.

A l'heure où les problèmes énergétiques vont assez rapidement peser sur les évolutions planétaires, on sait que le bâtiment est le premier secteur consommateur d'énergie en France et en Europe. L'enjeu est de taille.

Dany ESCUDIÉ⁸
insa-lyon.fr/cethyl/

7. Cethyl, UMR5008, CNRS/Insa Lyon/UCBL

8. Directrice de recherche, directeur du Cethyl, UMR 5008