

L'Année mondiale de la physique avait été l'occasion de montrer que, dans l'académie de Lyon, la physique était «une science branchée aux multiples interfaces». On comptait en 2005, dans l'académie, 36 laboratoires associés au CNRS dont les activités «relevaient de la physique» : 8 de «physique pure», 15 de sciences de l'ingénieur, 10 de sciences de l'information et de la communication et 3 de sciences de l'univers. Au total, un effectif de 2200 personnes, dont 220 chercheurs du CNRS. Ce décompte avait permis de mettre en évidence la place très importante de la physique dans le paysage de la recherche lyonnaise. Ce très fort engagement du CNRS s'appuie sur les établissements de recherche et d'enseignement locaux : l'université Lyon 1, l'ENS Sciences, plusieurs écoles d'ingénieurs de premier rang (ECL, INSA, CPE, ...).

Les recherches effectuées vont du très fondamental à l'appliqué, dans les domaines de l'astrophysique, des particules élémentaires, de la matière condensée, de l'optique, des composants, et enfin de la mécanique des matériaux et des

fluides. La physique lyonnaise profite largement de la proximité des grands instruments grenoblois (ESRF et ILL) et du CERN à Genève, mais aussi de plateformes instrumentales locales, notamment dans le domaine des matériaux et de la simulation numérique.

Le texte qui suit développe cette présentation.

*Joseph REMILLIEUX*  
*joseph.remillieux@ipnl.in2p3.fr*

---

1. Professeur émérite de l'université Claude Bernard-Lyon 1, Institut de physique nucléaire de Lyon, directeur scientifique du projet Etoile (hadronthérapie).

---



**Aperçu historique**

L'origine de ce laboratoire remonte à 1934, l'année où Jean Thibaud crée l'Institut de physique atomique, qui progressivement va s'orienter vers la spectroscopie et la chimie nucléaires, la technique des émulsions nucléaires et de la spectrométrie nucléaire de haute résolution. Une large place était dévolue à la physique nucléaire théorique.

C'est en 1961 que ce laboratoire devient l'Institut de physique nucléaire de Lyon (IPNL) avec la construction de nouveaux bâtiments sur le site de la Doua. Il sera inauguré en 1963. Il devient alors Institut de la faculté des sciences.

A partir de 1965, un recentrage est effectué en direction de la spectroscopie nucléaire, des mécanismes de réactions nucléaires, de la chimie nucléaire et de la physique théorique. Les premières expériences auprès du synchrocyclotron nécessitent la mise en ligne des informations délivrées par les différents détecteurs. Les données seront enregistrées par un calculateur performant et traitées en temps réel. Ces premières mises en ligne, dans lesquelles l'IPNL a joué un rôle de pionnier, sont un progrès important dans la méthode expérimentale de l'époque. Des groupes techniques puissants en électronique et mécanique se développent.

1971 voit la création de l'IN2P3 et l'IPNL devient l'un de ses laboratoires. Les moyens de calcul de l'IPNL sont alors reliés à ceux, puissants, du Centre de calcul de l'IN2P3 à Paris.

Alors, progressivement, émergent quatre axes principaux : la

physique nucléaire (spectroscopie, énergies intermédiaires et ions lourds, avec des collaborations à Grenoble et Louvain), la physique des particules ou physiques des hautes énergies (avec des expériences au Cern), la physique pluridisciplinaire (collisions atomiques, chimie nucléaire,...) et la physique théorique. Ils évolueront encore pour donner, à la fin des années 90, les cinq thématiques actuelles de l'IPNL.

#### *Grands axes de l'IPNL et actions de valorisation*

- Dans l'axe «Physique des particules» (quarks et leptons), l'IPNL joue un rôle majeur en participant à l'expérience «D0» auprès du TeVatron à Fermilab (Chicago) et à l'expérience CMS auprès du LHC au Cern (Genève). Dans CMS, l'IPNL fut impliqué dans la conception et la réalisation du trajectographe silicium (fig 1) et du calorimètre électromagnétique à cristaux PbWO<sub>4</sub> (fig. 2), deux détecteurs

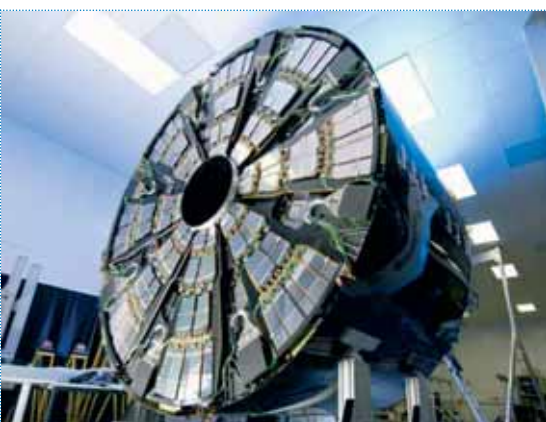


Figure 1 : Un bouchon du trajectographe de l'expérience CMS - (importante contribution de l'IPNL)

uniques au monde. Ces deux expériences ont été conçues pour la recherche de l'origine de la masse, la recherche de nouvelles particules, et l'étude de collisions d'ions lourds. De plus, un programme de recherche et développement est en cours pour le projet de détecteur Calice dans le cadre du futur collisionneur linéaire mondial ILC (fig. 3).

- L'axe «Physique des astroparticules et cosmologie observationnelle» comprend la participation à l'expérience Opera, où l'IPNL joue un rôle leader. Cette expérience, située au laboratoire du Gran Sasso (Italie), est dédiée à la recherche d'oscillations neutrinos (fig. 4). Cet axe comprend aussi la contribution à l'expérience Edelweiss II, située au laboratoire souterrain de Modane, dont le but est la recherche directe de la matière noire. La problématique de l'énergie noire est étudiée grâce à l'observation de supernovae avec un télescope à Hawaii (expérience SNIFS). Toutes ces études sont complétées par des activités de R&D : programme T2K au Japon (oscillations neutrinos), programme JDEM/-SNAP (observation avec satellite pour l'étude de l'énergie noire), programme européen Eureka pour la matière noire.
- L'axe «Matière hadronique et nucléaire» est l'aboutissement de la tradition initiale de l'IPNL (spectroscopie et mécanismes de réactions) avec une forte contribution à l'expérience Alice auprès du LHC au Cern pour l'étude du plasma de quarks et gluons. Cet axe comprend aussi la conception du nouveau

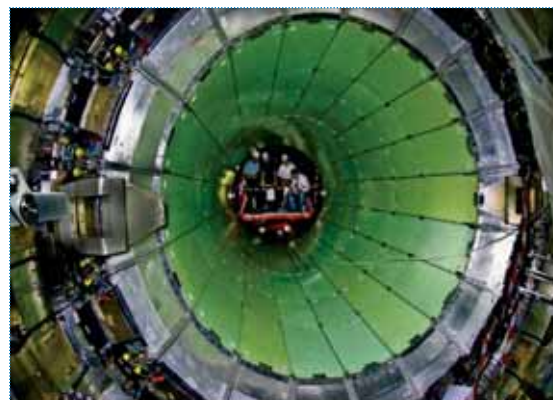


Figure 2 : Le calorimètre électromagnétique central (où l'IPNL a eu une contribution importante) installé dans l'expérience CMS

détecteur Agata pour l'étude détaillée des gammas issus des interactions nucléaires, ainsi qu'une contribution au projet Spiral2 d'accélérateur de faisceaux radioactifs ou stables de haute intensité du Ganil à Caen. Ces moyens seront utilisés pour étudier des noyaux exotiques très loin de la vallée de stabilité.

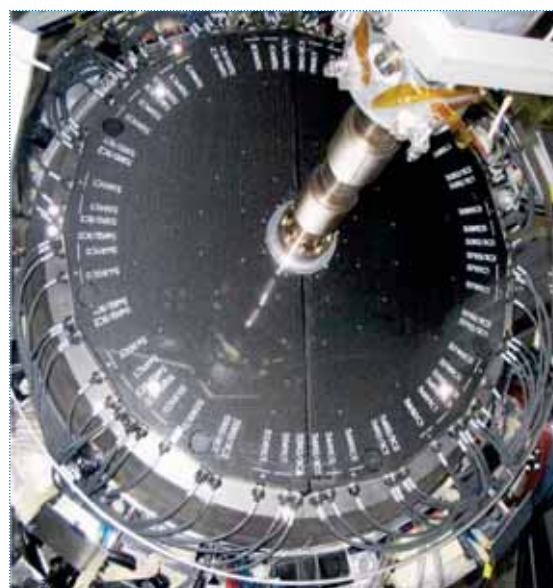


Figure 3 : Le détecteur V0 de l'expérience ALICE (contribution IPNL)

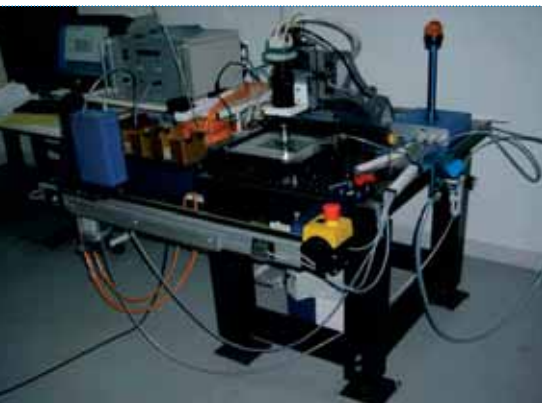


Figure 4 : Un robot avec chargeur d'émulsions (table de scan, expérience Opera)

- «Activités transdisciplinaires» : il existe dans le laboratoire de très riches activités transdisciplinaires aux interfaces de la physique corpusculaire, de la chimie et de la biologie. Citons la recherche concernant la gestion des déchets nucléaires, dans le cadre du programme Pace ; et l'effort d'ouverture vers les sciences du vivant, avec l'irradiation de systèmes nano-moléculaires composés de molécules biologiques (dispositif Diam). Une autre gran-

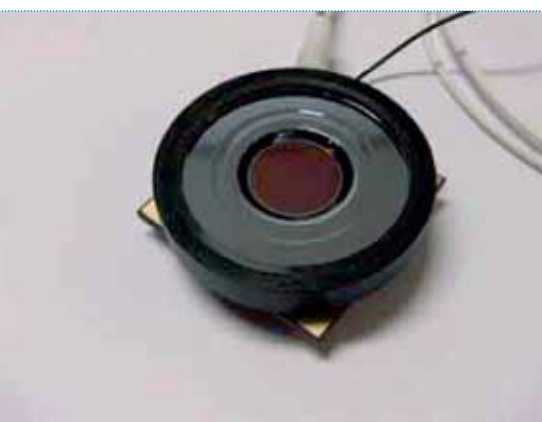


Figure 5 : Prototype fonctionnel du microphotodétecteur EB-CMOS développé à l'IPNL (première européenne).

de transversale va du fondamental (aspects de l'interaction ion-solide liés au caractère collectif des collisions) aux applications sociétales, par les recherches autour de l'hadronthérapie et de son imagerie associée, pour développer un moyen de contrôle *in-situ* et en ligne de la qualité du plan de traitement d'un cancer par irradiation d'ions carbone (dans le cadre du centre Etoile : voir l'article «hadronthérapie»). La plateforme Anafire récemment constituée donne à l'IPNL une importante expertise sur les rayonnements ionisants. Enfin, un R&D de pointe sur microphotodétecteurs CMOS semble prometteur dans le domaine médical, en biologie... (fig. 5).

- L'axe «Physique théorique» recouvre la phénoménologie des particules élémentaires, des noyaux et de la matière hadronique dans les conditions extrêmes ainsi que des études plus formelles en théorie des champs.

Les collaborations de ces thématiques sont épaulées par des services techniques permettant un support aux expériences et spécialisés en électronique, informatique, mécanique, accélérateurs, instrumentation, radioprotection, administration et logistique, ainsi que par le service Labrador, récemment créé, dédié à la métrologie de la radioactivité pour l'environnement.

**Bernard ILLE<sup>3</sup>**

*b.ille@ipnl.in2p3.fr*

---

2. IPNL, UMR5822 (CNRS/UCBL)

3. Directeur de recherche, directeur de l'IPNL

## Hadronthérapie à Lyon : le futur centre Etoile

C'est au sein de l'université Claude Bernard Lyon 1 que naquit en 1997 le projet d'implanter à Lyon une thérapie innovante des tumeurs, fondée sur l'utilisation de faisceaux d'ions légers. Cette modalité de radiothérapie, l'hadronthérapie, fut proposée par un physicien en 1946 (R. Wilson), défrichée aux USA de 1957 à 1993 (à Berkeley) et appliquée avec des ions carbone depuis 1994 au Japon et depuis 1997 en Allemagne.

Elle a montré son efficacité balistique inégalée dans le cas des tumeurs inopérables (car trop proches d'organes à risque) et son efficacité biologique, pour le traitement local des tumeurs radiorésistantes aux rayons X de la radiothérapie conventionnelle.

Néanmoins, l'hadronthérapie nécessite des équipements complexes, pour produire les faisceaux d'ions (synchrotrons de 30 mètres de diamètre ou cyclotrons cryogéniques), pour guider le faisceau jusqu'à la tumeur du patient (tête rotative de plusieurs centaines de tonnes), pour balayer la tumeur, voxel par voxel (qu'elle soit fixe, dans la tête par exemple, ou mobile, comme dans le poumon respirant) et enfin, pour contrôler le volume qui a été réellement irradié (par imagerie TEP en ligne).

Plus de 100 chercheurs lyonnais et grenoblois, médecins, physiciens, radiobiologistes et informaticiens, ont été mobilisés pour préparer

l'implantation de ce centre national Etoile à Lyon.

Etoile sera réalisé dans le cadre d'un partenariat public-privé. Les premiers patients seront accueillis en 2012, il faudra ensuite 3 ans pour atteindre 1000 patients par an. Les recherches régionales sur l'hadronthérapie vont se concentrer dans trois domaines : la radiobiologie, l'imagerie et l'assurance qualité du traitement. Au niveau national, une coordination des recherches avec la protonthérapie (à Nice et à Orsay) sera désormais assurée au sein d'un Programme national de recherche en hadronthérapie.

*Joseph REMILLIEUX*



La physique des hautes énergies est une discipline qui génère de grandes quantités de données à analyser. Ces besoins particuliers ont très tôt nécessité la création d'un centre de calcul spécialisé dans la fourniture de ressources informatiques pour cette communauté de recherche, regroupée au sein de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3). Son Centre de calcul, plus communément appelé CC-IN2P3<sup>4</sup>, a ainsi été créé au tout début des années soixante sur le campus de Jussieu, à Paris. Il a été transféré sur le domaine scientifique de la Doua (Lyon Villeurbanne) en 1986.

Le CC-IN2P3 est aujourd'hui l'un des grands centres de calcul mondiaux pour la physique des hautes

énergies, dont les trois grandes thématiques de recherche concernent aussi bien l'infiniment petit que l'infiniment grand : la physique des particules, qui a pour objet l'étude des propriétés des constituants élémentaires de la matière et permet de reconstituer le déroulement des premiers instants de l'univers ; la physique nucléaire, qui étudie les propriétés des noyaux des atomes et de leurs constituants les nucléons ; la physique des astroparticules qui étudie le rayonnement cosmique, le contenu, la structure et l'évolution de l'univers. Grâce à son équipement, composé de quelques milliers de processeurs, et à son expertise dans le traitement de grandes quantités de données et les réseaux à très haut débit, il permet aux chercheurs impliqués dans les grandes expériences de physique d'avoir accès à distance à une très grande puissance informatique.

Depuis plus de vingt ans, il a contribué au traitement des données des plus importantes expériences scientifiques de la discipline. Ainsi, l'expérience BaBar (Stanford, Etats-Unis), qui a pour objectif de mieux comprendre les mécanismes conduisant à l'absence apparente d'antimatière (Pour chaque particule de matière existe une anti-particule d'antimatière associée. Au moment du big-bang, un nombre équivalent de particules et d'antiparticules a été créé. Pourtant, l'antimatière est absente dans l'univers d'aujourd'hui). Ou bien, l'expérience Planck, embarquée sur un satellite en juillet 2008, qui permettra d'étudier le rayonnement fossile du big-bang avec une sensibilité inégalée jusqu'à présent (Elle



Le Centre de calcul de l'IN2P3

éclaircira plusieurs problèmes majeurs de la cosmologie, permettant de tester par exemple les théories décrivant l'univers juste après sa naissance et les origines de la structure du cosmos). Ou encore, les recherches menées dans l'observatoire Pierre Auger (Argentine), le plus gros détecteur de rayons cosmiques au monde (Il permet de détecter des rayons cosmiques d'énergies phénoménales avec une précision remarquable. Il n'existe pas d'explications sur la nature des processus permettant la production de ces rayons. Le projet Auger est actuellement l'unique moyen proposé à la communauté scientifique pour résoudre cette énigme vieille de plus de 30 ans).

Les physiciens ont donc très tôt compris l'intérêt que peut représenter l'utilisation de centres de calcul. Aujourd'hui, ce modèle peut très bien s'appliquer à d'autres disciplines scientifiques, telles que les sciences de la vie, et à leurs applications biomédicales. En effet, plusieurs laboratoires en sciences de la vie utilisent les ordinateurs du Centre ; ce qui permet d'accélérer considérablement leurs travaux. Un exemple : des calculs sur le génome

humain qui auraient nécessité auparavant trois ans ont été réalisés au CC-IN2P3 en seulement une dizaine de jours !

Aujourd'hui, le CC-IN2P3 doit relever un nouveau défi : le LHC (*Large Hadron Collider*), le plus grand accélérateur de particules du monde (voir encadré) sera mis en production en 2008. Avec 40 millions de collisions par seconde et  $10^{10}$  collisions enregistrées par an, les données générées par le LHC et leur exploitation représentent un véritable défi informatique par le débit et le volume des informations à traiter. La quantité de données à traiter par an est en effet équivalente à plus de mille fois la quantité d'information contenue dans tous les livres imprimés sur la planète ! Actuellement, aucun centre de calcul au monde n'est capable d'absorber autant de données. Les informaticiens ont donc dû imaginer un système capable d'analyser ces données. C'est ainsi qu'est né le projet d'infrastructure de Grille

mondiale : le W-LCG (*WorldWide LHC Computing Grid*).

La **Grille de calcul LCG** est un réseau de centres de calcul répartis dans le monde entier. Lorsqu'une demande est énoncée à un point d'entrée du système sur l'ordinateur de l'un des centres de calcul, la Grille est capable d'identifier les endroits disponibles du réseau pour fournir des ressources (stockage sur disques, stockage permanent sur bandes magnétiques, capacité de calcul, logiciels adaptés...) et de les utiliser pour satisfaire la demande du chercheur. Constituée d'une douzaine de centres de calcul lors de son lancement en septembre 2003, la Grille de calcul est aujourd'hui un réseau de plus d'une centaine de sites situés sur 3 continents : Europe, Amérique, Asie. Ces centres fournissent dès à présent une puissance de calcul comparable à celle de plus de 20 000 ordinateurs personnels « combinés » entre eux et qui devrait atteindre celle de 70 000 PC quand le LHC sera en exploitation.

Le Centre de calcul de l'IN2P3 est l'un des piliers de cette infrastructure, puisqu'il fait partie des onze centres mondiaux de premier niveau de cette grille. Mais pour relever le défi que représente le LHC, le CC-IN2P3, soutenu par le CEA, est également amené à augmenter ses ressources propres, qui devraient atteindre à l'horizon 2010 l'équivalent d'environ 17 000 ordinateurs personnels actuels et une capacité de stockage comparable à celle de plus de 4 millions de DVD ! Une augmentation qui le contraint à mettre en œuvre un projet d'extension de son bâtiment afin d'abriter l'ensemble de ces nouvelles machines... et de contribuer encore plus efficacement à d'autres découvertes scientifiques.

*Dominique BOUTIGNY<sup>s</sup>*  
*boutigny@in2p3.fr*

---

4. USR6402, CNRS

5. Directeur de recherche, directeur du CC-IN2P3

---

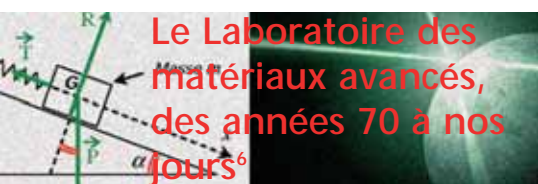
### Le LHC, le plus grand accélérateur de particules du monde

Installé au Cern (Organisation européenne pour la recherche nucléaire), dans un tunnel circulaire de 27 kilomètres situé sous la frontière franco-suisse, le Large Hadron Collider (LHC) est le plus grand accélérateur de particules du monde. Il est l'exemple d'une collaboration réussie entre des milliers de chercheurs et ingénieurs issus du monde entier.

Le LHC est une machine qui accélère deux faisceaux de protons ou d'ions lourds et les fait entrer en collision au centre de détecteurs géants. Répartis sur l'accélérateur, quatre détecteurs enregistrent le passage de centaines, voire de milliers de particules engendrées au croisement des faisceaux. Les signaux électroniques détectés permettent de caractériser les particules et ainsi de remonter aux processus physiques mis en jeu lors des collisions. L'objectif du LHC est de sonder les lois de la physique à des énergies jamais atteintes en laboratoire, à des échelles de distance très petites. Ainsi le LHC va très probablement lever un coin du voile sur l'origine de la masse, la nature de la matière noire (bien plus abondante que la matière ordinaire dans le cosmos), l'énergie noire (qui domine l'évolution de l'univers) et l'asymétrie matière-anti-matière. Gageons que le LHC nous réservera aussi d'autres surprises dans des domaines inattendus.



Une vue du Large Hadron Collider (LHC)



**Le Laboratoire des matériaux avancés, des années 70 à nos jours<sup>6</sup>**

Avant de devenir en 2004 une Unité propre de service, le LMA était un service de l'Institut de physique nucléaire de Lyon. Son nom était le SMA : Service des matériaux amorphes, puis avancés. Ce groupe est né en 1972. Ses activités concernaient l'étude des matériaux amorphes, depuis la synthèse jusqu'au dépôt de couches minces, avec les caractérisations physico-chimiques à chaque étape. La plupart de ces travaux étaient soutenus par des contrats publics ou privés (CEA par exemple). Les applications de ces travaux touchaient principalement l'électronique. En particulier, le groupe a développé des verres résistants à la dévitrification, a étudié le silicium amorphe hydrogéné (étude des impuretés, des tran-

sitions amorphe /cristal). L'activité s'est ensuite tournée vers l'étude des interfaces métal/semi-conducteur chalcogénure et la synthèse de verre chalcogénure.

A partir de 1980, le SMA s'est orienté vers l'étude de matériaux amorphes en couches minces ayant cette fois des applications optiques. Ainsi, des traitements résistants à l'environnement pour des applications infrarouges ont été mis au point. Citons par exemple les couches de carbone amorphe hydrogéné réalisées par CVD plasma et déposées comme traitement durcissant et anti-reflet à  $10,6 \mu\text{m}$  sur des hublots de germanium (collaboration SAT - Marine nationale). Les résultats obtenus ont conduit la Dret et les services techniques de la DGA à équiper le groupe d'une unité d'élaboration de couches minces optiques (un bâti de pulvérisation radiofréquence et un bâti de pulvérisation par faisceau d'ions (IBS)) et d'une salle blanche. Dans le même cadre, des couches de carbure de

germanium et de phosphore de bore ont été développées pour réaliser des anti-reflets bi-spectraux résistant à la pluvio-érosion à très grande vitesse sur les hublots hémisphériques de l'avion RAFALE.

Une très importante série d'expériences a été réalisée entre 1978 et 2006 auprès de l'accélérateur du laboratoire Jefferson, en Virginie aux Etats-Unis. Il fallait faire rebondir sur des protons des électrons qui tournaient sur eux-mêmes comme des toupies. Pour connaître précisément cet état de rotation, le polarimètre Compton a été une réalisation française majeure (Saclay), s'appuyant sur les performances et qualités supérieures des miroirs du LMA. Ces miroirs permettent de piéger de la lumière laser (ici polarisée), qui s'en trouve ainsi - c'est un effet quantique - amplifiée plus de 10 000 fois, et sur laquelle les «électrons toupies» rebondissent différemment selon qu'ils tournent sur eux-mêmes de gauche à droite ou de droite à gauche. Les miroirs du LMA ont ainsi permis de construire le premier polarimètre *Compton* opérationnel et fiable, permettant de mesurer la polarisation des électrons à mieux que 1% par heure, et ainsi de déterminer leur caractère «gaucher» ou «droitier». Cette réussite remarquable a «fait des petits», car la même technique est utilisée aujourd'hui à Hambourg pour produire des rayons X.

A partir de 1986, le SMA a commencé à développer des couches faibles pertes optiques pour des applications optiques dans le visible et le proche infrarouge (1064 nm). Ainsi, le laboratoire a participé au projet EUREKA «Laser à solide de



Le Grand Coater pour miroirs VIRGO (pulvérisation par faisceaux d'ions)

puissance» et mis au point avec Sagem des miroirs à 633 nm utilisés dans des gyrolasers. En 1991, le SMA fut choisi pour débiter l'étude et la réalisation des miroirs de l'interféromètre gravitationnel Virgo. Le principal objectif était d'améliorer les performances optiques (absorption, diffusion, front d'onde) des miroirs réalisés par IBS. C'est ainsi que le premier grand miroir de 350 mm de diamètre et de 20 kg a été réalisé en décembre 2001 ; ses propriétés optiques étaient meilleures que celles, très sévères, du cahier des charges. Et le premier jeu de six miroirs de l'interféromètre Virgo a pu être livré sur le site de l'expérience à Cascina en juin 2002, ce qui a donné au SMA une reconnaissance internationale dans le domaine des couches minces optiques faibles pertes. Grâce à cela, le programme américain LIGO (interféromètre gravitationnel) a demandé au SMA d'étudier des solutions pour améliorer le facteur de qualité mécanique Q des couches minces. Les résultats obtenus

ont montré une avancée significative (augmentation de 30% du facteur de qualité) dans ce domaine que le SMA est le seul à maîtriser. La collaboration avec Ligo dédiée à l'amélioration du bruit thermique des miroirs des interféromètres se poursuit, en particulier dans le cadre de l'expérience TNI (*Thermal Noise Interferometer*). L'expérience Virgo va entrer dans une nouvelle phase appelée «Virgo +». Cela implique pour le LMA de réaliser un nouveau jeu complet de miroirs ayant des performances optiques et mécaniques encore meilleures. Dans le contexte de *Advanced Virgo*, un contrat de R&D porte sur l'amélioration des pertes mécaniques des couches minces.

Le 1<sup>er</sup> janvier 2004, le SMA est devenu le Laboratoire des matériaux avancés (LMA), unité propre de service du CNRS. Les activités du LMA à court et moyen terme sont toujours associées aux collaborations Virgo/Ego et Ligo aux Etats-Unis.

Le LMA est impliqué dans deux projets importants soutenus par l'ANR. Granit (en collaboration avec l'ILL et le LPSC) a comme but la mise en évidence des transitions entre les niveaux quantiques de neutrons ultra froids dans un champ gravitationnel. Dans ce projet, le LMA doit produire des miroirs en silice traités avec des couches en carbone utilisées pour piéger les neutrons ultra-froids. ARQOMM vise l'observation du mouvement aléatoire quantique d'un oscillateur harmonique macroscopique, constitué par un micromiroir faisant partie d'une cavité optique à très haute finesse.

Le laboratoire est orienté vers une activité forte de valorisation. Cet axe reconnu est toujours important pour le futur du L.M.A. qui a depuis longtemps des relations privilégiées avec Sagem ; et cela, suivant trois axes. Le premier concerne la réalisation de traitements de hublots infrarouges. Le second concerne l'activité gyrolaser de Sagem : le LMA réalise des expertises optiques des substrats et des dépôts de couches minces. Enfin, il a entrepris une étude de R&D sur des empilements pour l'extrême UV, en vue de réaliser des collecteurs de grandes dimensions pour la lithographie UV.

*Jean-Marie MACKOWSKI*  
*j-m.mackowski@lma.in2p3.fr,*  
*et Raffaele FLAMINIO*<sup>8</sup>  
*r.flaminio@lma.in2p3.fr.*

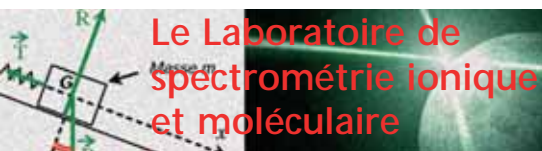
---

6. UPS2713, CNRS

7. Ancien directeur du LMA.

8. Chargé de recherche, directeur du LMA.

---



### Bref historique

Le Laboratoire de Spectrométrie ionique et moléculaire (Lasim<sup>®</sup>) s'est structuré en 1971 par regroupement des activités de spectrométrie des ions avec les activités de spectroscopie moléculaire. Depuis cette époque, le Lasim regroupe l'essentiel des activités de physique atomique et moléculaire, au sens large, sur le site de Lyon, ainsi qu'une part significative de l'optique. Les activités actuelles s'appuient sur ces savoir-faire dans le domaine de la physique des ions, de la spectrométrie de masse, ou encore de la spectroscopie laser ; mais le laboratoire a fortement évolué.

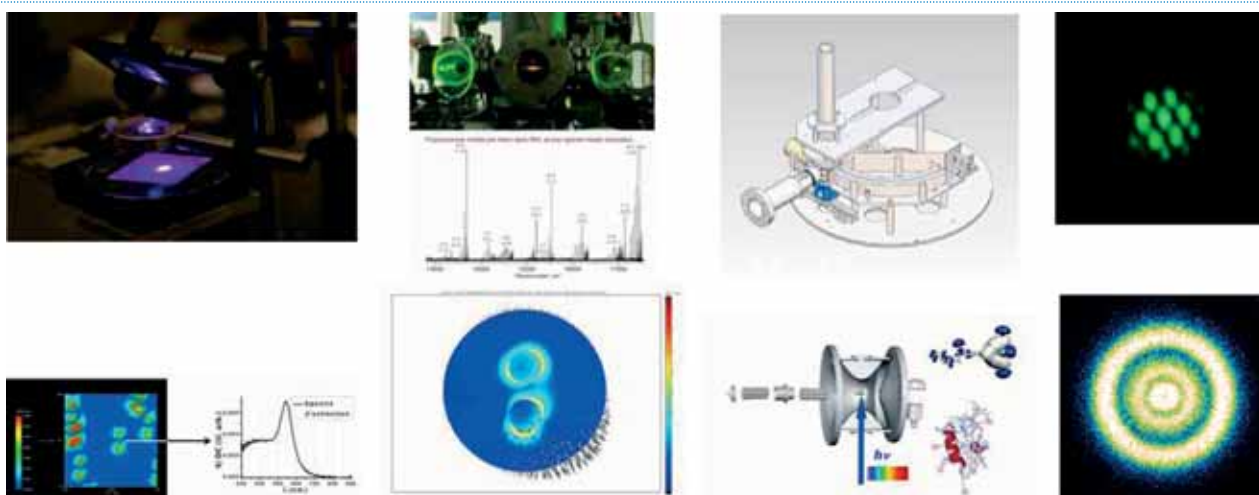
L'une des évolutions de fond les plus fortes a été l'introduction au Lasim de la physique des agrégats, en collaboration avec le laboratoire de physique de la matière condensée voisin (LPMCN, ex-DPM). L'activité autour des agrégats, initiée au tout début des années 1980, a conduit non seulement à l'ensemble des recherches du pôle nanophysique, mais également à une part significative de l'activité milieux dilués.

Plus récente, une autre évolution de fond concerne l'interface entre physique et sciences du vivant. Dans de nombreuses équipes, en effet, les diagnostics physiques, en particulier en optique, mais également en spectrométrie de masse et en physique des collisions, sont appliqués aujourd'hui à l'étude fine de processus complexes dans

des biomolécules modèles, briques fondamentales du vivant.

Le Lasim est aujourd'hui une Unité mixte de recherche qui comprend une soixantaine de permanents, et environ vingt-cinq doctorants et post-doctorants. Plus d'un tiers des membres permanents sont agents CNRS. L'activité de recherche du Lasim est à caractère essentiellement fondamental ; mais depuis une quinzaine d'années les méthodes de l'optique et de la spectrométrie laser sont valorisées à la télédétection et au diagnostic environnemental. Le développement et le succès des activités du Lasim doivent beaucoup à sa participation à deux structures de recherche pluri-formations :

- le Centre agrégats, issu en 1990 d'une collaboration



- De droite à gauche, de haut en bas :
1. Expérience LIBS (*laser induced breakdown spectroscopy*).
  2. Expérience de spectroscopie haute résolution en fluorescence induite par laser sur NiH.
  3. Dispositif expérimental de collisions d'ions multichargés.
  4. Filaments lasants obtenus par émission stimulée cohérente de filaments induits dans une cellule d'éthanol+coumarine.
  5. Spectre d'extinction d'une nanoparticule unique.
  6. Calcul du champ électromagnétique émis par deux nanoparticules en interaction.
  7. Expérience de spectrométrie laser de molécules d'intérêt biologique piégées.
  8. Imagerie de photoélectrons sub-meV réalisé sur l'atome de xénon.

entre le LPMCN, l'IRC et notre laboratoire. Ce centre a permis le développement d'installations expérimentales milourdes qu'un laboratoire seul n'aurait pu réaliser. Il a été un support essentiel du développement de la nanophysique à l'Université de Lyon.

- le Centre nano-optique (NanOpTech). Il regroupe des équipes de trois laboratoires CNRS associés à l'université (LASIM, LPCML et LPMCN), et de l'Institut des nanosciences de Lyon (Insa, CNRS, Ecole centrale et université) et leur donne accès à tous les moyens de caractérisation optique et microscopique à l'échelle du nanomètre.

### Activités de recherche

Les équipes de recherche du laboratoire se regroupent au sein de quatre axes.

- Lasers et spectroscopie :

L'équipe «Processus ultrabrefs et lasers intenses» se consacre aux applications de la spectroscopie femtoseconde et des lasers intenses : propagation d'impulsions lasers intenses dans l'atmosphère et filamentation, contrôle cohérent, LIBS, microcavités.

L'activité de télédétection Lidar (*light detection and ranging* : système de mesure et de détection à distance utilisant un laser) relève quant à elle de l'équipe «Spectrométrie et télédétection de l'atmosphère». Outre la mise en œuvre de la station Lidar permanente, à l'université Lyon I, cette équipe se consacre au développement de nouvelles méthodes spectroscopiques ultrasensibles comme la CRDS. Enfin,

l'équipe de «Spectrométrie moléculaire» se consacre essentiellement au couplage de la spectrométrie intracavité laser avec la transformée de Fourier, pour l'étude des molécules diatomiques simples et des composés métalliques d'intérêt astrophysique.

- Milieux dilués :

L'activité de l'équipe «Ions multichargés» est centrée autour de la physique des collisions et de la fragmentation.

Elle utilise les ressources du Ganil, tout en renforçant les expériences autour de sa propre source d'ions ECR avec le développement d'une trappe à ions électrostatique ainsi qu'une nouvelle source d'agrégats magnétron. L'équipe «Dipôle électrique, biomolécules, agrégats» développe de nouvelles expériences particulièrement originales en appliquant aux biomolécules des techniques développées auparavant pour les agrégats : mesures de dipôles et polarisabilité, spectroscopie optique et photofragmentation sur des molécules piégées, et plus récemment développement d'une expérience de mobilité ionique. L'équipe «Dynamique des états excités» poursuit l'étude des processus de relaxation dans les systèmes modèles très excités : processus d'émission retardée dans les agrégats, états de Rydberg, microscopie de fonction d'onde sur des systèmes atomiques simples.

- Nanophysique :

Trois équipes étudient les propriétés optiques de la matière à l'échelle nanométrique.

L'équipe «Agrégats et nanostructures» poursuit une activité à l'inter-

face entre l'étude des agrégats libres et des agrégats supportés. Cette dernière activité prend une place croissante au sein du «Centre nano-optique» avec en particulier le développement d'une expérience de spectroscopie ultrasensible de nanoparticule unique. L'équipe «Optique non linéaire et interfaces» étudie les propriétés non linéaires de molécules ou d'objets d'échelle nanométrique en solution ou en films avec un intérêt croissant pour les systèmes biomoléculaires. Enfin, créée depuis un an au Lasim, l'équipe «Phénomènes ultrarapides dans les nanomatériaux» développe des études de spectroscopie et de dynamique à l'échelle femtoseconde de nano-objets uniques.

- Développements et support théorique :

L'équipe de Physicochimie théorique développe une activité théorique en chimie et en dynamique quantique, sur des systèmes allant de la molécule simple aux agrégats et aux surfaces.

Traditionnellement experte dans le domaine des molécules diatomiques, l'équipe a élargi ses compétences au domaine de la dynamique afin de répondre aux évolutions spectaculaires des expériences dans ce domaine. Ces études relèvent aussi bien de la dynamique et des échanges de charge que des problèmes de structures de systèmes complexes, de spectroscopie de molécules diatomiques (interactions à grande distance), ou de systèmes moléculaires pour l'optique non linéaire.

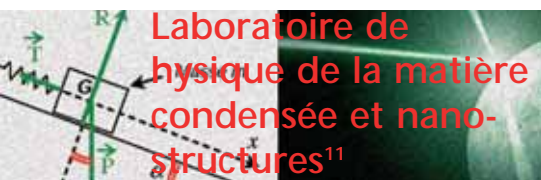
L'ensemble de ces recherches se fait dans la plupart des cas en collaboration avec d'autres équipes

au niveau national ou international. Dans notre domaine de la physique, qu'il s'agisse de l'optique et des milieux dilués ou de la nanophysique, l'Europe est particulièrement vigoureuse. C'est pourquoi nos collaborations se font le plus souvent avec des équipes européennes, en particulier en Allemagne, Royaume-Uni, Pays-Bas ou Suède, pays dans lesquels le Lasim possède de très nombreux partenaires.

**Christian BORDAS**<sup>10</sup>  
bordas@lasim.univ-lyon1.fr

9. UMR5579, CNRS/UCBL

10. Directeur de recherche au CNRS, directeur du Lasim



Le laboratoire a été créé en 1970 par R. Uzan, qui a rassemblé un groupe de physiciens issus des différentes universités françaises où se développait alors la physique du solide, encore peu reconnue à Lyon. Si on ne parlait pas encore à l'époque de nanosciences, c'est pourtant bien dans ce domaine que très rapidement des résultats pionniers sont obtenus, en utilisant les instruments les plus modernes de l'époque, tels que la microscopie électronique : structure électronique des agrégats nanométriques, émission de champ par des nanostructures, étude des liquides par diffusion de neutrons, structure électronique des solides irra-

diés... Cette activité, originale par son positionnement à la frontière entre la physique des solides et la science des matériaux, implique de nombreux développements instrumentaux. Ces deux aspects, d'interdisciplinarité et de développement expérimental, restent aujourd'hui les points forts du laboratoire dans sa nouvelle structure. Dans les années 90, celui-ci s'est en effet enrichi de nouvelles équipes dans les domaines de la physico-chimie des interfaces, de l'hydrodynamique, de la modélisation numérique, et de la matière sous conditions extrêmes, qui lui permettent de présenter un éventail très vaste de compétences dans le domaine des nanosciences.

Cette compétence s'articule aujourd'hui autour de 4 grands thèmes :

- agrégats et nanostructures fonctionnelles
- liquides et interfaces
- nanosources à émission de champ
- modélisation numérique

La recherche développée dans chaque thème a un caractère fondamental qui conduit à de nombreuses publications de haut niveau. Elle se trouve aussi en lien direct avec des applications via des partenariats industriels (Lafarge, Saint-Gobain, Michelin, etc.) ou institutionnels (CEA, Université du Wisconsin, etc.).

L'approche des problèmes s'appuie sur une compétence instrumentale et technologique reconnue aussi bien dans les domaines de la caractérisation et de la mesu-

re quantitative des propriétés des structures nanométriques que dans leur fabrication. On peut citer un ensemble de générateurs de nanoparticules (agrégats) unique en France, une machine de mesure de forces de surfaces particulièrement performante, une compétence exceptionnelle dans les techniques d'émission de champ, une plateforme de synthèse de matériaux à très hautes pression et température, et un panel complet de techniques de caractérisation.

Par son type de recherche, avec des partenaires aussi bien en physique et chimie qu'en ingénierie (partenariat avec l'institut Carnot ingénierie Lyon), le laboratoire joue un rôle moteur dans le développement d'une approche interdisciplinaire à la fois fondamentale et proche des applications. Il est fortement impliqué dans de nombreuses collaborations nationales ou internationales, soutenues par des projets ANR ou européens.

**Jean-Louis BARRAT**<sup>12</sup>  
lpmcn.univ-lyon1.fr/~barrat

11. UMR5586, CNRS/UCBL

12. Professeur, directeur du LPMCN



Le Laboratoire de physique a vu le jour avec la création de l'École normale supérieure de Lyon en 1988. Il s'est bâti autour de thématiques en physique statistique, matière

molle, physique non linéaire. Rapidement, plusieurs autres axes sont venus renforcer son activité : hydrodynamique et turbulence, traitement du signal ; et depuis 2000 : physique des hautes énergies, théorie des champs, physique mathématique.

Dans sa configuration actuelle, la Laboratoire de physique se caractérise par une large pluridisciplinarité, également présente dans le Master de sciences de la matière auquel participent activement tous les membres du laboratoire. Les sujets traités couvrent un spectre allant des interactions fondamentales aux applications liées à la santé ou aux matériaux, avec de fortes collaborations entre ses thèmes majeurs actuels : «fluides, surfaces et interfaces», «milieux granulaires et hété-

rogènes», «physique des systèmes biologiques», «hydrodynamique et turbulence», «mécanique statistique et systèmes complexes», «traitement du signal», «théorie de la matière condensée» et «physique mathématique».

Quelques exemples illustreront la variété de ces sujets (voir planche).

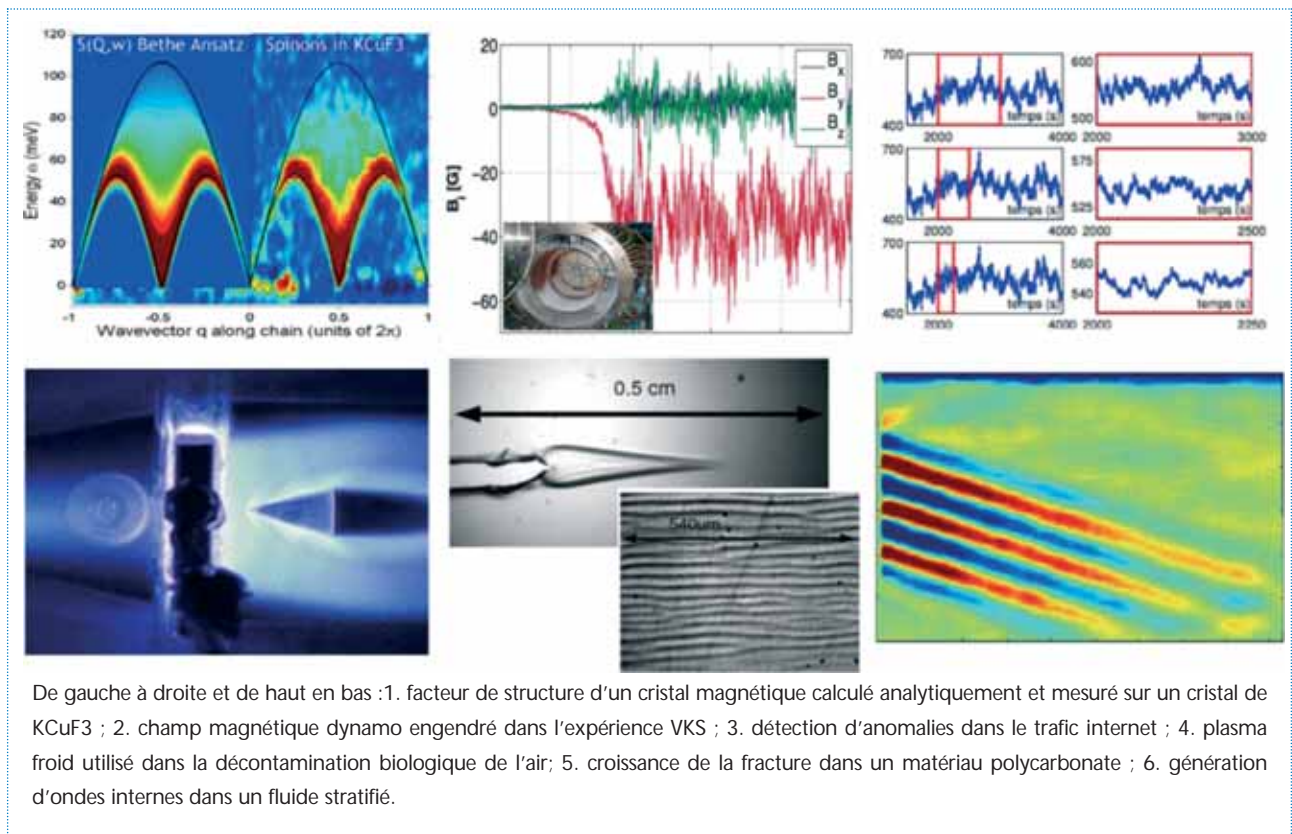
**Théorie**

En développant des méthodes analytiques et numériques basées sur la théorie des groupes quantiques et l'ansatz de Bethe algébrique, il est possible de calculer exactement le facteur de structure spin-spin dynamique  $S(q,w)$  de la chaîne de spin de Heisenberg qui modélise les propriétés magnétiques du cristal  $KCuF_3$  (fig. 1).

Un autre axe de recherche porteur concerne l'étude du transport électronique dans les nanostructures quantiques : ponts moléculaires, jonctions ferromagnétiques en contact avec des fils supraconducteurs et le domaine plus général de la spintronique. En physique mathématique, des résultats exacts ont pu être dégagés sur des paradigmes fondamentaux comme la théorie des répliques dans les verres ou l'intermittence en turbulence.

**Signal**

Internet résulte essentiellement d'une superposition d'hétérogénéités : géographique, topologique, matérielle, de nature des flux d'informations, de contraintes de circulations. Ces flux d'information sont



caractérisés par des propriétés d'invariance d'échelle, de longue mémoire, mises en évidence par les outils de Traitement Statistique reposant sur les analyses multirésolution et décompositions en ondelettes. Cette modélisation est utilisée pour détecter des comportements anormaux du réseau (fig. 3).

Un autre axe d'application en pleine croissance concerne l'existence de corrélations à longue portée dans les séquences ADN, comme signature de la structure nucléosomale. De nouvelles méthodes sont également explorées, comme l'utilisation de la décomposition modale empirique pour les signaux instationnaires. Celle-ci a l'avantage de reposer sur très peu d'a priori quant aux signaux analysés, d'être entièrement pilotée par les données et d'extraire séquentiellement d'un signal ses oscillations à des échelles de temps locales naturelles, des plus fines aux plus grossières.

#### *Expériences tournées vers la physique statistique et non linéaire*

Mesures et modélisation ont permis de mettre en évidence les processus liés à la fracture des matériaux : détection de précurseurs, fracture lente ou rapide, matériaux amorphes ou fibrés (fig. 5). Une autre activité concerne l'étude expérimentale des systèmes vieillissants et hors d'équilibre. La réalisation de dispositifs expérimentaux permettant des mesures extrêmement fines ont permis de tester les conjectures actuelles sur la généralisation des relations de fluctuation – dissipation. La turbulence hydrodynamique est étu-

diée en détail, comme modèle d'un système dissipatif à très grand nombre de degrés de liberté. Les progrès récents concernent la dynamique Lagrangienne de particules advectées par l'écoulement, ainsi que le rôle des plumes thermiques dans les écoulements de convection.

#### *Expériences tournées vers les sciences de la Terre*

Les ondes internes (de densité) jouent un rôle important dans les processus de mélange au sein des océans. Leur étude en laboratoire est tournée vers la compréhension des mécanismes fondamentaux : propagation, réflexion, déferlement (fig. 6).

D'autres expériences modélisent la remontée de gaz dans les cheminées volcaniques ; elles mettent en évidence les conditions d'éjection continue (en canal) ou par bouffées intermittentes. Enfin, l'expérience VKS a permis d'engendrer un dynamo dans un écoulement turbulent de sodium liquide (fig. 2) ; ce processus de création spontanée et d'auto-entretien d'un champ magnétique par le mouvement d'un fluide conducteur de l'électricité est à l'origine du champ magnétique des planètes et des étoiles.

#### *Physique des systèmes biologiques*

D'un point de vue théorique, ces systèmes sont étudiés pour les problèmes de physique statistique qu'ils posent, mais également pour la compréhension des fonctions biologiques comme l'ouverture des chaînes d'ADN dans le processus de réplication. Expé-

rimentalement, des techniques AFM de «tapping» montrent l'activité de films de PKG qui pourraient ainsi être utilisés dans des bio-capteurs. Dans un autre domaine, des expériences de diffusion dynamique de la lumière permettent de sonder la dynamique interne des noyaux des cellules.

Enfin des recherches sur les plasmas froids conduisent à la mise en œuvre de procédés nouveaux de décontamination de l'air pour lutter contre les maladies nosocomiales en milieu hospitalier (fig. 4).

Les collaborations sont très étroites avec les initiatives interdisciplinaires locales (ENS-Lyon) comme le Laboratoire Joliot-Curie, l'Institut des systèmes complexes (IXXI) ou le Centre européen de calcul atomique et moléculaire. Au plan régional, le laboratoire a participé à la création de la Fédération de physique André Marie Ampère, qui veut préfigurer le département de physique du PRES de Lyon. De nombreuses initiatives de recherche sont communes avec l'université Claude Bernard Lyon 1, l'Insa et l'École centrale. Des contacts privilégiés existent également avec plusieurs laboratoires de l'université Joseph Fourier et de l'université de Savoie.

*Jean-François PINTON<sup>14</sup>*

*jean-francois.pinton@ens-lyon.fr*

---

13. UMR 5672 CNRS/ENS Lyon/UCBL

14. Directeur de recherche, directeur du laboratoire

---



Des travaux théoriques sur la nature des galaxies, des étoiles et des planètes. Et un savoir-faire technique unique au monde, en matière de recherche et développement et de réalisation de grands instruments astronomiques. Ainsi peut se résumer le Centre de recherche astrophysique de Lyon (Cral)<sup>15</sup>, placé sous la triple tutelle du CNRS, de l'université Claude Bernard - Lyon 1 et de l'École normale supérieure de Lyon. Avec un effectif de plus de 60 personnes et une vingtaine d'étudiants, ce laboratoire se partage sur deux sites : celui de l'Observatoire de Lyon, à Saint Genis Laval, et celui de l'ENS de Lyon à Gerland.

L'École normale supérieure abrite une équipe de notoriété internationale centrée sur les applications de la physique des plasmas denses aux étoiles « extrêmes » et planètes. Ses travaux majeurs ont prévu l'existence d'une nouvelle classe d'étoiles, les naines brunes, trop petites pour pouvoir donner naissance à des réactions thermonucléaires. Tout en poursuivant ces travaux de fond, l'équipe s'oriente aujourd'hui vers la simulation numérique de la formation et de l'évolution des étoiles, et vers la modélisation des exoplanètes et de leurs atmosphères, un sujet en pleine croissance au fur et à mesure que s'allonge le catalogue des planètes observées autour d'autres étoiles.

Le site de l'Observatoire de Lyon rassemble les compétences en matière d'instrumentation pour les grands télescopes. Les équipes scientifiques et techniques se sont spécialisées dans les systèmes de spectroscopie à intégrale de champ, qui observent simultanément le spectre de chaque point d'une image. Plusieurs instruments, de plus en plus gros, ont vu le jour au cours de ces dernières années : Tigre, Oasis, Sauron. Ils ont conduit à mieux comprendre la dynamique extraordinairement bouleversée des centres des galaxies, témoin des processus récents d'assemblage de la matière.

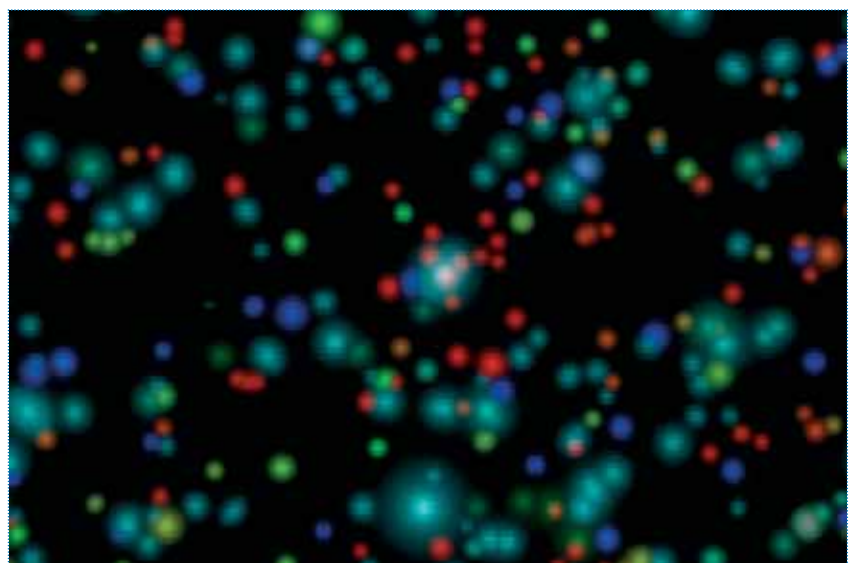
Cette expertise de renommée mondiale a permis au CRAL de devenir le leader du consortium européen qui construit Muse (*Multi Unit Spectroscopic Explorer*). Celui-ci va équiper le *Very Large Telescope* du principal centre européen d'astronomie, l'Eso (*European Southern*



L'observatoire européen austral (Chili)

*Observatory* : l'Observatoire européen austral) (voir encadré page 42).

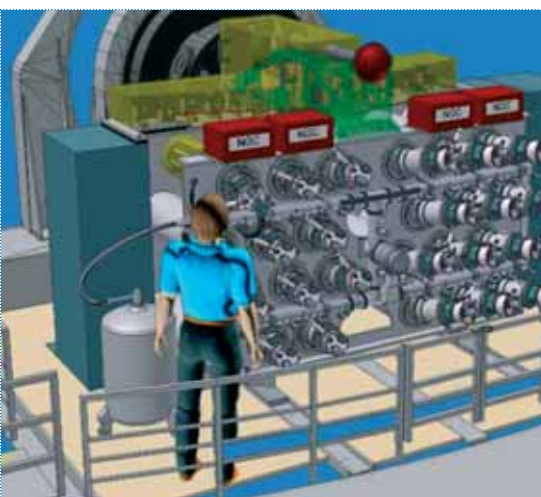
Le Cral est aussi le seul laboratoire de recherche contractant de l'industriel EADS-Astrium chargé de réaliser NIRSspec (*Near infrared spectrograph*). NIRSspec sera l'un des instruments du James Webb Space Telescope (JWST), le successeur de télescope spatial Hubble (voir encadré page 41).



Simulation d'un champ profond de Muse : les plus lointaines galaxies (représentées en rouge), sont observées lorsque l'univers n'est âgé que de 500 millions d'années.

Ces instruments s'attacheront à observer les premières étoiles et galaxies lorsque l'univers n'était âgé que de quelques centaines de millions d'années ; observer loin permet de sonder en effet le passé de l'univers.

Les équipes scientifiques du Cral s'intéressent aussi à la cosmologie et participent à l'effort international pour cerner les caractéristiques de la matière et de l'énergie sombres. Le projet SNIFS étudie de plus près les propriétés des supernovae de type Ia, ces «chandelles standard» qui permettent d'arpenter l'univers et de mesurer l'accélération de son expansion. Des efforts importants sont menés pour développer l'expertise en matière de simulation numérique de la formation et de l'évolution des galaxies. C'est ainsi que le Cral participe au projet numérique national Horizon, qui a fait tourner l'une des deux plus grosses simulations cosmologiques au monde sur le superordinateur



Représentation de l'instrument Muse au foyer du VLT. Les 24 modules optiques constituant l'instrument permettront d'obtenir un cube de données de 370 millions de pixels par pose.

*Mare Nostrum* de Barcelone.

Enfin, une équipe du Cral s'intéresse aux télescopes du futur et développe des approches de physique expérimentale pour valider les concepts qui seront mis en œuvre sur les prochains grands télescopes, notamment *l'Extremely Large Telescope* de 42 m de diamètre, que l'Eso construira à la fin de la prochaine décennie. Ces concepts seront intégrés dans les futurs systèmes d'optique adaptative qui auront pour objectif de corriger les perturbations imprimées par la turbulence atmosphérique sur les images astronomiques. Le CRAL travaille ainsi sur un test d'étoile artificielle polychromatique créée par tir laser dans la haute atmosphère, et sur des méthodes mathématiques permettant de piloter «en temps réel» les nombreux actionneurs qui modifieront la forme des immenses miroirs de ces télescopes.

Avec cet ensemble de compétences très diversifiées, le Cral est désormais un site d'excellence internationalement reconnu. A partir de 2009, de nombreux étrangers viendront participer à la construction de Muse. Puis ce sera, en 2011, le départ de l'instrument pour le site du Paranal, au Chili, et le début de la moisson des résultats.

**Roland BACON** <sup>16</sup>

*rmb@obs.univ-lyon1.fr*

et **Bruno GUIDERDONI**<sup>17</sup>

*bruno.guiderdoni@obs.univ-lyon1.fr*

15. UMR5574, CNRS/UCBL/ENS Lyon

16. Directeur de recherche, responsable scientifique du Projet Muse.

17. Directeur du laboratoire, directeur de recherche.

## Regarder les toutes premières étoiles avec NIRSpec

Le futur télescope spatial JWST est développé par la Nasa, en collaboration avec les agences spatiales européenne (Esa) et canadienne (CSA). Présenté comme le successeur du télescope spatial Hubble, il constitue un des projets majeurs de la communauté astronomique internationale.

Ce télescope, qui devrait être mis en orbite en 2013, sera équipé de plusieurs instruments, dont le spectrographe proche infrarouge NIRSpec. C'est, en premier lieu, un spectrographe multi-objets qui permettra d'obtenir simultanément les spectres de plus d'une centaine d'objets par champ de vue, dans un domaine de longueurs d'onde allant de 0.6 à 5.0  $\mu\text{m}$ . Il s'intéressera tout particulièrement à la formation et à l'évolution des premières étoiles et galaxies.

Le Centre de recherche astrophysique de Lyon est impliqué dans le projet JWST/NIRSpec depuis ses débuts, pour prendre en charge son soutien scientifique. Il y occupe une place unique, à l'interface entre le monde industriel et celui de la recherche en astrophysique.

## Observer les premières galaxies avec Muse

Comprendre comment se sont formées les galaxies, il y a une douzaine de milliards d'années, est l'un des grands objectifs de l'astronomie contemporaine. Si les chercheurs ne manquent pas d'idées sur la façon dont s'est peu à peu organisée la matière au début de l'Univers, ils manquent, par contre, cruellement de données pour confronter les faits d'observation aux théories. C'est pour répondre à ces interrogations fondamentales que l'Eso a lancé le projet Muse.

**Muse** est un projet unique au monde, porté par sept grands laboratoires de recherche européens dont le Centre de Recherche Astrophysique de Lyon et le Laboratoire d'Astrophysique de Tarbes-Toulouse pour la France. Le consortium regroupe ainsi plus d'une centaine de chercheurs et d'ingénieurs couvrant toutes les spécialités nécessaires à la réalisation et à l'exploitation de l'instrument : optique, mécanique, électronique, cryogénie, traitement du signal, management, astrophysique instrumentale et théorique.

C'est en juillet 2006 que le CNRS, agissant au nom du consortium, et l'Eso ont signé le contrat de collaboration qui donne le cadre financier et calendaire du projet. Le projet est entré maintenant dans la phase de conception détaillée avant la mise en œuvre de la fabrication et de l'intégration de ce grand instrument de 50 m<sup>3</sup> et de près de 8 tonnes. Muse doit être opérationnel à partir de la fin 2011, durant au moins une dizaine d'années.

Observer les galaxies en train de s'assembler il y a douze milliards d'années est un vrai défi. En effet, ces galaxies sont, en apparence, à la fois très petites et très peu lumineuses. D'autre part, la lumière que nous recevons d'elles est décalée vers l'infrarouge par l'expansion de l'Univers. Trouver ces objets requiert donc une très grande sensibilité et une acuité sans précédent.

**Muse** est un instrument qui travaillera en « 3D », à l'image du télescope spatial Hubble, qui nous a révélé, en 1996 et pour la première fois, la morphologie des galaxies les plus lointaines. Comparativement, Muse permettra d'observer des galaxies dix à cent fois plus faibles, un élément essentiel pour comprendre comment les premières briques de matière se sont assemblées pour former les galaxies telles que nous les connaissons aujourd'hui. Muse offrira de plus des performances uniques pour l'étude des galaxies proches, des amas d'étoiles de notre galaxie, des étoiles jeunes et des petits corps du système solaire.



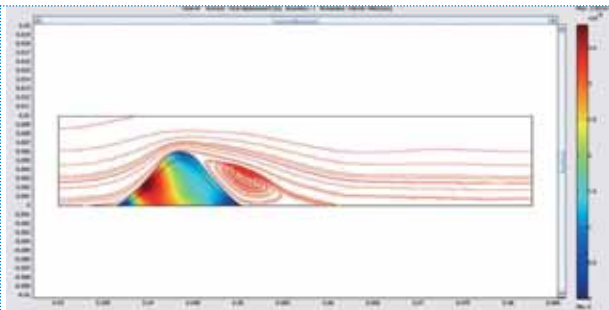
Né de la fusion de plusieurs laboratoires lyonnais, l'Institut Camille Jordan<sup>18</sup> est aujourd'hui l'un des 3 plus grands laboratoires de mathématiques en France. Dirigé par

Frank Wagner, professeur des universités et membre de l'Institut universitaire de France, il compte plus de 200 membres, dont environ 130 chercheurs permanents. Ce laboratoire de mathématiques offre un spectre de thématiques de recherche extrêmement large, allant des mathématiques les plus abstraites comme la logique et l'algèbre, jusqu'aux mathématiques appliquées : calcul scientifique, modélisation en biologie, statistiques. Rares sont les exemples

comparables dans le monde.

L'Institut Camille Jordan est structuré en cinq équipes de 20 à 40 chercheurs :

- L'équipe «Algèbre, géométrie et logique» s'intéresse aux représentations de groupes et d'algèbres, aux liens entre théorie des groupes et géométrie, aux groupes quantiques, à la théorie des modèles,
- L'équipe «Modélisation mathématique et calcul scienti-



Un modèle d'athérosclérose : interaction entre un fluide non newtonien (sensé décrire du sang) et un obstacle hyper élastique (plaque d'athérome) dans une géométrie 2D (une artère).

fique», l'équipe de mathématiques appliquées du laboratoire : équations aux dérivées partielles et applications, calcul scientifique, modélisation mathématique,

- L'équipe «Probabilités, statistique et physique mathématique» travaille sur la théorie des processus stochastiques, sur les aspects algébriques, géométriques, ou analytiques de la physique mathématique, sur les statistiques,
- L'équipe «Théorie des nombres, combinatoire et mathématiques discrètes» se spécialise en théorie analytique et combinatoire des nombres ainsi qu'en combinatoire algébrique et théorie des graphes,
- L'équipe «E.D.P. et analyse» rassemble des chercheurs spécialisés en théorie des équations aux dérivées partielles, en analyse non lisse, en analyse fonctionnelle et théorie des opérateurs.

S'y ajoute une activité en histoire des mathématiques. Le rayonnement international de la recherche

conduite à l'Institut Camille Jordan est très important. Pas une équipe du laboratoire, pas un groupe de chercheurs qui ne comptent en leur sein plusieurs chercheurs mondialement connus dans leur domaine. Les distinctions, les prix et les reconnaissances ont été nombreux ces dernières années : plusieurs professeurs nommés à l'Institut universitaire de France, prix de l'Académie des sciences, chaire d'excellence, nombreux contrats ANR et européens... Nos chercheurs en mathématiques

appliquées bénéficient de nombreux contrats de recherche publics, privés qui représentent des budgets importants à l'échelle des budgets en mathématiques.

L'institut Camille Jordan a tissé de nombreux liens de recherche avec d'autres laboratoires régionaux de mathématiques de l'Ecole normale supérieure de Lyon, de Grenoble (laboratoire Fourier), de Chambéry, Saint-Étienne ou Clermont-Ferrand. Dans l'esprit de transdisciplinarité, les chercheurs de l'ICJ travaillent aussi avec les biologistes lyonnais ou certains laboratoires de physique français.

Le dynamisme actuel de notre laboratoire est à mettre en parallèle avec une vague très importante de recrutements. De nouveaux jeunes professeurs ont permis de développer certaines thématiques : équations aux dérivées partielles, calcul scientifique, bio-mathématiques, probabilités et statistiques,

et théorie des modèles. Dans cette période intense de renouvellement l'institut Camille Jordan a bénéficié du soutien constant de ses quatre tutelles, l'Université Lyon 1, l'Insa de Lyon, l'Ecole centrale de Lyon et le CNRS. Un tout nouvel atout du laboratoire est sa nouvelle bibliothèque de mathématique qui a été inaugurée à la rentrée 2007 et qui correspond à un besoin urgent des mathématiciens lyonnais, voire de la région lyonnaise. L'Institut Camille Jordan est devenu très attractif pour les meilleurs chercheurs de France et du monde, grâce à la diversité des thèmes de recherche du laboratoire, la qualité de son environnement scientifique et son cadre de vie agréable.

**Frank WAGNER<sup>19</sup>**

wagner@math.univ-lyon1.fr

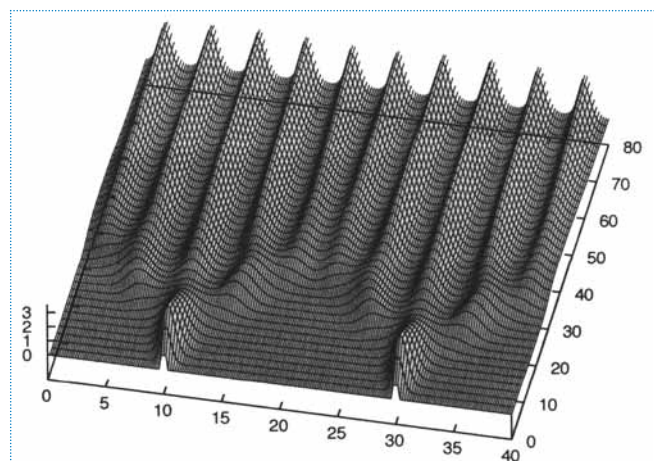
**et Stéphane ATTAL<sup>20</sup>**

attal@math.univ-lyon1.fr

18. UMR5208, CNRS/UCBL/ECL/Insa

19. Professeur, directeur du laboratoire

20. Professeur, Institut Camille Jordan



Un calcul décrivant le principe de divergence des caractères de Darwin par une équation de Fisher non-locale.