

## **Grenoble, un environnement de grands équipements pour de gros instruments, X. Hiron, G. Chouteau (ACONIT, Rhône-Alpes)**

Gérard Chouteau et Xavier Hiron, chefs de projet Patstec en région Rhône-Alpes Sud et chargé de mission inventaire et collections, ACONIT  
gerard.chouteau0955@orange.fr  
Coriandre Vilain, chargé de projet patrimoine scientifique, UGA

### **Introduction**

Le pôle scientifique grenoblois, concentré au nord-ouest de la ville, sur sa Presqu'île et à l'est de son agglomération, sur le domaine universitaire de Saint-Martin-d'Hères, rassemble 80 % des grands instruments scientifiques français dédiés à la recherche fondamentale et appliquée<sup>1</sup>. Cette concentration n'est pas le fruit du hasard. Elle résulte de la réputation nationale et internationale du site qui s'est construite au cours des cinquante dernières années sur la volonté d'atteindre l'excellence scientifique dans des domaines aussi variés que les sciences des matériaux, les champs magnétiques et l'observation à grande et à petite échelle. Les établissements qui composent le pôle sont :

- l'Institut Laue-Langevin (ILL)
- le Laboratoire national des champs magnétiques intenses (LNCMI – CNRS-Alpes)
- l'Institut de radio-astronomie millimétrique (IRAM)
- l'European Molecular Biology Laboratory (EMBL)
- l'Institut de biologie structurale (IBS)
- l'European Synchrotron Radiation Facility (ESRF)
- le Laboratoire des écoulements géophysiques et industriels (LEGI – CNRS/GINP/UGA) pour sa plateforme Coriolis.



Vue de la Presqu'île scientifique prise dans les années 2000, avec au premier plan l'ESRF et le dôme de l'ILL. Le campus universitaire se situe au fond, au pied de la chaîne de montagnes de Belledonne. © Campus GIANT/D. Mor

Dans la première partie de cet article, les actions d'inventaire menées en liaison avec ces structures par la délégation grenobloise de la mission nationale Patstec seront détaillées<sup>2</sup>. Dans sa deuxième partie, nous illustrerons la problématique patrimoniale particulière engendrée par ces grands instruments, en nous appuyant sur le cas des aimants du LNCMI. Nous en tirerons des conclusions plus générales sur la manière d'aborder ce type de patrimoine.

### **Mener une action patrimoniale au sein de grands équipements**

Des actions concrètes ont pu être engagées au sein de trois de ces grands équipements.

L'Institut Laue-Langevin (ILL) a été mis en service en 1971. D'abord issu d'une alliance franco-allemande, il regroupe aujourd'hui 14 partenaires, pour un budget annuel de 100 M€. Il est

---

<sup>1</sup>L'expression « grands instruments » désigne dans cet article les grands laboratoires et instituts internationaux installés sur le site grenoblois. Ce sont à la fois des équipements d'envergure, construits autour d'infrastructures de recherche (instrumentation scientifique) de grandes dimensions.

<sup>2</sup>En 2022, la délégation Patstec en Rhône-Alpes Sud est constituée par conventions, d'une part de l'association ACONIT et d'autre part de la cellule patrimoine de l'UGA.

implanté sur le Polygone scientifique de Grenoble et fait partie de l'European Photon and Neutron Science Campus (avec l'IBS, l'ESRF, l'EMBL, en lien avec les laboratoires du CEA-LETI et de l'UGA). Il abrite la plus intense source de neutrons du monde. Son personnel de plus de 500 personnes a conduit plus de 40 expériences de recherche fondamentale ou appliquée, pour lesquelles le développement de dispositifs spécifiques a souvent été nécessaire. Nous avons mené plusieurs actions d'inventaire et de sauvegarde sur une période de dix ans, pour une vingtaine d'objets repérés : cryostats, calorimètre, boîtes à neutrons Mambo I et II, dispositif de détection et de mesure LADI, et le réacteur à haut flux (RHF) lui-même. Tous versés à la base nationale Patstec, plusieurs de ses dispositifs ont fait l'objet d'articles de vulgarisation sur le site Echosciences-Grenoble<sup>3</sup>.

Le Laboratoire national des champs magnétiques intenses (LNCMI), créé en 2009, est le produit d'une histoire déjà dense. L'année 1970 voit la création du SNCI (Service national de champs intenses). Service uniquement français à l'origine, le SNCI acquiert le statut de laboratoire en 1972 et change de nom pour devenir le LCMI, un laboratoire franco-allemand. Il redeviendra entièrement français en 2004. En 2009, le LNCMI est créé par regroupement en un seul laboratoire du LCMI de Grenoble et du Laboratoire des champs pulsés de Toulouse. En 2015, il est intégré dans l'European Magnetic Field Laboratory<sup>4</sup>, qui dessine un axe de structures de recherche Grenoble (France) - Dresde (Allemagne) - Nimègue (Pays-Bas). Son budget annuel est de l'ordre de 8 M€. Il regroupe 40 personnes, chercheurs, techniciens et administratifs. Le laboratoire vient d'achever la construction d'un aimant de 42 teslas (T), consommant 24 MW dans une première étape. Sa structure double très complexe, dite hybride, est constituée d'aimants résistifs très spécifiques, placés au centre d'un aimant supraconducteur unique en son genre refroidit à l'hélium superfluide. Plusieurs actions de sauvegarde ont été entreprises sur une période de dix ans : d'abord autour de l'aimant rotatif de 20 T (démantelé depuis mais conservé en caisses), puis autour de l'aimant hybride de 42 T et ses équipements associées (ligne d'insertion du conducteur supraconducteur, satellite cryogénique produisant l'He superfluide pour refroidir la partie supraconductrice, liquéfacteur d'hélium). Ce dernier instrument inaugure actuellement sa mise en service – voir à ce sujet notre deuxième partie.

La plateforme Coriolis du LEGI (UGA) a été construite dès 1960. Elle est aujourd'hui toujours en activité, après une refonte de sa structure consécutive à un transfert, depuis le Polygone scientifique vers le campus universitaire de Saint-Martin-d'Hères. Son domaine d'activité est l'étude des phénomènes hydrodynamiques à grande échelle, ce qui mobilise 80 personnes. Elle dispose d'un bassin hydraulique tournant d'un diamètre de 13 mètres et d'une masse en charge de 225 tonnes. La plateforme en elle-même et plusieurs de ses équipements sont présents sur la base de données nationale Patstec, grâce à une action de sauvegarde engagée par la cellule patrimoine de l'UGA dès 2019.

Pour les quatre structures suivantes, les actions de sauvegarde n'ont pas encore été entreprises ou sont en cours de déploiement :

- l'Institut de radio-astronomie millimétrique (IRAM), créé en 1979. Cette structure compte actuellement 120 personnes et est cogérée par la France, l'Allemagne et l'Espagne. L'institut entretient des relations étroites avec les États-Unis, la Chine, le Chili, entre autres, et fait partie intégrante de l'OSUG (Observatoire des sciences de l'univers de Grenoble, qui regroupe 1 200 personnes au total) ;
- l'European Molecular Biology Laboratory (EMBL), créé en 1975, regroupe actuellement 70 personnes réparties sur 6 sites en Europe, et intègre 25 pays membres ;

---

<sup>3</sup>Bibliographie succincte : articles Echosciences-Grenoble, par Hiron, X., Ruffot, C., « L'aimant hybride du LNCMI » (interview de Pierre Pugat par l'ACONIT) : <https://www.echosciences-grenoble.fr/articles/destins-d-objets-scientifiques-et-techniques-l-aimant-hybride-du-lncmi-1-10-annee-2018> ; articles Echosciences-Grenoble, par Chouteau, G., Hiron, X., « (Comment) Faut-il sauvegarder les objets encombrants ? » : <https://www.echosciences-grenoble.fr/articles/patrimonialisation-scientifique-et-technique-comment-faut-il-sauvegarder-les-objets-encombrants-5-10-annee-2020> ; concernant l'aimant de Meudon-Bellevue : voir <https://journals.openedition.org/hrc/768?lang=es> in *La Revue* du comité pour l'histoire du CNRS.

<sup>4</sup><https://emfl.eu/>

- l'Institut de biologie structurale (IBS) date de 1992. Celui-ci fonctionne avec un volant de 260 personnes. Une chambre de précession (caméra) pour caractérisation de la structure cristalline y a été décrite ;
- l'European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) est le dernier-né de ces grands équipements. C'est aussi le plus étendu d'entre eux, avec une installation de 844 mètres de circonférence. Cet accélérateur de particules a été créé en 1994 pour recevoir des chercheurs internationaux. Son effectif s'élève à 630 personnes en 2020. Il s'appuie sur un budget de 100 M€, alloué conjointement par 22 pays membres. Récemment rénovée, sa source de rayons X est la plus brillante au monde. Elle dispose de 44 lignes de lumière, ce qui lui permet de soutenir en moyenne 2 000 publications annuelles et de recevoir 9 000 visiteurs. Ses activités embrassent presque tous les domaines des sciences (physique, chimie, biologie, médecine, matériaux - paléontologie, arts plastiques, etc.).

Ces structures de recherche, aussi appelées grands équipements, ont toutes été créées pour intégrer (pour ne pas dire « autour ») de gros instruments de la recherche française et internationale. Nous allons illustrer cette réalité par la thématique des aimants.

### **Histoire des gros aimants de recherche en France**

Historiquement parlant, l'électroaimant de Bellevue, construit sur la commune de Meudon, en région parisienne, par Aimé Cotton, est le premier grand instrument français. Pesant 120 t pour une longueur de 6,3 m, une largeur de 2,75 m et une hauteur de 2,75 m, sa consommation électrique s'établissait à 100 kW, pour un champ magnétique maximum de 10 T, ce qui était considérable pour l'époque. Envisagée dès avant les années 1910, sa conception coûteuse fut retardée du fait de la Première Guerre mondiale. Il fonctionna entre 1928 et 1973. Il favorisa de nombreuses découvertes dans l'étude des propriétés magnétiques de la matière, de la conductibilité thermique par les champs magnétiques, l'architecture des atomes ou encore la nature de la radioactivité. Son financement a été obtenu par les institutions publiques et une souscription.



Vue générale de l'aimant de Meudon-Bellevue, qui fait actuellement l'objet d'un projet de mise en valeur sur le site initial du Laboratoire Aimé-Cotton. © CNRS

## Les aimants modernes (après 1950)

Le physicien Louis Néel, spécialiste des matériaux magnétiques, s'installe à Grenoble en 1940, en plein conflit mondial. Pour développer ses recherches, il a besoin :

- de très basses températures (ce qui occasionnera la création du CRTBT [Centre de recherche très basses températures] en 1962, avec le développement du liquéfacteur d'hélium Weil-Lacaze). Son objectif expérimental est d'atteindre les températures les plus proches possibles du zéro absolu, inférieures à 4 kelvins ;

- de champs magnétiques continus, les plus élevés possibles, ce qui conduira, comme déjà mentionné, à la création du SNCI en 1970, devenu LNCMI en 1979.

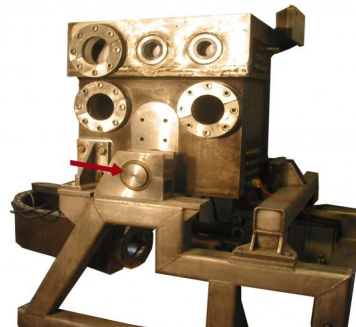
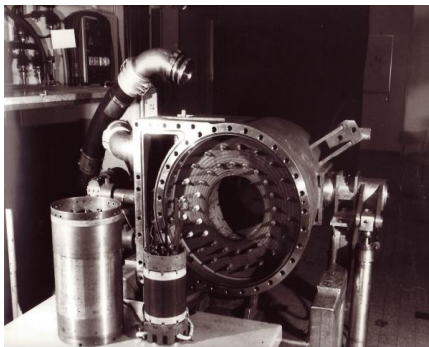
Les aimants étant très « gourmands » en énergie, il faut leur fournir de fortes puissances électriques, elles-mêmes très gourmandes en crédits. La consommation électrique, à technologie constante, a augmenté plus vite que le champ magnétique produit :

1965 : 4 T, 1 200 A, 600 kW

1968 : 8 T, 1 700 kW

Après 1970, la course au champ magnétique maximum, pour satisfaire les besoins de la science, devient aussi une course à la puissance : on passera ainsi de 15 T (12 MW) à 35 T (20 MW).

Une opération exceptionnelle de sauvegarde patrimoniale a été engagée dès la mise en place de la délégation locale de la mission nationale Patstec, en 2005, avec un aimant orientable de 24 T (record du monde de l'époque). Cet objet unique, spécialement conçu en 1980 pour conduire des expériences d'optique, était un prototype de 4 t pour des dimensions hors tout de L. 1,8 x l. 1,8 x H. 1,8 m. Enregistré dans la base de données PSTC de l'ACONIT et sur la base nationale Patstec, l'objet a été démantelé, mais il est conservé en caisses au LNCMI, sur suggestion de l'ACONIT.



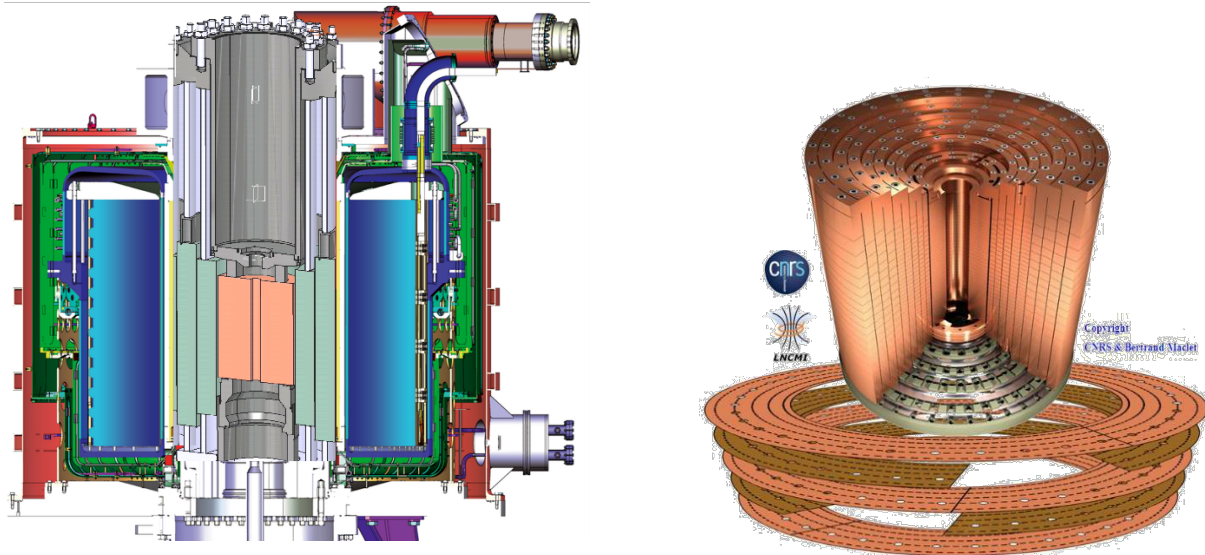
Deux vues de l'aimant orientable de 24 teslas : à gauche, avec orientation du champ à l'horizontale, à droite, à la verticale. © LNCMI

À partir des années 2000, la demande de champs magnétiques de plus en plus élevés ne cesse de croître. Des champs magnétiques supérieurs à 35 T, pour mener des recherches dans des domaines très variés (supraconductivité, semi-conducteurs, graphène, etc.), deviennent nécessaires. Le facteur limitant le plus important est la puissance électrique disponible. À Grenoble, elle était jusqu'à très récemment limitée à 24 MW, ce qui ne permet pas de dépasser 38 T. Elle a été augmentée en 2024 jusqu'à 30 MW grâce à l'installation d'un nouveau transformateur 60 MVA 225 kV /15 kV <sup>5</sup>.

Pour augmenter encore le champ magnétique à puissance électrique limitée, la solution technique consiste à associer un aimant résistif à un aimant supraconducteur produisant un

<sup>5</sup>[https://lncmi.cnrs.fr/wp-content/uploads/2024/02/AR2023\\_vWeb.pdf](https://lncmi.cnrs.fr/wp-content/uploads/2024/02/AR2023_vWeb.pdf) (p. 89)

champ magnétique supplémentaire pouvant atteindre 9 voire 10 T dans un diamètre de 1100 mm dans le cas de celui développé au LNCMI. Le gros avantage de cet assemblage est qu'un aimant supraconducteur ne consomme pratiquement pas d'énergie électrique autre que celle pour la cryogénie nécessaire à son refroidissement. Mais son architecture interne est extrêmement complexe, faite d'hélices et de disques superposés en alliage de cuivre pour la partie résistive et d'enroulements en double-galettes d'un conducteur supraconducteur de haute technicité. Cet aimant hybride va être mis en service en 2025 jusqu'à 42 T dans une première étape, champ magnétique qu'il a atteint le 8 novembre 2024 lors de sa période de tests <sup>6</sup>.



Deux vues schématiques de la structure de l'aimant hybride : à gauche, la structure complète de l'aimant hybride du LNCMI (© Pierre Pugat, CNRS/LNCMI) avec l'aimant supraconducteur qui se trouve en périphérie (bleu) ; à droite, un zoom sur la partie interne de l'aimant hybride composé d'inserts résistifs réalisés avec des alliages de cuivre basés sur les technologies des disques de Bitter (US) et polyhélice (Grenobloise), avec tout au centre la chambre de mesure de l'échantillon qui possède un diamètre de 34 mm. (© CNRS, Bertrand Maclet).

### Quelles destinations pour ce nouvel instrument ?

La conception de l'aimant hybride permettra ultérieurement de dépasser cette valeur de 42 T mais dans l'immédiat, place à la Science jusqu'à cette valeur de champ. Les expériences qui y seront conduites à partir de 2025 concerneront en premier lieu la physique de la matière condensée (physique fondamentale) et le domaine de la chimie. Mais d'autres domaines seront à terme concernés, comme la magnéto-science (élaboration de nouveaux matériaux sous champs magnétiques intenses) ou l'étude de la matière noire avec la recherche d'Axions dans le cadre de l'expérience GrAHal (Grenoble Axion Haloscope)<sup>7</sup>.

Pour certaines recherches, il est nécessaire de disposer d'un volume d'échantillonnage utile important, supérieur au volume utile standard (soit 34 mm de diamètre sur une hauteur minimale de 50 mm). Il s'agit notamment de l'étude des matériaux supraconducteurs à très haut champ critique qui seront utilisés pour les aimants du futur supérieurs à 50 T<sup>8</sup>. Des études conceptuelles ont déjà été publiées pour un aimant hybride de 60 T.

<sup>6</sup><https://lncmi.cnrs.fr/actualite/laimant-hybride-du-lncmi-atteint-42-tesla/>

<sup>7</sup><https://doi.org/10.3389/fphy.2024.1358810>

<sup>8</sup>Le champ critique est le champ maximum que peut supporter un supraconducteur. Il s'établit actuellement à environ 100 teslas, en fonction des matériaux étudiés. La photographie de l'aimant de Bellevue apparaît sur le site de la Ville de Meudon : <https://www.meudon.fr/ma-ville/decouvrir-meudon-presentation-de-la-ville/histoire-et-patrimoine/sciences-a-meudon/>

Un autre thème concerne l'effet Hall quantique, dont la découverte au LNCMI en 1985 a valu le prix Nobel de physique à Klaus von Klitzing. L'effet Hall est observé lorsque l'on soumet un courant électrique dans un matériau conducteur à un champ magnétique transverse. On déduit des mesures une résistance dite « résistance de von Klitzing », qui s'exprime uniquement avec des constantes fondamentales de la physique. Cette découverte fondamentale a permis de construire un étalon extrêmement précis de l'ohm, unité internationale de résistance électrique.

Pour mettre en œuvre ces différentes recherches, le LNCMI a conçu une plateforme de mesure modulable, capable d'accueillir des échantillons de volume très variés. L'aimant hybride de 43 T du LNCMI a été enregistré dès 2017 dans les bases de données locales et nationale, avec ses machines associées :

- la ligne d'assemblage du conducteur supraconducteur d'un nouveau type, machine construite uniquement pour la réalisation de l'aimant supraconducteur. Constituée d'une succession de modules, elle est destinée à être démantelée et (peut-être) vendue. Ses caractéristiques physiques sont : L. 18,5 x l. 1,5 x H. 4,5 m, pour une masse globale de 1 000 kg ;
- le liquéfacteur d'hélium d'une capacité de 140 l/h, de diamètre 2,2 m et masse 900 kg, qui est un dispositif périphérique nécessaire à la cryogénie de l'aimant (il recondense l'He liquide évaporé en continu durant les périodes de fonctionnement de l'aimant supraconducteur). Cette opération est une première du genre, car elle a concerné la patrimonialisation d'un ensemble complet (banc de fabrication compris) avant même sa mise en service.



Vue de l'aimant hybride depuis le rez-de-chaussée du LNCMI comprenant l'aimant supraconducteur et les inserts résistifs. La hauteur totale est d'environ 5,4 m pour un poids total d'environ 52 tonnes. Dans la partie inférieure, on peut également voir les boîtes à eau pour les inserts résistifs alimentées en parallèle par 2 x 12 MW, ainsi que les câbles refroidis à l'eau de 32 kA (© Pierre Pugat, CNRS/LNCMI).

## Conclusion

Généralement, les (très) gros instruments ont la réputation de ne pas pouvoir être conservés, notamment à cause de leur fort encombrement. Leur démantèlement est, en conséquence, souvent vu comme une issue inévitable à leur période d'activité. Un travail documentaire incluant un reportage photographique, des notices, des vidéos, des témoignages et une contextualisation des objets en fonctionnement permet cependant d'en conserver au moins la mémoire pour les générations futures.

Mais au-delà de ce premier constat, des enseignements ont pu être tirés des différentes actions entreprises au sein de ces environnements de recherche, dont la conservation n'est pas l'objectif premier :

- les chercheurs partent généralement du constat que les gros équipements n'ont d'intérêt qu'en fonctionnement ; ceci oriente souvent les actions patrimoniales vers de la médiation pendant leur

temps d'usage (et parfois au-delà, lorsque les objets, pour des raisons d'encombrement par exemple, sont conservés tels quels après usage) ;

- les gros équipements se prêtent aussi bien que les autres à un enregistrement en base de données ; appartiennent à cette catégorie, par exemple, les lyophilisateurs et la cellule d'irradiation gamma de l'atelier de restauration ARC-Nucléart, les aimants du LNCMI, le générateur de chocs de GE-Power, le réacteur à haut flux de l'ILL, la salle de contrôle de la SEMITAG, etc.) ;

- la question de la création d'un formulaire adapté à la description de lieux et/ou d'institutions peut alors se poser, en marge du formulaire machine existant (tout comme il est aussi possible d'imaginer la création d'un formulaire dédié aux personnes et/ou à leur carrière) ;

- ces propositions de nouveaux formulaires reviennent à prendre conscience qu'il vaut mieux enregistrer de la donnée (souvent étayée par de la documentation) avant que les contextes matériels ne disparaissent, plutôt que de faire l'impasse sur des enregistrements parce que l'on sait à l'avance que les instruments en question ne seront pas conservés.

Cas emblématique du cyclotron du LPSC (Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie) de Grenoble : cet équipement très massif (ainsi que sa documentation conséquente) doit-il être inscrit en base de données bien qu'il ait cessé toute activité depuis 1998 et qu'il soit en phase avancée de démantèlement ? En définitive, la question principale devient : quels usages peut-on envisager, à terme, pour les objets conservés et/ou pour les informations annexes récoltées ?