

La recherche sur les champs magnétiques intenses : état et futures directions

Publié le vendredi 21 février 2014

Voir en ligne : <https://www.france-science.org/La-recherche-sur-les-champs.html>

A la demande de la Fondation Nationale des Sciences des Etats-Unis (*National Science Foundation* ou NSF), le Conseil national de recherche (*National Research Council* ou NRC) a réalisé un audit sur la recherche scientifique basée sur les champs magnétiques intenses. Selon le rapport, aboutissement de cet audit, la dominance des Etats-Unis est menacée à long terme en particulier par les pays de l'Union Européenne. Pour accroître l'avance américaine, il insiste sur la mise en place d'un budget sur le long terme ainsi que l'accroissement des collaborations internationales.

Le questionnement

Le comité formé au sein du NRC, présidé par le Dr. Bertrand HALPERIN de l'Université Harvard, a été chargé de répondre à trois questions :

1. Quel est l'état de l'art de la technologie, du génie et de la science sur les aimants à fort champ aux Etats-Unis et y-a-t-il des besoins évidents qui doivent être traités ?
2. Quel sont les éléments moteurs de la science actuellement et quel sont les défis et opportunités scientifiques qui peuvent être anticipés sur les 10 prochaines années ?
3. Quel sont les principaux centres de recherche sur les champs magnétiques intenses existant ou planifiés en dehors des Etats-Unis ? Quels rôles les efforts américains de développement d'aimants à champs fort ont joué dans le développement de ces entités ? Et quels potentiels existent-ils pour des collaborations internationales ?

Les champs magnétiques intenses... un passé glorieux... un avenir éblouissant

Un champ magnétique produit par un aimant exerce une force sur certains matériaux. Son intensité se mesure en Tesla (T), 1T décrivant un champ 20.000 fois plus important que le champ magnétique terrestre. Un champ magnétique est qualifié d'intense lorsqu'il dépasse 20T. On connaît tous les aimants naturels qui autrefois étaient utilisés dans des boussoles, mais aujourd'hui on sait créer des champs magnétiques en laboratoire en faisant circuler un courant électrique dans un matériau conducteur et plus le courant électrique est fort plus le champ magnétique produit sera important.

Lorsque l'on désire étudier des matériaux soumis à un champ magnétique ou plus généralement étudier la physique associée au champ magnétique, on est obligé d'utiliser des champs très importants afin d'exalter la réponse du matériau ou du système étudié. Pour créer des champs intenses, on concentre les champs magnétiques dans des bobines. Toutefois, si l'on crée un champ trop intense, les forces engendrées risquent de détruire les bobines et si l'on utilise un courant électrique trop élevé, celui-ci risque de faire fondre les éléments conducteurs.

Les aimants à champ intenses sont ainsi à la fois complexes et coûteux à construire et à exploiter. Toutefois, ceux-ci contribuent à de nombreux domaines des sciences tels la médecine, l'ingénierie pétrolière, la biologie, la chimie, la géologie et la cosmologie. Par exemple, la connaissance sur l'état de la matière doit beaucoup aux recherches sur les champs magnétiques. Grâce à celles-ci, on connaît l'existence du spin des électrons, des protons et des particules élémentaires. Un autre exemple intéressant à noter est associé à la découverte de la supraconductivité. En effet, un matériau supraconducteur rejette les lignes de champ magnétique hors du matériau ce qui entraîne l'apparition d'une force qui permet au matériau de léviter au-dessus du champ

magnétique. Ce phénomène a été utilisé pour créer des trains à grande vitesse, appelés MAGLEV, "flottant au-dessus du sol," à partir d'aimants de synthèse ; l'un des plus connu étant le train japonais Maglev MLX01. [2,3] Toutefois, le développement de l'imagerie par résonance magnétique nucléaire (imagerie RMN) est sûrement le concept à base de champs magnétiques que l'on connaît le mieux. L'imagerie RMN a modifié la manière dont les diagnostics médicaux sont réalisés. De plus, plus le champ est intense plus la résolution de l'image RMN est bonne incitant ainsi le développement de la recherche sur les champs magnétiques intenses.

Dans les dix années à venir, le rapport prédit que les recherches basées sur les champs magnétiques intenses apporteront leurs lots de nouveaux matériaux ; des matériaux ayant des topologies et des phases exotiques ainsi que des fonctionnalités utiles. Selon le rapport, la combinaison d'installations de champs magnétiques intenses avec d'autres instruments d'analyse, *i.e.* des spectromètres avancés de photons et de neutrons, accéléreront ces avancées. Le rapport soulève également l'importance des champs magnétiques intenses dans les systèmes biologiques et chimiques. L'imagerie médicale du métabolisme et de la physiologie de l'homme devrait par exemple beaucoup bénéficier du développement des aimants à champ magnétique intense.

Etat de la recherche aux Etats-Unis

Dans le monde seuls quelques centres travaillent sur les champs magnétiques intenses. Aux Etats-Unis, le Laboratoire national des champs magnétiques intenses (*National High Magnetic Field Laboratory* ou NHMFL), financé par la NSF, est le premier établissement américain de recherche sur les champs magnétiques intenses. [4] En fait, il contribue pour la très large majorité à l'effort américain de recherche sur le sujet. Il est basé à Tallahassee en Floride et est la propriété de l'Université d'Etat de Floride, avec des branches à l'Université de Floride et au Laboratoire national de Los Alamos au Nouveau Mexique. Le NHMFL possède un parc varié d'aimants tels que l'aimant hybride DC supraconducteur/résistif, des aimants pulsés, un équipement champs fort basse température et un équipement RMN à 900 Hz (21,1T). Les chercheurs du NHMFL à Los Alamos ont développé et opéré un aimant de 100T, un record.

Au-delà du NHMFL, d'autres laboratoires américains, certains financés par le Département de l'énergie (*Department of Energy* ou DoE), ont contribué à l'excellence américaine dans le domaine des champs magnétiques intenses au travers de la conception et le déploiement d'aimants supraconducteurs de haut niveau pour des expériences en physique des hautes énergies ou en fusion nucléaire contrôlée. [BE]

Cependant le rapport note que, malgré leurs succès, la compétitivité des installations de recherche américaines par rapport aux pays étrangers est sur le déclin. Le rapport prend en exemple l'Union Européenne qui a financé la création d'un laboratoire européen pour les champs magnétiques (*European Magnetic Field Laboratory* ou EMFL). L'EMFL associe notamment des laboratoires Français (Laboratoire national des champs magnétiques intenses ou LNCMI), hollandais (*High Field Magnet Laboratory* ou HFML) et allemand (*Dresden High Magnetic Field Laboratory* ou DHMFL).

Recommandations du Comité d'évaluation de la recherche sur les champs magnétiques intenses

Le premier point que le rapport met en valeur est la nécessité d'une installation centralisée telle que le NHMFL. Ainsi, selon le comité, la NSF devrait continuer à fournir son soutien pour les activités du NHMFL ainsi que fournir un soutien pour le développement de la prochaine génération d'aimants à champ intense. Le rapport reconnaît le besoin de centres communs régionaux et recommande que les organismes fédéraux évaluent la faisabilité de la mise en place de tels centres. Ceux-ci pourraient mettre à disposition des chercheurs des aimants d'intensité de l'ordre de 30T.

Le rapport insiste sur la nécessité de financer le développement d'aimants à champs magnétiques intenses variés afin d'amplifier le nombre de découvertes scientifiques, ces découvertes pouvant se traduire dans le temps par des avantages économiques pour les Etats-Unis. Par exemple, le rapport cite, en outre, la création de nouveaux aimants à base de composés supraconducteurs tel que YBaCuO permettant d'atteindre des intensités de champs important, ou encore le développement et le déploiement d'aimants à fort champ magnétique sur les sites des grands instruments nationaux (X-ray, neutrons) ou enfin le développement d'un aimant à 20T à base de bore permettant l'imagerie RMN d'un animal ou d'un homme entièrement.

Concernant la coopération internationale, le rapport recommande que les installations à champ intenses à travers le monde soient encouragées à collaborer afin d'améliorer la qualité des aimants et des services pour les utilisateurs. Ceci pourrait être accompli grâce à la création d'un forum mondial pour les champs magnétiques intenses qui serait composé de représentants des grandes installations de tous les continents. Un tel forum pourrait en outre stimuler la collaboration et l'échange d'expertise et de personnel, fournissant ainsi un meilleur service à la communauté scientifique et le développement de la technologie des aimants.

En ce qui concerne l'aspect managérial, le rapport a examiné le calendrier des contrats entre la NSF et le NHMFL et a conclu que des contrats établis sur des périodes aussi courtes que cinq années mettent en péril l'investissement national dans la recherche sur les champs intenses ; cela pourrait avoir des effets désastreux sur la communauté des chercheurs qui dépendent de l'accès ininterrompu à ces installations. Le rapport recommande que la NSF et le NHMFL adoptent un modèle responsable de partenariats et qu'une école sur les sciences et de la technologie des aimants à champ intense soit mise en place aux Etats-Unis.

Sources :

- [2] Los Alamos National Laboratory. Magnetic Levitation Trains - <http://www.lanl.gov/orgs/mpa/stc/train.shtml>
- [3] Magnetic Levitation Transportation. Trains - <http://www.maglehighways.com/trains/index.html>
- [4] National High Magnetic Field Laboratory - <http://www.magnet.fsu.edu/>
- [5] European Magnetic Field Laboratory - <http://www.emfl.eu/home.html>

Pour en savoir plus, contacts :

[1] The National Academy Press. High Magnetic Field Science and Its Application in the United States : Current Status and Future Directions (2013) - http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=18355&dm_i=1ZJN,26I9S,EMUXMD,7VXKC,1
Code brève
ADIT : 75241

Rédacteurs :

- Christian Turquat, attache-phys@ambascience-usa.org ;
- Retrouvez toutes nos activités sur <http://france-science.org>.