



Câbles supraconducteurs.

LA SUPRACONDUCTIVITÉ

2011 célèbre le centenaire de la découverte de la supraconductivité avec un certain nombre de manifestations en France mettant en évidence ses étonnantes propriétés : inhiber toute résistance au passage de l'électricité dans un conducteur. Une découverte qui trouve aujourd'hui des applications dans le milieu médical ou la recherche en physique permettant de réaliser des machines de fusion, comme Tore Supra et bientôt ITER.

C'est en étudiant le comportement des gaz à très basse température qu'en 1911 le physicien néerlandais Heike Kamerlingh Onnes découvre par le plus grand des hasards les remarquables propriétés de la supraconductivité : certains métaux, refroidis à des températures proches du zéro absolu perdent instantanément toute « résistance » au passage de l'électricité. Récompensé par un prix Nobel de physique en 1913, le scientifique était convaincu que sa découverte générerait de nombreuses applications.

100 ans plus tard en effet, la production de forts champs magnétiques est possible grâce au refroidissement d'aimants très puissants qui sont supraconducteurs. Générant pour les plus petits d'entre-eux des champs magnétiques de 2 à 3 teslas*, les supraconducteurs sont notamment utilisés dans le secteur de l'imagerie par résonance magnétique (IRM), réalisant ainsi des clichés détaillés des parties intérieures du corps et permettant de voir les détails du cerveau humain encore jamais révélés.

Basée sur le même principe physique, la spectroscopie utilisant des champs d'une vingtaine de teslas, permet aujourd'hui d'explorer les propriétés de la matière dans le domaine de la physique et de la biologie. « Depuis 50 ans le CEA joue, au niveau mondial, un rôle essentiel dans le domaine de la supraconductivité dans ces secteurs mais aussi dans celui de la physique des particules et de l'énergie de fusion » précise Jean-Luc Duchateau, ingénieur à l'Institut de recherche en fusion magnétique (IRFM) au CEA/Cadarache. « Avec l'installation Tore Supra, l'IRFM a notamment démontré qu'il est possible de confiner des plasmas extrêmement chauds avec des aimants fonctionnant à des températures proches du zéro absolu » poursuit-il. Le bon fonctionnement de Tore Supra pendant 20 ans a influencé la décision de construire ITER. Les forts champs magnétiques de 11,8 teslas d'ITER seront capables de confiner les plasmas. Sans aimants supraconducteurs, il n'est en effet pas possible d'imaginer une énergie économiquement rentable issue de la fusion : avec l'aide de la supraconductivité, seuls 50 MW seront injectés pour qu'ITER en produise 500 alors que sans supraconducteur 2000 MW seraient nécessaires » conclut-il.

Les aimants d'ITER seront constitués de conducteurs de type câble-en-conduit dans lesquels des faisceaux de brins supraconducteurs sont enfermés dans une gaine d'acier. La longueur totale de ces brins sera de 80 000 km (quasiment deux fois la circonférence de la terre). « Fabriqués depuis 2010 dans plusieurs pays du monde, 50 % des brins niobium-taïwan pour les bobines de champ toroïdal sont déjà réalisés » confirme Arnaud Devred, ingénieur responsable des supraconducteurs d'ITER, ce qui représente déjà plus de 250 tonnes de brins produits. « De fait, ITER a accéléré le développement industriel de ces matériaux qui jusque-là n'étaient pas produits en masse. » Des chaînes d'assemblage de conducteurs ITER ont été montées en Chine, en Italie,

au Japon, aux Etats-Unis et en Russie, alors que sur le site ITER se construit le hall d'assemblage de bobines supraconductrices de 24 mètres de diamètre. Enfin, depuis 2010 d'autres conducteurs, comme celui du solénoïde central qui sera responsable du maintien du courant dans le plasma, font l'objet de tests sur des prototypes dans une station d'essais en Suisse.

La livraison sur site des premiers aimants de la machine est attendue vers la fin 2015.

* Unité mesurant la valeur des champs magnétiques. 1 tesla est égal à 10 000 champs magnétiques terrestres.
 ** Le plasma représente le 4^{ème} état de la matière après le solide, le liquide et le gazeux. Il s'agit d'un gaz si chaud que les électrons sont détachés des noyaux atomiques. Le soleil – comme les autres étoiles – est une boule de plasma. Une lampe à néon contient un plasma qui émet une quantité importante de lumière en consommant beaucoup moins d'énergie qu'une lampe à incandescence.
 *** Supraconducteur cylindrique responsable de la stabilisation du plasma et du maintien à l'état de plasma



LA SUPRACONDUCTIVITÉ FÊTE SES 100 ANS

La supraconductivité fête dignement ses 100 ans cette année et ses 50 ans d'applications. De nombreuses manifestations sont organisées partout en France jusqu'à la fin de l'année. Comme celle du Musée des arts et métiers à Paris qui a organisé une grande fête de la supraconductivité avec des expériences (lévitacion, supercourants, magnétisme, azote liquide), des expositions ou des conférences. A Marseille, plus de 900 spécialistes du monde entier se sont rassemblés lors de la 22^{ème} conférence scientifique sur les aimants supraconducteurs du 12 au 16 septembre pour aborder des sujets touchant les applications : les secteurs du médical ou de la physique, l'industrie et les matériaux supraconducteurs eux-mêmes. Parallèlement, scientifiques et industriels ont pu tisser des liens autour d'une exposition sur les différentes applications industrielles et les secteurs de recherche. Jean-Luc Duchateau, ingénieur à l'Institut de recherche sur la fusion magnétique (IRFM) et expert international au CEA des aimants supraconducteurs, commente la situation actuelle. « Pour l'heure, les composés mis en oeuvre dans les aimants supraconducteurs doivent être refroidis à des températures proches du zéro absolu – de l'ordre de 4 K (-269° C), comme par exemple, pour les bobinages ITER. « Le Graal, c'est la supraconductivité 'chaude', à la température, disons, de l'azote liquide (77 K, soit -196° C) » explique-t-il. Sans attendre la réalisation de ce rêve sans doute lointain, les succès de la supraconductivité aujourd'hui, notamment dans le domaine de l'imagerie médicale ou de la résonance magnétique nucléaire par exemple, ouvre déjà des perspectives très intéressantes pour l'humanité.

www.mt22.org

Les premières élévations du poste électrique



Pose de la poutre de 5 tonnes.

Les imposantes charpentes du poste électrique très haute tension dont les fondations ont été réalisées dans le courant de l'été dernier commencent à s'élever sur le chantier ITER. La première rangée de pylônes, haute de 22 m et reliés par deux poutres de cinq tonnes chacune, servira d'ancrage d'arrivée aux deux circuits qui alimenteront les installations d'ITER.

Cette rangée est suivie par un enchaînement de piliers métalliques qui serviront de support aux jeux de barres, aiguillant l'énergie électrique vers les sept transformateurs qui seront construits par ITER. Le déroulage des câbles de conducteurs pour raccorder le poste à la ligne 400 kV devrait démarrer en janvier prochain. A terme, ce poste sera piloté à distance par la société RTE (Réseaux de transport électrique) depuis Marseille.

Le JET redémarre avec succès après 18 mois d'arrêt

Le coup d'envoi du démarrage du nouveau programme de recherche « ITER-Like Wall » a été donné vendredi 2 septembre 2011. Après dix-huit mois de travaux, la plus importante installation de recherche en fusion existante en Europe a livré ses premiers résultats de physique. Le succès de ces premières expériences ouvre la voie au programme de recherche et développement initié en 2004. L'objectif est d'obtenir des conditions expérimentales qui se rapprochent autant que possible de celles d'ITER, avec la même combinaison de matériaux faisant face au plasma et éprouvés dans des conditionnements de fonctionnement similaires. Pour cela, il a fallu remplacer près de 86 000 composants internes. Avec l'aide d'un robot, les tuiles de carbone qui tapissaient l'intérieur de l'enceinte, ont été remplacées par des éléments en béryllium. Des composants en tungstène ont été installés au niveau du divertor. Un nouveau réseau d'antennes de chauffage a été conçu et installé avec le support d'équipes américaines et brésiliennes. L'enceinte remise à neuf dispose aussi de nouvelles caméras infrarouges utilisées pour vérifier, en temps réel, avec une grande précision la température des composants qui font face



Concentration maximum en salle de contrôle-commande lors de la reprise des essais le 2 septembre.

au plasma qui peuvent dépasser le millier de degrés. « L'équipe du JET a réussi à construire un petit ITER » se félicite Francesco Romanelli, responsable du programme au sein de l'European Fusion Development Agreement.

Préparatifs des premiers convois ITER

Une vingtaine d'élus et de représentants des 16 communes concernées par le passage des convois très exceptionnels qui emprunteront l'itinéraire ITER se sont réunis à Aix-en-Provence, le 15 septembre 2011, à l'invitation d'Yves Lucchesi, sous-préfet d'Aix-en-Provence. Cette présentation, présidée par Alain Gardère, préfet délégué pour la Défense et la Sécurité, a été l'occasion pour tous de faire le point sur l'organisation générale des transports à venir et les nombreux préparatifs encore nécessaires avant le convoi test « grandeur nature », prévu à la fin de l'année 2012, destiné à régler les derniers aspects techniques et organisationnels. En amont, deux opérations techniques sont également programmées courant 2012 : l'une concerne des mesures de contrôle en charge des nombreux ouvrages d'art renforcés et/ou reconstruits lors de la phase d'aménagement de l'itinéraire routier ; l'autre vise à tester les passages « au gabarit » impliquant au moins 9 m de large et plus d'une dizaine de mètres de hauteur. L'occasion pour Pierre-Marie Delplanque,

responsable de la cellule de l'itinéraire ITER de rappeler également « la volonté d'établir une communication régulière et proactive avec chacun en vue d'assurer dans les meilleures conditions la sécurité des riverains et des usagers de la route ».



Point d'information avec les 16 communes de l'itinéraire ITER.

Pose du voile ondulant

C'est au mois d'octobre que devrait démarrer la pose des immenses lames qui habilleront la façade nord du bâtiment de bureaux du siège ITER, constituant un voile ondulant sur 14 m de haut et 180 de long. Plus de 3 000 vannes de béton fibré à ultra haute performance (BFUP) de 3,5 cm d'épaisseur sur 17 cm de large et 3,5 m de haut reposeront sur des coursives de BFUP donnant cet impression de voile ondulant. La finition (teinte et aspect du béton) et la méthode de pose ont été validées mi-septembre.

Le BFUP est utilisé depuis quelques années dans la construction structurelle mais « son utilisation dans des réalisations esthétiques est une grande première » résume Benoit Parthiot, responsable du suivi de ces travaux pour Léon Grosse Provence. Moulées et talochées à la main, la fabrication des pièces a débuté mi-septembre tandis que leur pose est prévue à partir d'octobre 2011 jusqu'en avril 2012.

3 Questions à Sylvain Lambert

Coordinateur de la sécurité et de la protection de la santé au travail (CSPS Apave)



En charge de la coordination de la sécurité sur le chantier ITER depuis 2007, quel est votre bilan ?

Le bilan est satisfaisant au regard des résultats que nous enregistrons depuis cinq ans. Nous avons six fois moins d'accident du travail sur le chantier ITER qu'en moyenne au niveau national. Si les résultats sont satisfaisants en termes de taux de fréquence (8,29) et de taux de gravité (0,59) sur les chantiers engagés par l'Agence Iter France (construction du siège ITER et poste électrique), cela ne signifie pas pour autant « qu'il faut baisser la garde ». En atteste le responsable de l'infirmier du chantier qui a enregistré, au cours de l'été, une quarantaine d'interventions pour de petites blessures (coupures, coups de marteau sur les doigts, griffures...). « Les ouvriers oublient encore trop souvent de mettre les gants de protection lors des fortes chaleurs par exemple », a-t-il précisé lors du dixième colloque inter-entreprises, santé, sécurité et conditions de travail qui s'est tenu le 9 septembre 2011.

Combien d'accidents du travail ont été enregistrés ?

Huit accidents du travail ayant conduit à un arrêt ont été enregistrés pour l'ensemble des chantiers pilotés par l'Agence Iter France (près de 850 000 heures travaillées), depuis les travaux de viabilisation en 2007, de terrassement en 2008 jusqu'aux premières constructions démarrées il y a un an. Il s'agit pour l'essentiel de petits incidents (cheville tordue, blessure au pouce ou douleur dorsale suite à une chute d'objet...).

La prévention doit-elle être quotidienne ?

Oui, c'est indispensable. Par exemple, plus nous avançons dans la construction du bâtiment de bureaux du siège ITER, plus les gens se sentent protégés à l'intérieur alors que les risques demeurent. Même refrain pour les travaux du poste électrique qui viennent de démarrer sur le site. Les risques sont d'une autre nature puisqu'il s'agit ici de réaliser des fondations entre 2 et 12 mètres de profondeur, de lever et d'assembler des éléments de 5 à 6 tonnes pour le poste électrique 400 kV et dans quelques mois de poser des câbles avec des hélicoptères...

* Taux de fréquence : indicateur sur le nombre d'accidents du travail avec arrêt. Le taux de gravité est un indicateur sur le nombre de jours d'arrêt.



Réunion du 10^{ème} colloque inter-entreprises santé, sécurité et conditions de travail.