

LABORATOIRE RUTHERFORD - APPLETON

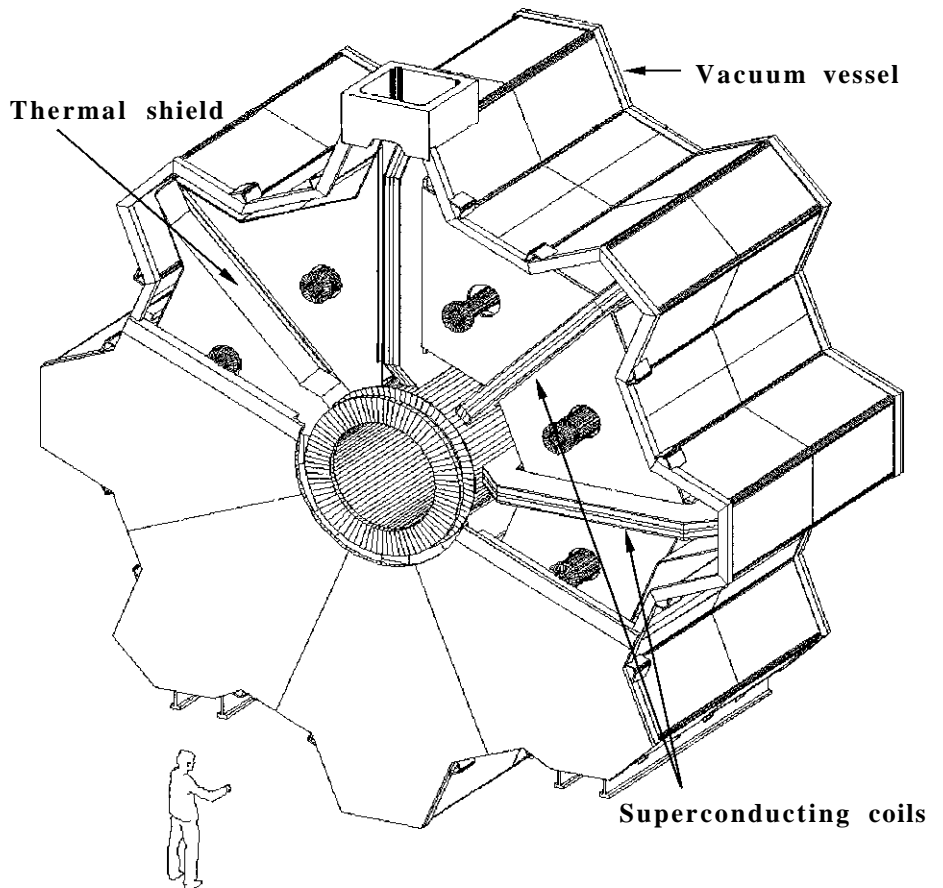
Conception des aimants toroïdaux à petit angle d'ATLAS

En mars le CERN et le laboratoire Rutherford Appleton (RAL) du Royaume-Uni ont signé un contrat de coopération concernant les aimants toroïdaux supraconducteurs à petit angle de l'expérience ATLAS au collisionneur de protons LHC du CERN, ainsi qu'un contrat de réalisation de la première étape, l'étude technique. On prévoit que trois autres contrats seront nécessaires, tout cela pour aboutir à la mise en service des aimants toroïdaux dans la caverne d'ATLAS.

Le RAL possède déjà une expérience considérable en technologie des aimants supraconducteurs après avoir conçu et construit les solénoïdes pour Delphi au collisionneur électron-positon LEP du CERN et pour H1 au collisionneur électron-proton HERA de DESY.

Le spectromètre à muons d'ATLAS comprend trois grands aimants toroïdaux supraconducteurs sans noyau: un cylindre long (le "tonneau") et deux bouchons. Ces aimants présentent l'avantage que, du moins dans le cas idéal, le champ magnétique est toujours perpendiculaire à la trajectoire du muon, il est donc utilisé de façon optimale. En outre, de grands volumes de fer pour le retour du flux magnétique ne sont pas nécessaires étant donné que le champ, de symétrie torique, est confiné à l'intérieur des bobines.

Chaque aimant torique est constitué de huit anneaux larges et plats disposés symétriquement autour de l'axe du faisceau, les anneaux des bouchons étant décalés par rapport à ceux du tonneau de façon qu'ils viennent s'intercaler entre ces derniers. Dans chaque bouchon les bobines sont



rendues solidaires par des structures mécaniques pour former une masse froide capable de résister aux importantes forces magnétiques centripètes.

Le câble lui-même, conçu pour porter 20 kA, est essentiellement une version à plus grande échelle des câbles utilisés dans des aimants plus petits. Le câble supraconducteur, de type Rutherford, est noyé dans de l'aluminium de grande pureté pour obtenir une section droite de 41 mm x 12 mm; 25,6 km seront nécessaires pour les toroïdes des bouchons. Chaque bobine comprend quatre couches d'enroulements, deux de chaque côté d'une plaque centrale.

Bien que les bobines soient grandes, elles restent dans le domaine de ce qu'il est possible de réaliser par les techniques d'enroulement classiques. Les bobines sont refroidies et maintenues à 4,5 K à l'aide de circuits

Vue en coupe de l'aimant toroïdal supraconducteur bouchon pour l'expérience ATLAS au collisionneur de protons LHC du CERN. On voit l'enceinte à vide, les écrans thermiques et les bobines supraconductrices, ainsi que la structure de la masse froide. Conçus par le laboratoire Rutherford Appleton (RAL) du Royaume-Uni, deux de ces aimants seront assemblés au CERN sous la supervision du RAL.

de pompage d'hélium liquide; autour de la masse froide, un écran thermique maintenu à 80 K, et associé à des couches de superisolation, réduit la charge thermique pour la centrale cryogénique à 0,5 kW à 4,5 K et 1,6 kW à 80 K.

Chaque aimant toroïdal est enfermé dans son propre grand cryostat (10 m x 5 m) de forme crénelée, tous deux viennent s'enfoncer dans les extrémités de l'aimant toroïdal tonneau en avançant sur les rails de support principaux de l'expérience ATLAS.

La nouveauté principale du système toroïdal, outre sa taille, est sa configuration inhabituelle. Une soigneuse analyse par éléments finis des contraintes magnétiques, gravitationnelles et thermiques a permis d'en valider la conception. Les questions de la propagation des transitions résistives, de la stabilité du conducteur et du comportement du

La collaboration NA48 au CERN est prête à lancer une autre attaque sur la mesure de la violation de CP. Quelque 70 physiciens de NA48 se sont rassemblés à Doubna, Russie, à la fin de février pour la dernière réunion de la collaboration avant la période d'expérimentation de 1997.

système magnétique en cas de défaillance grave, ont toutes été étudiées en détail et des travaux expérimentaux ont permis d'examiner la réponse des matériaux composites d'isolation à des contraintes de traction et de cisaillement.

L'étude technique a fait l'objet de deux examens séparés et l'ensemble est décrit dans son propre rapport de conception technique ATLAS. Du fait de la grande taille des toroïdes, il faudra assembler au CERN les éléments fournis par l'industrie, tels que bobines individuelles, cryostats et écrans thermiques.

Chaque toroïde assemblé subira des essais complets en surface, dans la zone Ouest du CERN, avant d'être installé comme une unité complète dans la caverne d'ATLAS. Les techniques de la réalité virtuelle ont permis de simuler les détails de ce processus d'assemblage, il s'agissait d'identifier tout problème éventuel et de trouver les solutions adéquates.

La réalisation de ce projet constitue pour tous les membres d'ATLAS un grand défi technique, elle repose sur les compétences du RAL et des autres laboratoires dans les techniques mécaniques, électriques, électroniques, du vide et de la cryogénie. L'équipe est confiante que les difficultés seront surmontées et que les aimants toroïdaux joueront un grand rôle dans le futur succès d'ATLAS.

CERN CP ou l'éternel retour

L'une des grandes questions sans réponse de la physique des particules des années 80 est prise d'assaut: l'équipe de NA48 au CERN commence son expérience, ajoutant ses forces à celles de E832 au laboratoire Fermi où la saisie des données a débuté en octobre 1996.

Ces expériences ont pour objectif de mesurer la violation de CP, l'un des effets les plus subtils de la nature, au millième près, plusieurs fois mieux que



les expériences précédentes des années 80. C, la conjugaison de charge et P, la parité, symbolisent des symétries observées dans les interactions des particules. C correspond au remplacement d'une particule par son homologue d'antimatière, tandis que P correspond à une inversion de l'espace, à l'observation dans un miroir qui renverserait conjointement les trois coordonnées spatiales. Les physiciens pensaient autrefois que ces symétries étaient l'une et l'autre conservées dans les interactions des particules, aussi furent-ils étonnés d'apprendre en 1956 que les interactions faibles ne respectent pas la symétrie P. Dans leurs recherches de "bonnes" symétries, ils avaient alors pensé pouvoir compter sur la combinaison CP, mais la suite allait prouver que cet espoir non plus n'était pas fondé.

Paradoxalement, bien que la violation de CP soit minime, elle pourrait être la source de certains des effets les plus gigantesques observés dans l'Univers. C'est aussi l'une des trois conditions énoncées en 1964 par le physicien russe Andrei Sakharov pour expliquer le déséquilibre observé dans les quantités de matière et d'antimatière qui nous entourent. Sans elle nous ne serions tout simplement pas là. D'après Sakharov, la violation de CP est le résultat d'une différence fondamentale entre matière et antimatière.

La violation de CP a été observée

pour la première fois en laboratoire en 1964 par James Cronin et Val Fitch à Brookhaven. Leur expérience montrait que les kaons neutres à vie longue, K_L , qui se désintègrent normalement en trois pions, se désintègrent aussi parfois en deux pions seulement, un processus qui ne respecte pas CP. En mécanique quantique on traite les kaons neutres comme un mélange d'états pairs et impairs vis-à-vis de CP, appelés respectivement K_1 et K_2 . Ces derniers n'existent pas physiquement sous forme de particules, mais en prenant des proportions différentes de l'un et de l'autre on obtient les deux versions à vie longue et à vie courte du kaon neutre, K_S et K_L .

Deux phénomènes sont susceptibles de produire une violation de CP. Conformément au premier, K_1 est un mélange de K_1 et d'une petite quantité de K_2 , qui se désintègre en deux pions - transition autorisée vis-à-vis de CP pour le K_1 mais apparemment interdite pour le K_2 . Le second phénomène s'appelle la violation directe de CP, l'état K_2 , impair vis-à-vis de CP, se désintègre directement en deux pions. Pour démêler ces effets différents et extrêmement ténus, il faut les mesurer avec soin; si l'on prend le quotient du nombre de désintégrations des K_1 en deux pions chargés par le nombre de leurs désintégrations en deux pions neutres et qu'on divise par ce même quotient pour les K_2 , on obtient un