

ATLAS

Ecorché du détecteur ATLAS au collisionneur proton–proton du LHC. L'aimant toroïdal extérieur s'étendra sur 26 m, avec un diamètre extérieur proche de 20 m. Le poids total du détecteur s'élève à 7000 tonnes.

Dans la mythologie grecque, Atlas était un Titan qui devait soutenir la voûte céleste de ses mains pour punition d'avoir pris part à une révolte contre les dieux de l'Olympe. Au LHC, le détecteur ATLAS également aura une lourde tâche d'expérimentation à porter, mais elle est ressentie comme une occasion en or plutôt que comme une punition.

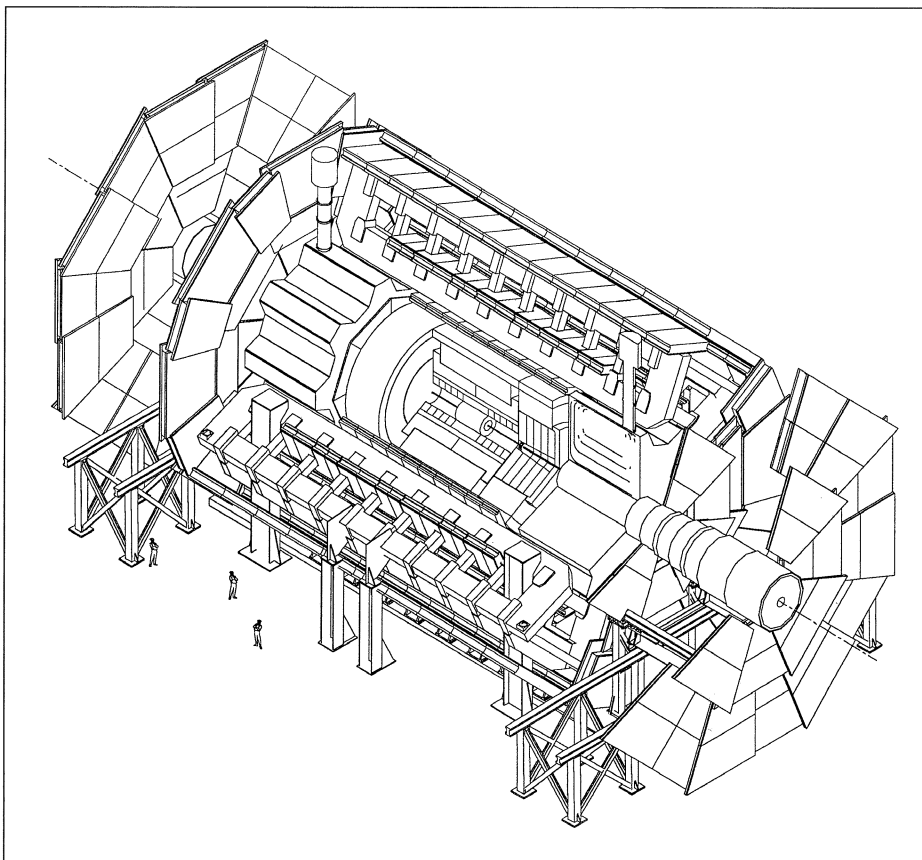
L'objectif principal au collisionneur proton–proton LHC du CERN est l'élucidation tant attendue du phénomène de Higgs, source de la brisure spontanée de symétrie dans la partie électrofaible du modèle standard. La grande collaboration ATLAS propose un énorme détecteur polyvalent destiné à exploiter pleinement le potentiel de découverte des collisions de protons au LHC.

Le LHC produira des collisions proton–proton dont la luminosité atteindra le niveau impressionnant de $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, après un rodage à 10^{33} . La philosophie d'ATLAS suppose la maîtrise d'autant de signatures que possible à toutes les luminosités, le rodage initial devant permettre l'identification des plus complexes d'entre elles.

Le concept d'ATLAS a été d'abord proposé sous la forme d'une lettre d'intention au comité LHC en novembre 1992. Après les présentations initiales en mars de la même année à la réunion d'Evian ("Vers un programme d'expérimentation au LHC"), deux projets de détecteurs polyvalents, ASCOT et EAGLE, avaient fusionné, Friedrich Dydak (MPI Munich) et Peter Jenni (CERN) devenant les co-porte-parole d'ATLAS. Depuis la présentation de la lettre d'intention initiale, les résultats des études sur les performances et du programme de R&D sur les détecteurs destinés au LHC (avril/mai, page 3) ont servi à optimiser et développer le projet ATLAS.

Le plan d'ensemble du détecteur se caractérise par un solénoïde supraconducteur intérieur (pour la trajectographie interne) et de grands toroïdes supraconducteurs sans culasse à l'extérieur des calorimètres. Cette solution permet de ne pas limiter la calorimétrie et de créer un détecteur fiable, de haute résolution et de grande acceptance.

L'aimant extérieur s'étendra en longueur sur 26 m, avec un diamètre hors-tout de près de 20 m. Son poids



total sera de 7000 T. Equipé de ses toroïdes-bouchons, l'aimant extérieur seul pèsera 1400 T. L'estimation du coût total du détecteur s'élève à 450 millions de francs suisses.

Pour atteindre leurs objectifs essentiels, les concepteurs d'ATLAS ont recherché: une très bonne calorimétrie électromagnétique afin de mieux identifier et mesurer les électrons et les photons ainsi qu'une couverture calorimétrique complète (hermétique) pour les jets et pour la détermination de l'énergie manquante; une trajectographie efficace à forte luminosité pour la mesure de l'impulsion des leptons, l'étiquetage des quarks lourds et une bonne identification des électrons et des photons, ainsi que pour la détermination des vertex de quarks lourds et une grande qualité de la reconstitution des événements; des mesures de précision de l'impulsion des muons jusqu'aux luminosités les plus élevées et un déclenchement sur des impulsions transversales très basses aux luminosités plus faibles.

Les autres objectifs d'ensemble comprennent une grande couverture angulaire ainsi qu'une bonne capacité de déclenchement et de détermination de l'impulsion des particules aux faibles impulsions transversales.

Le détecteur intérieur est contenu dans un cylindre long de 6,8 m (avec un solénoïde occupant 5,3 m de la longueur) et de 2,3 m de diamètre où règne une induction magnétique de 2 teslas. Le laboratoire japonais KEK réalise actuellement l'étude de la bobine. Reflétant la hardiesse des objectifs expérimentaux du LHC et le rythme accéléré de la R&D sur les détecteurs, cette partie intérieure est remplie d'une technologie de la trajectographie novatrice (si on la compare avec les grands détecteurs actuels) et comprend près de l'axe des détecteurs à pixels et à rubans de haute résolution puis, plus loin de l'axe, des faisceaux de tubes-pailles pour le rayonnement de transition. Les détecteurs à pixels semi-conducteurs juste autour du tube à vide auront le grain le plus fin et compte-

Essai du calorimètre hadronique d'ATLAS. Il fait appel à un concept nouveau pour la disposition des carreaux de scintillateurs plastiques à l'intérieur de l'absorbeur en fer.

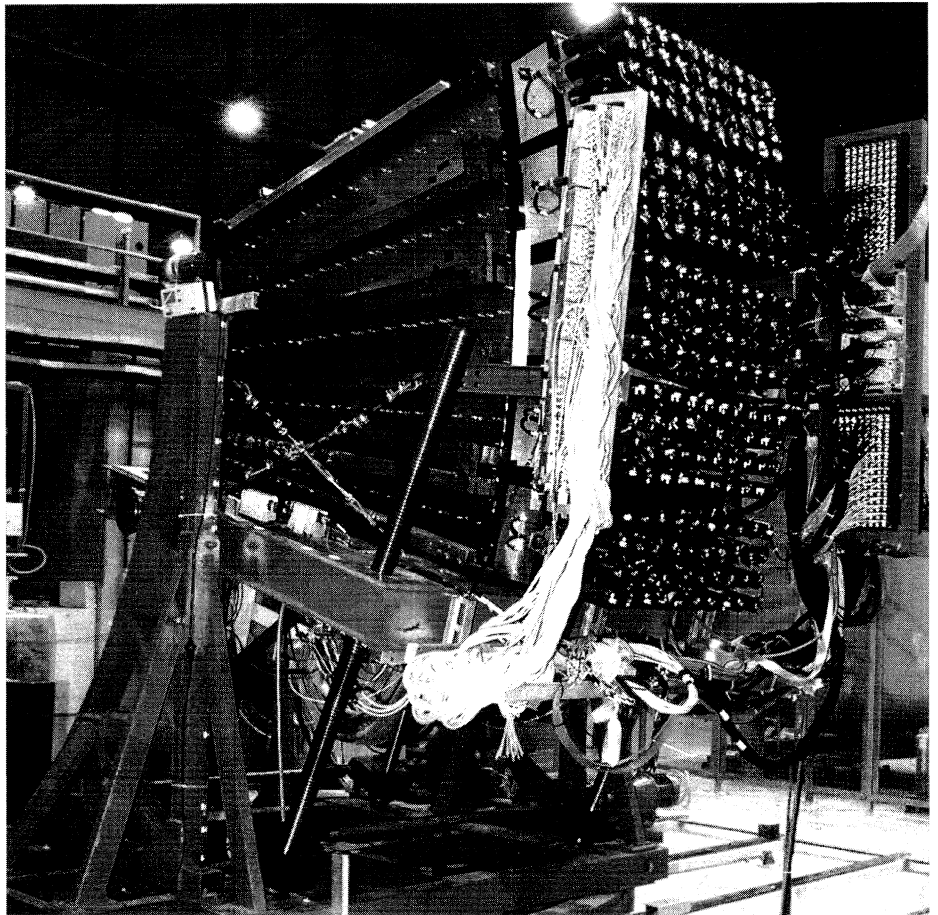
ront une centaine de millions de pixels. C'est une technologie qui évolue rapidement et la solution finalement choisie pourra bénéficier des travaux de R&D en cours.

Autour de la zone de trajectographie on trouvera des calorimètres électromagnétiques d'échantillonnage finement segmentés, probablement à base d'argon liquide (toutefois des études d'un autre modèle à krypton liquide sont en cours) contenu dans le milieu absorbant, avec une structure en forme d'accordéon, le tout à l'intérieur d'un cylindre de 7 m de longueur et de 4,5 m de diamètre muni de deux bouchons. La bobine intérieure du solénoïde est intégrée dans l'enceinte à vide du système cryogénique du calorimètre, ce qui réduit la quantité de matériaux que doivent traverser les particules émergentes.

Les calorimètres aussi bien électromagnétiques qu'hadroniques des bouchons utilisent l'argon liquide. Les premiers, disposés selon une géométrie "d'éventail à plis", couvrent tous les azimuts sans angle mort, les seconds présentent la structure d'une roue et utilisent du cuivre comme absorbeur. On trouvera intégrée dans les bouchons la calorimétrie à petit angle, elle utilisera une mosaïque de barreaux et de tubes enfouis dans l'absorbeur en tungstène à quelque 5 m du point d'interaction.

Pour l'essentiel les calorimètres hadroniques sont composés de trois grands tonneaux où des carreaux de scintillateurs plastiques sont noyés dans le fer servant d'absorbeur et lus à travers des fibres à décalage de longueur d'onde. Les carreaux, disposés perpendiculairement à l'axe des faisceaux, sont étagés en profondeur pour simplifier l'acheminement des fibres et la construction. Le poids total du système calorimétrique s'élève à 4000 T (l'ensemble du détecteur UA1 exploité pendant une décennie au collisionneur proton-antiproton du CERN pesait 2000 T, il était à l'époque considéré comme un grand détecteur).

L'aimant toroidal sans culasse, caractérisé par une longue partie tonneau et des bouchons plongeants, produit un champ important dans un grand volume mais avec une structure légère et ouverte qui réduit



les diffusions multiples gênantes. Le toroïde a été choisi parce que ses lignes de champ sont perpendiculaires au mouvement des particules, il évite en outre la nécessité de grands volumes de fer pour le retour du flux (voir p. 12). Le laboratoire français de Saclay a la responsabilité de la partie tonneau et Rutherford Appleton au Royaume-Uni celle des bouchons.

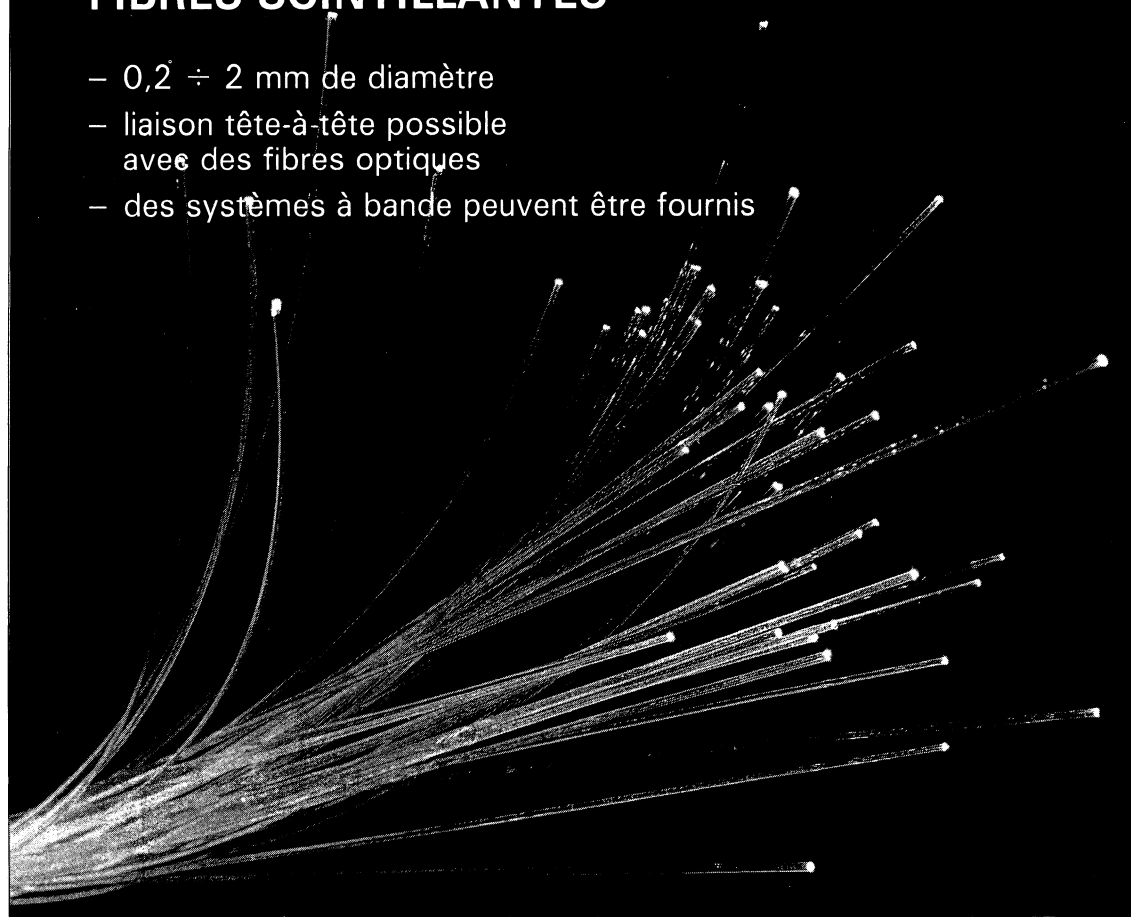
A l'intérieur et à la périphérie de l'aimant toroidal principal on trouvera le système des chambres à muons qui s'étend jusqu'à l'extérieur d'ATLAS. Ce système, disposé en tours projectives dans la zone tonneau, s'inscrit dans un cercle de 22 m de diamètre, tandis que selon l'axe des faisceaux les chambres centrales du tonneau se déploient sur 26 m et les chambres à petit angle sur 42 m. Des chambres à rubans cathodiques seront employées dans les zones de plus forte densité de particules faisant un petit angle avec le fais-

ceau, elles seront complétées ailleurs par des tubes à dérive "contrôlés" – des tubes pressurisés à parois fines disposés en plusieurs couches avec mesure continue de la distorsion. En tout ATLAS compte actuellement 1500 physiciens et ingénieurs représentant 140 instituts de 31 pays (dont 17 Etats membres du CERN). La participation des groupes des Etats non-membres reste sujette à l'établissement d'accords bilatéraux satisfaisants entre le CERN et les bailleurs de fonds concernés.

Toutefois leur participation potentielle dans ATLAS apparaît en filigrane dans le tissu de la collaboration. Par exemple, les rubans semi-conducteurs pour le détecteur intérieur pourraient compter sur des équipes internationales Australie, Canada, République tchèque, Finlande, Allemagne, Japon, Norvège, Pologne, Russie, Suède, Suisse, Royaume-Uni et Etats-Unis,

FIBRES SCINTILLANTES

- 0,2 ÷ 2 mm de diamètre
- liaison tête-à-tête possible avec des fibres optiques
- des systèmes à bande peuvent être fournis



pol. hi. tech. s.r.l.

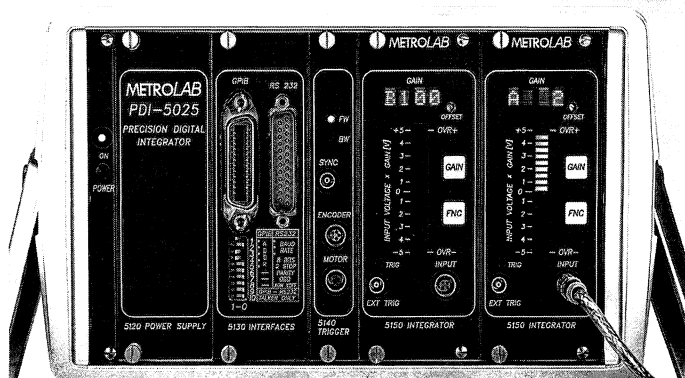
S. p. Turanense; Km 44,400; 67061 Carsoli (AQ) - Italie
Tél. (0863) 99 77 98/99 56 03 - Téléfax (0863) 99 58 68

High precision digital integrator for magnetic flux

Permanent magnet characterization using Helmholtz coils, B-H curves of soft and hard materials, magnetic field mapping using search coils and multipole magnet analysis using rotating coils can be achieved with enhanced accuracy and resolution with our bipolar voltage integrator.

Channels	: 1 or 2 for bench unit or any for cascable VME modules.
Input	: ± 5 mV to ± 5 V; 2 M Ω balanced, 1000 M Ω unbalanced.
Gain	: programmable in 1, 2, 5, 10, . . . , 1000 steps.
Integration	: in time from 1 to 2 ²³ ms or space (coil position encoder).
Interfaces	: IEEE488 and RS232C.
Trigger	: various programmable configurations. Control and power output for DC motor-driven coils.

WORLD STANDARD and high quality durable equipment since 1985



METROLAB Instruments SA Geneva Switzerland

Tel: +41 22 794 11 21 Fax: +41 22 794 11 20

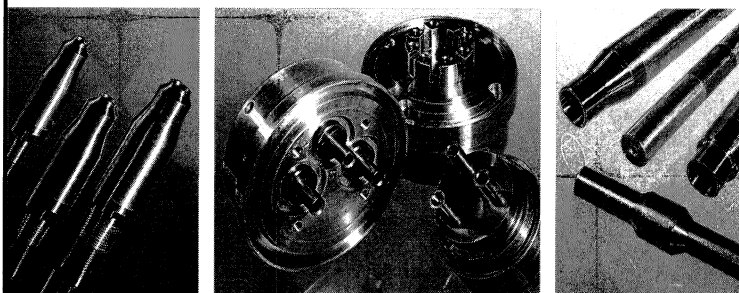
USA : GMW Associates Tel: (415) 802 8292 Fax: (415) 802 8298

Japan : Daiji Musen Denki Tel: +81 3 3255 0931 Fax: +81 3 3255 9869

BIMETALLIC TRANSITION JUNCTIONS

THE T+C / CEA KNOW-HOW :

*for the assembly of different
metals under stringent reliability*



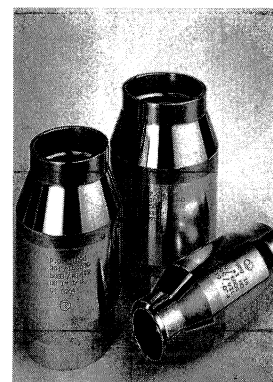
VARIOUS APPLICATIONS

- | | |
|---------|-----------------------------|
| Class 1 | • Normal Cryogenics |
| Class 2 | • Advanced Cryogenics |
| Class 3 | • Space, nuclear, chemicals |

**STANDARD TRANSITION ON STOCK
QUALITY ASSURANCE**



CALL FOR DETAILS
A. PINET Consulting Engineer
Phone : (33) 72.02.68.00
Fax : (33) 72.02.68.01



T+C

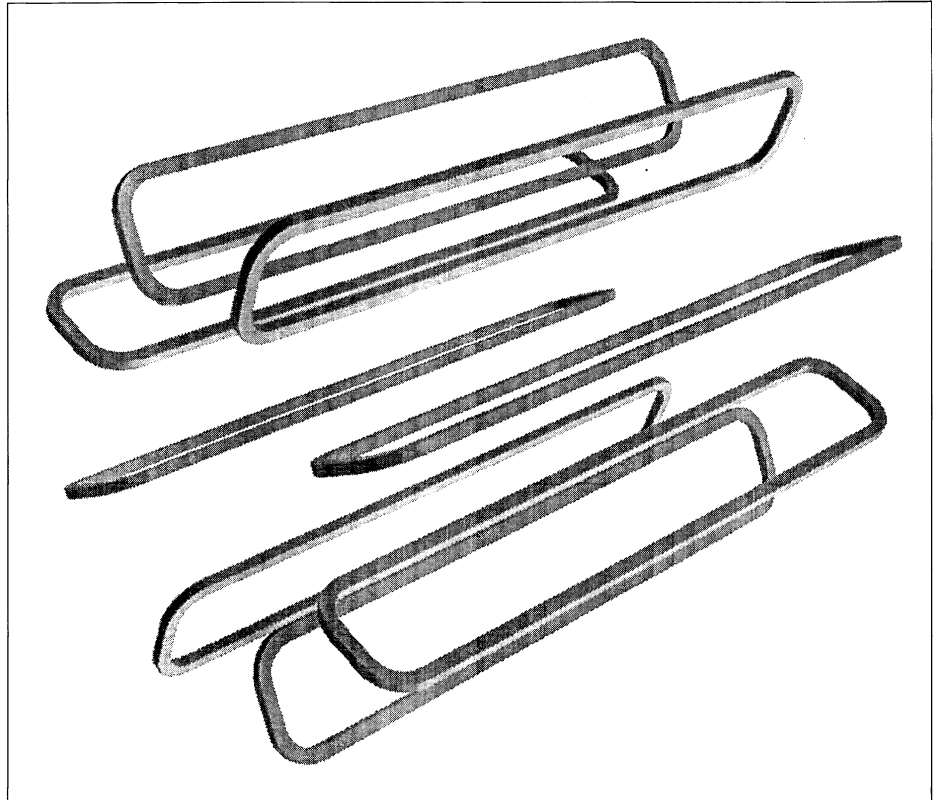
THEVENET + CLERJOUNIE
22, avenue Franklin Roosevelt - 69517 VAULX-EN-VELIN (France)

ATLAS utilise un électroaimant toroïdal. Habituels dans les tokamaks de la recherche sur la fusion, les toroïdes sont plus rares en physique des particules.

tandis que les carreaux de scintillateurs pourraient faire appel à des instituts en Arménie, Brésil, République tchèque, France, Italie, Portugal, Roumanie, Russie, Espagne, Suède, Etats-Unis et au CERN.

La prise en charge des 7000 tonnes de matériel d'ATLAS demandera un travail considérable, mais il en ira de même du logiciel et de la saisie des données. Pour filtrer les données du détecteur, le déclenchement de premier niveau, qui identifie sans ambiguïté le croisement de paquets à l'origine d'un événement donné, fonctionne à la pleine fréquence de collision des paquets, soit 40 MHz (un paquet tous les 25 ns). Il faut environ 2 microsecondes pour arriver à la décision du premier niveau de déclenchement et pour la diffuser. Pendant la durée du traitement relatif au déclenchement de niveau 1, toutes les données restent en attente avant d'émerger à 100 kHz pour un traitement au niveau 2. Pendant les 10 millisecondes correspondantes, les processeurs de niveau 2 examinent les sous-ensembles de données des détecteurs avant de les transmettre pour un traitement final (à environ 1 kHz) au niveau 3, à ce stade une reconstitution complète de l'événement devient possible. Les processeurs de déclenchement pour les trois niveaux seront programmables.

Conformément au plan d'ensemble, ATLAS doit être prêt à saisir des données à la fin de 2003, à cette date le plus grand détecteur de la planète pour la physique des particules sera prêt à commencer le travail pour lequel il a été si soigneusement conçu et planifié.



Solénoïdes et toroïdes

Le solénoïde (du grec solène = au) est la forme habituelle que prend un électro-aimant constitué par une bobine cylindrique de fil. Les solénoïdes ont une longue histoire en physique, depuis les expériences des pionniers sur l'induction magnétique, Oersted, Biot, Savart et Faraday, au début du 19^e siècle jusqu'aux expériences contemporaines en physique des particules aux machines à collision de faisceaux.

Les grands aimants toroïdaux sont d'abord devenus nécessaires pour confiner un plasma isotrope dans des tokamaks pour des expériences sur la fusion thermonucléaire. Les aimants toroïdaux se différencient des solénoïdes par leur aspect mais aussi par leurs caractéristiques.

– Un solénoïde donne une résolution constante sur l'impulsion transversale d'une particule qui émerge du centre et traverse la bobine.

Cependant la courbure des particules se déplaçant à petit angle près de l'axe d'un solénoïde se réduit constamment lorsqu'elles approchent de l'extrémité de la bobine et la résolution se détériore rapidement. Le toroïde, par contre, donne une résolution sur l'impulsion transversale qui s'améliore lorsque la particule se déplace à petit angle.

– Le solénoïde permet d'utiliser la position transversale du faisceau (habituellement très précise) donnée par le système de trajectographie pour reconstituer la trajectoire de la particule. Le toroïde permet en outre l'utilisation de la position longitudinale.

– Le solénoïde exige une boucle extérieure de retour du flux alors que le toroïde se suffit à lui-même.

Dans l'ensemble aucun argument définitif ne pèse en faveur du solénoïde ou du toroïde, la décision se fait d'après l'intégration dans le concept global de détecteur.