

Expérimentateurs : C. Adloff, Y. Karyotakis  
 Equipe Technique : F. Cadoux, P. Delebecque, D. Fougeron, C. Girard, R. Hermel, J. Jacquemier

**Abstract :** Precision measurements performed at LEP and strong theoretical arguments lead to a general belief that new physics, beyond the Standard Model should exist at a scale of the order of 1TeV. LHC will have the opportunity to discover Super-symmetry or extra dimensions, if they exist, but a complementary  $e^+e^-$  collider with an energy of about 1TeV, performing precision measurements should give a clear picture of the world we are living. The international physics community had decided in 2004 on the technology to build such an accelerator, the ILC (International Linear Collider). At the same time three detector concepts running on the ILC had emerged, and an international R&D program for the different sub-detectors has been launched. We are participating to the Silicon detector concept (SiD) and to the R&D program to design and test an electromagnetic calorimeter and a tracking detector.

## Présentation générale

Une expérience auprès du ILC (International Linear Collider) offrira un grand potentiel de découverte de nouveaux phénomènes ainsi qu'une capacité accrue pour effectuer des mesures de précision. Trois principes de détecteur sont développés actuellement : SiD, LDC et GLD. Lors des études sur la physique à atteindre, il est très rapidement apparu qu'il est important de pouvoir séparer des jets venant des bosons W ou Z de ceux venant de la désintégration du Higgs et de séparer un jet de quark léger d'un jet de quark lourd. Ces deux exigences imposent des contraintes sévères pour le détecteur.

Il est ainsi nécessaire d'optimiser l'efficacité du détecteur à identifier un jet contenant un quark b, qui constitue la signature d'une désintégration du Higgs. Pour ceci une segmentation très fine du détecteur de vertex est indispensable. Pour les jets, une résolution en énergie d'environ  $30\%/\sqrt{E}$  doit être atteinte ce qui implique un système de calorimètres (électromagnétique et hadronique) très segmenté, latéralement et longitudinalement, couplé à un détecteur de traces robuste et très performant.

Le concept de SiD (Figure 1), sur lequel le groupe du LAPP travaille, est basé sur un calorimètre électromagnétique constitué de 30 couches de tungstène séparées par des détecteurs en silicium. Il est placé à un rayon de 127 cm du point de collision. A l'extérieur de ce détecteur, on trouve un calorimètre hadronique constitué d'un absorbeur en inox ou en tungstène et des chambres RPC ou des scintillateurs pour le plan de détection. A l'intérieur des calorimètres, le détecteur de traces sera fait de 5 couches de silicium. Très proche du tube à vide, 5 ou 6 couches de silicium à pixels sont prévues pour le détecteur de vertex. L'ensemble baigne dans un fort champ magnétique de 5 T et doit être homogène et très hermétique.

Ce concept fait usage de nombreux détecteurs en silicium, d'où le nom SiD pour Silicon Detector.

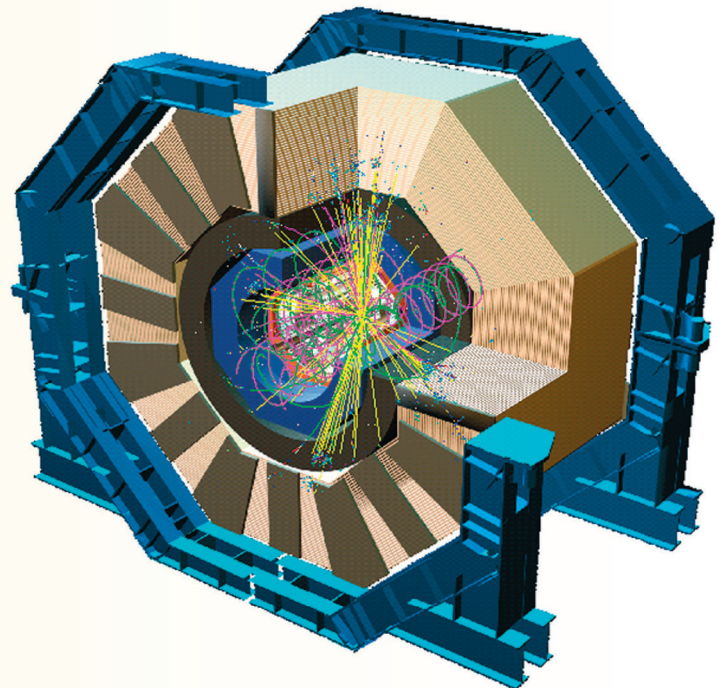


Figure 1 : Le concept SiD

## Collaboration

Plusieurs laboratoires à travers le monde collaborent pour concevoir le détecteur SiD. A titre indicatif, il est à noter la participation de SLAC et Fermilab aux Etats-Unis, Oxford en Angleterre, ou KEK au Japon. Les trois concepts devraient évoluer vers des collaborations quand la construction de l'accélérateur ILC sera approuvée. Le groupe du LAPP est en contact privilégié avec SLAC et l'Université d'Oregon aux Etats-Unis. Y. Karyotakis est l'un des quatre coordinateurs pour l'ensemble de SiD.

L'intérêt du groupe LAPP se porte sur la mesure de l'auto-couplage du Higgs : si le Higgs est responsable de la masse des particules il doit être à l'origine de sa propre masse. Ceci peut être vérifié en mesurant le couplage trilineaire  $\lambda_{HHH}$  qui est atteint par l'étude des désintégrations  $e^+e^- \rightarrow ZHH$ . Pour des masses de Higgs  $M_H$  inférieures à 140GeV, le Higgs se désintègre majoritairement en une paire  $b\bar{b}$ . La topologie de l'état final est donc 4 jets en recul par rapport au Z (Figure 2). L'étude comprend la sélection du signal, la rejection du bruit de fond et surtout la compréhension de la résolution en énergie nécessaire pour les jets, ce qui a des conséquences importantes sur la conception de l'ensemble des calorimètres. Les meilleurs algorithmes de reconstruction de l'énergie des jets sont basés sur l'identification des particules à l'intérieur d'un jet. Les résultats de ces méthodes dépendent du détecteur : segmentation, distribution latérale et longitudinale des gerbes, influence des hadrons neutres etc. Les calorimètres proposés jusqu'à présent étant loin d'être optimisés, le groupe se propose de participer à cet effort et donc au travail de simulation et d'analyse mais aussi d'exploitation des données de faisceau test.

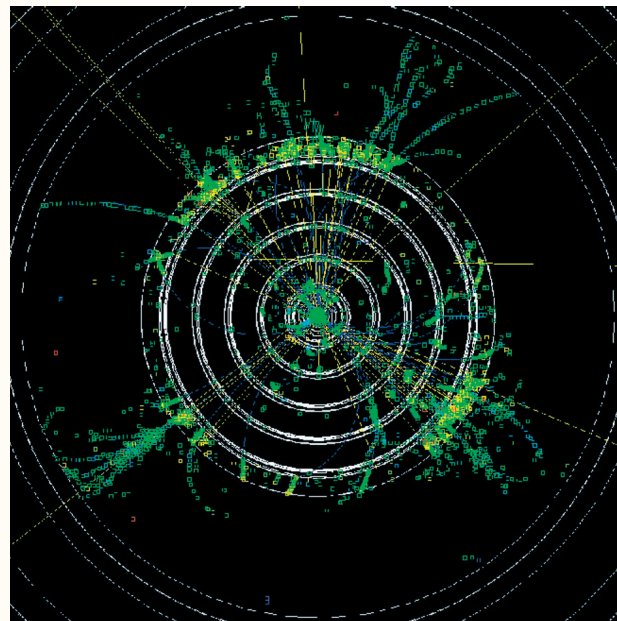


Figure 2 : Un événement  $e^+e^- \rightarrow ZZH$  dans le détecteur SiD

## Conceptions et réalisations

Au LAPP, le groupe travaille à la conception du calorimètre électromagnétique (Figure 3), ainsi qu'à celle de l'électronique du détecteur de traces.

Les particules chargées et neutres interagissent avec le calorimètre électromagnétique. La mesure de l'énergie déposée et la forme de la gerbe développée nous informent sur les caractéristiques de la particule incidente. Le tungstène a été choisi comme matériau absorbeur, à cause de son faible rayon de Molière

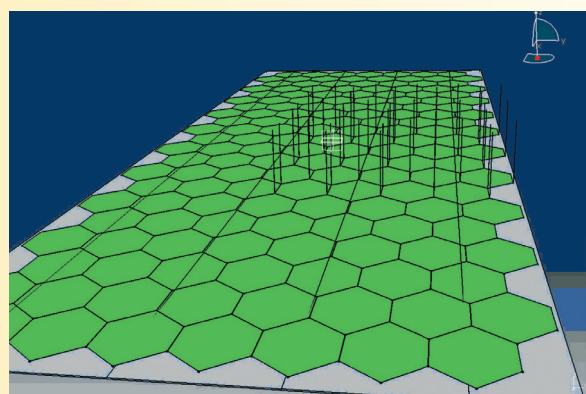


Figure 4 : Détail d'un plan de plaquettes de silicium

qui limite l'extension latérale de la gerbe et facilite ainsi la séparation entre particules proches.

Afin de distinguer électrons et hadrons, il faut une bonne segmentation longitudinale, obtenue par

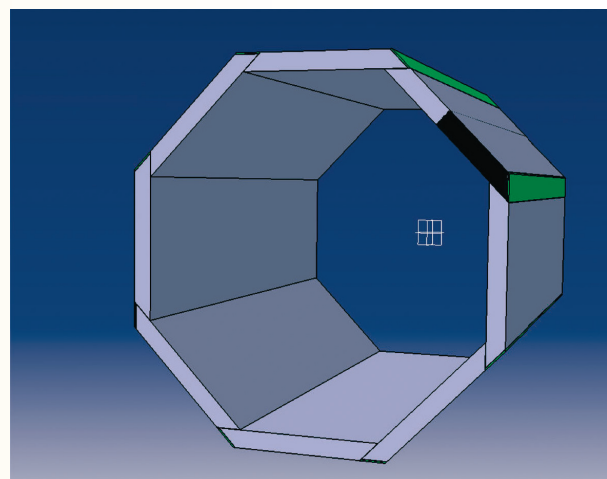


Figure 3 : Le calorimètre électromagnétique

la juxtaposition de 20 plans de tungstène de taille 3200 mm x 100 mm et d'épaisseur 2.5 mm suivis de 10 plans de tungstène de 5 mm d'épaisseur. La partie

sensible, située entre les plans de tungstène, est constituée de plaquettes de silicium hexagonales (Figure 4). Chaque plaquette, de 320  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, possède 1000 damiers d'environ 12 mm<sup>2</sup> chacun, lus par un seul « chip ». Afin de préserver le rayon de Molière du tungstène (9 mm), l'espace entre les plans doit être limité à environ 1 mm ce qui représente une vraie difficulté pour la mécanique. De même, l'électronique de lecture doit faire face à plusieurs défis : un grand nombre de canaux lus et digitisés par le même chip, une très faible consommation et une compactification à l'extrême.

## Faits marquants - Perspectives

- En août 2004, la communauté internationale décide de choisir la technologie froide pour le collisionneur
- Au printemps 2005 le GDE (Global Design Effort) est formé avec comme mission de concevoir et estimer le prix de l'ensemble de l'accélérateur
- En mars 2006, les groupes de concept de détecteurs doivent fournir une description de leur appareillage
- A la fin de 2006 un document décrivant l'accélérateur tel qu'il peut être construit, ainsi que les détecteurs doit être rédigé. Les choix de base pour les différents éléments de l'accélérateur doivent être faits et le coût total évalué.

## Pour en savoir plus

<http://lapp.in2p3.fr/SiWCal/> - <http://www-sid.slac.stanford.edu/>

International Linear Collider Workshop, Snowmass 2005 : <http://alcp2005.colorado.edu:8080/alcp2005/program/>