

# The Muon Spectrometer of ALICE

L. Apechetché, M. K. Boudjemline, Z. Conesa del Valle, J.P. Cussonneau, Ch. Finck, S. Gadrat, M. Germain, L. Luquin and G. Martinez

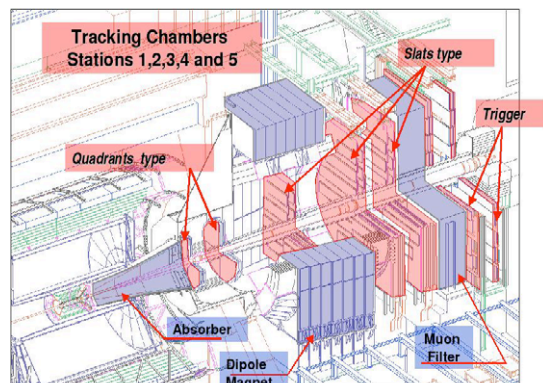
*L'objectif scientifique principal du spectromètre à muons de l'expérience ALICE est la mesure de la production de quarks lourds dans les collisions proton-proton et plomb-plomb aux énergies du LHC, via leur produit de décroissance en muons. Une douzaine d'équipes de recherche de l'expérience ALICE, originaires d'Inde, d'Afrique du Sud, de Russie, d'Italie et de France sont impliquées dans le spectromètre à muons. Le groupe plasma de Subatech a des responsabilités très importantes dans la construction et l'exploitation du spectromètre à muons : réalisation de chambres de trajectographie, réalisation de cartes d'électronique du système de déclenchement, développement du logiciel de simulation et reconstruction et la coordination du programme d'analyse de physique du spectromètre.*

Heavy-ion collisions (HIC) at the future Large Hadron Collider (LHC) at CERN will give new experimental insights into the study of hadronic matter at high temperature. The ALICE experiment will be the only one at the LHC devoted to heavy-ion physics, whereas the ATLAS and the CMS experiments plan to develop a heavy-ion programme in parallel with their main physics goals. At such ultra-relativistic energies, new phenomena emerge, enriching the experimental conditions for studying the hadronic matter in HIC.

In particular, open charm and open beauty production will be exploited as new probes of the strong interacting system of partons. The open charm (beauty) production cross-section will increase by a factor of 10 (100) with respect to RHIC energies. New phenomena, like recombination of charm quarks or Debye screening of bottomonium states in QGP, will be studied for the first time. The production of massive electro-weak bosons, W and Z, will make it possible to check the validity of the glauber scaling in HIC. These bosons do not interact with the surrounding medium and they are produced in hard parton collisions.

In this respect, the main goal of the muon spectrometer of ALICE is the study of open heavy flavour production and quarkonia production ( $J/\Psi$ ,  $\Psi'$ ,  $\Upsilon(1S)$ ,  $\Upsilon(2S)$ , and  $\Upsilon(3S)$ ) via the muonic channel. The muon spectrometer will be a unique apparatus at LHC to measure quarkonia production at zero

transverse momentum and will cover a rapidity range  $(-4.0 < y < -2.5)$ , which completes that measured by the ALICE central barrel, and by the CMS and ATLAS experiments.



**Fig. 1:** Layout of the muon spectrometer; the absorbers, the dipole magnet, the tracking and trigger system.

In addition, the muon spectrometer is able to disentangle the different resonances of the  $\Upsilon$  family. The separation between the resonances  $\Upsilon(2S)$  and  $\Upsilon(3S)$  ( $\Delta M \sim 300$  MeV) imposes on the spectrometer an invariant mass resolution of about 100 MeV in the  $\Upsilon$  mass region. This is a strong requirement for the tracking system. The muon spectrometer is

located downstream of the ALICE detector covering the angular range  $171^\circ < \theta < 178^\circ$ , consisting of 3 absorbers, a muon dipole magnet, a trigger system and a tracking system.

**Absorbers:** they reduce the initial flux of primary hadrons from nucleus-nucleus collisions by a factor of 100. The absorbers protect the detectors from low-energy particles created in secondary interactions (mainly low-energy electrons). Muons from hadronic weak decays are optimally suppressed by placing the front absorber as close as possible to the interaction point. The front absorber is the main contributor to the invariant mass resolution of the spectrometer in the  $\Upsilon$  region, with a quadratic contribution close to 80 MeV.

**Dipole magnet:** muon momentum is determined by tracking muons in the magnetic field generated by a warm dipole of 820 tons, nominal field of 0.7 T. The magnetic field is directed in the horizontal plane perpendicular to the beam direction defining a bending plane and a non-bending plane.

**Trigger system:** muon detection based on the absorption technique enables a very efficient triggering on high transverse momentum muons. This is crucial in order to take advantage of the full luminosity of the heavy-ion beams at LHC, taking into account that the muon acquisition system is limited to an event rate of 1 kHz.

**Tracking system:** muon transverse momentum in the bending plane is determined by tracking muons along the magnetic field. A momentum resolution of about 1% is needed to achieve the required resolution in the  $\Upsilon$  invariant mass region. This imposes a spatial resolution on the tracking system in the bending plane better than 100  $\mu\text{m}$  and a tracking system with a reduced radiation thickness. The tracking system is composed of 5 stations, each equipped with 2 detection planes consisting of 5 mm drift multi-wire proportional chambers with bi-cathode pad read-out (cathode pad chambers, CPC). The thickness of each chamber is below 3% of radiation length. The first 2 stations are placed in front of the dipole magnet and they consist of 4 detection planes made of 4 CPC, each with quadrant design. Stations 3, 4 and 5 are placed inside and behind the dipole magnet. A modular design has been chosen for these stations, consisting of rectangular CPC called slats.

Simulation and reconstruction of the muon spectrometer is performed by the computing framework of ALICE, AliRoot. AliRoot uses the ROOT system, which is a standard in particle

and nuclear experimental physics. AliRoot will be one of the frameworks used in the LHC computing grid project. Based on oriented object techniques, the AliRoot software includes the description of the geometry, of the response function, generation and decoding of raw data, segmentation of the detector, clusterization algorithms, trigger reconstruction and tracking reconstruction. The Muon code consists of 180 classes, sorted into 5 libraries, with more than 90000 lines of C++ code.

*Un nouvel état de la matière baptisé plasma de quarks et de gluons devrait être formé dans les collisions entre ions lourds aux énergies ultra relativistes. Les quarks lourds produits lors de ces collisions devraient nous apporter des informations cruciales sur les caractéristiques du plasma qui a été formé : temps de vie, volume, température, etc. Le spectromètre à muons de l'expérience ALICE a comme objectif principal l'étude de la production de ces quarks lourds dans les collisions proton-proton et plomb-plomb aux énergies du LHC, via leurs produits de décroissance en muons. De surcroît, le spectromètre à muons pourra mesurer la production de bosons électro-faibles comme le W et le Z.*

*Le spectromètre à muons représente un détecteur de grande taille, en première approximation un cylindre de 10 m de long et un rayon de 3 m, qui sera installé dans le futur collisionneur d'ions lourds du CERN (Genève), le LHC. Il est constitué de trois absorbeurs, d'un dipôle magnétique consommant 4 MW, de 100 m<sup>2</sup> de surface active de détection pour la trajectographie des muons et de 4 plans de détection pour le système de déclenchement.*

*L'analyse des données du spectromètre à muons représente un défi informatique dû aux besoins en calculs et en stockage de données. L'utilisation du calcul distribué au travers d'un maillage mondial d'ordinateurs s'avère indispensable.*

*La recherche autour du spectromètre à muons est l'activité principale développée par le groupe plasma. Nous sommes impliqués dans la construction de chambres à multi-fils avec lecture par pavés pour la trajectographie, dans la conception et réalisation de cartes de contrôle et d'acquisition du système de trigger, le développement du logiciel de simulation, reconstruction et analyse ainsi que la coordination de la physique de quarks lourds de l'expérience ALICE.*