



Etude des performances du trigger du spectromètre à muons d'ALICE

A. Blanc

► **To cite this version:**

A. Blanc. Etude des performances du trigger du spectromètre à muons d'ALICE. Journées Jeunes chercheurs 2008, Nov 2008, Saint Flour, France. 2009. <in2p3-00363481>

HAL Id: in2p3-00363481

<http://hal.in2p3.fr/in2p3-00363481>

Submitted on 23 Feb 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Première partie

Titre de la session

Etude des performances du trigger du spectromètre à muons d'ALICE

Aurélien BLANC

Laboratoire de Physique Corpusculaire (L.P.C.),
Clermont-Ferrand



Résumé

Le programme en ions lourds du LHC (Large Hadron Collider) du CERN devrait permettre d'effectuer une étude du QGP (Quark Gluon Plasma) plus détaillée qu'au SPS (CERN) et RHIC (BNL) car l'énergie des collisions y sera très supérieure. ALICE (A Large Ion Collider Experiment) est le détecteur du LHC dédié à l'étude de ces collisions. Le spectromètre à muons, couvrant un large domaine en pseudo-rapacité, est particulièrement adapté à l'étude des saveurs lourdes se désintégrant en muons. Les grandes multiplicités de particules engendrées en collisions d'ions lourds imposent cependant l'utilisation d'un système spécifique, rapide et efficace, de déclenchement sur les traces de muons : le trigger du spectromètre à muons. Les résultats obtenus lors des tests avec des muons cosmiques en juin 2008 et lors des tests d'injection en août 2008 sont présentés et discutés ici.

1.1 Introduction

La théorie de la QCD (quantum chromodynamics) sur réseau, permet de prédire le diagramme de phase de la matière nucléaire. Ce diagramme, fonction de la température et du potentiel chimique baryonique μ_B , comprend plusieurs phases. A haute température et faible potentiel chimique baryonique, une transition de phase s'opère entre la matière nucléaire "classique", assimilée à un gaz de hadrons, et une nouvelle phase, le QGP. Cette phase est caractérisée par un déconfinement des quarks et des gluons. Notre univers serait passé par une telle phase, quelques micro-secondes après sa formation.

En laboratoire, les résultats obtenus au SPS et au RHIC [1] indiquent que les densités d'énergie atteintes lors des collisions d'ions lourds ultra-relativistes auraient permis la formation du QGP. Le programme en ions lourds du LHC, avec des énergies dans le centre de masse ($\sqrt{s} = 5.5 \text{ TeV}$) trente fois supérieures à celles atteintes au RHIC, permettra une étude plus complète de cette phase, notamment au moyen du détecteur ALICE [2].

Les performances de la partie centrale d'ALICE vont permettre d'accéder à la plupart des signatures connues du QGP [3]. Le spectromètre à muons [4] à haute résolution en masse ($\Delta M < 100 \text{ MeV}/c^2$ à $10 \text{ GeV}/c^2$) en fait de plus un détecteur adapté à l'étude des saveurs lourdes ouvertes et des quarkonia (J/Ψ , Ψ' , Υ , Υ' , Υ'') aux petits angles (domaine en pseudo-rapacité $-4 \leq \eta \leq -2.5$). D'une longueur totale de 17 m , il est

constitué d'un absorbeur frontal, d'un absorbeur à petit angle ("beam shield"), de cinq stations de trajectographie, d'un aimant dipolaire, d'un mur de fer jouant le rôle d'un filtre à muons et de deux stations de trigger.

Le "trigger" du spectromètre à muons (Muon Trigger par la suite) permet de fournir un signal rapide indiquant la détection d'au moins un muon dans son acceptance, pour une collision donnée. Ce sous-détecteur, fruit d'une collaboration entre l'INFN de Turin, le LPC Clermont et Subatech Nantes, est installé depuis fin 2007. Des tests de mise en fonctionnement (ou commissioning) du détecteur ont été effectués à l'aide de muons cosmiques entre février et juin 2008. Puis le détecteur a fonctionné lors des tests d'injection d'août 2008.

1.2 Le trigger du spectromètre à muons

Le Muon Trigger [4] permet de reconstruire la trajectoire des particules chargées (essentiellement des muons) provenant du point d'interaction et de mesurer la déviation engendrée par l'aimant dipolaire. Ce dernier délivre un champ magnétique intégré de $3 \text{ T}\cdot\text{m}$, engendrant une déviation suivant la direction verticale. La mesure de cette déviation par le Muon Trigger se fait au moyen de quatre plans de 18 RPCs (Resistive Plate Chamber) chacun, organisés en deux stations (cf. FIG. 1.1) MT1 et MT2, distantes d'un mètre. Les coordonnées x-y d'un "hit" engendré par une particule chargée sont obtenus au moyen de 21000 "strips" de lecture d'une longueur typique de 70 cm pour une largeur de 1, 2 ou 4 cm . L'électronique de Front-End associée à chacun des "strips" intègre un système de discrimination à double seuil [5] permettant d'atteindre des résolutions temporelles inférieures à 2 ns .

Un "hit" sur au moins 3 des 4 plans est requis pour reconstruire la trajectoire d'une particule. La comparaison à une trace hypothétique d'impulsion infinie provenant directement du point d'interaction fournit la valeur de la déviation engendrée par l'aimant dipolaire. Cette déviation est directement reliée à l'impulsion transverse (pt) de la particule par l'intermédiaire de la valeur du champ magnétique. La mesure de la déviation permet alors d'appliquer deux coupures en pt :

- "Low pt " à $\sim 1 \text{ GeV}/c$, optimisée pour l'étude des charmonia (J/Ψ et Ψ').
- "High pt " à $\sim 2 \text{ GeV}/c$, optimisée pour l'étude des bottomonia (Υ , Υ' et Υ'').

L'électronique de trigger [6] chargée du traitement

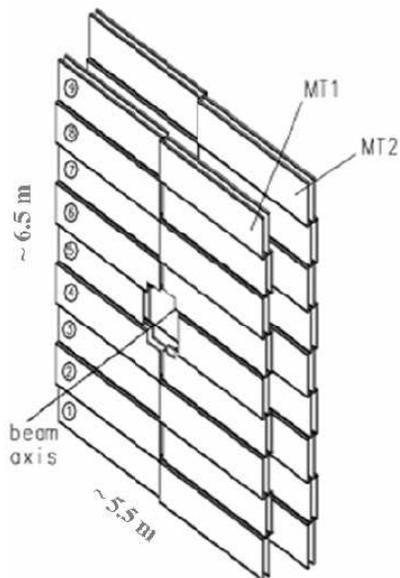


FIG. 1.1 – Schéma du trigger du spectromètre à muons d'ALICE.

des signaux provenant de l'électronique de Front-End se décompose en trois niveaux : Local, Regional et Global. L'algorithme implémenté au niveau Local (234 cartes) permet la sélection des traces provenant du vertex d'interaction et la détermination de leur signe et déviation. A ce niveau sont également appliquées les coupures en déviation décrites précédemment. Le niveau Regional puis Global rassemble les informations fournies par le niveau Local dans le but de délivrer une décision pour la totalité de la surface du détecteur. Six signaux sont alors envoyés au CTP (Central Trigger Processor), le système de déclenchement général d'ALICE, correspondant à chacun des cas suivants :

- au moins un muon d'impulsion transverse supérieure à la coupure *Low pt*.
- au moins un muon d'impulsion transverse supérieure à la coupure *High pt*.
- au moins deux muons de même signe et chacun d'impulsion transverse supérieure à la coupure *Low pt*.
- au moins deux muons de même signe et chacun d'impulsion transverse supérieure à la coupure *High pt*.
- au moins deux muons de signe contraire et chacun d'impulsion transverse supérieure à la coupure *Low pt*.
- au moins deux muons de signe contraire et chacun d'impulsion transverse supérieure à la coupure *High pt*.

La totalité de l'électronique de trigger est cadencée à une fréquence égale à la fréquence des collisions proton-proton, soit 40 MHz . La période correspondante de 25 ns définit ce que nous appellerons le Bunch Clock Cycle (BCC). Le temps total entre la collision et la réception des signaux au niveau du CTP est de l'ordre de 800 ns , temps permettant l'intégration du détecteur au niveau 0 de trigger d'ALICE.

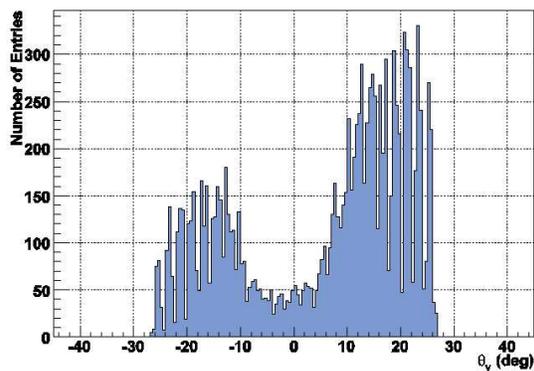


FIG. 1.2 – Nombre de muons simples en fonction de l'angle θ_y entre le vecteur impulsion de la particule et l'axe du faisceau.

1.3 Commissioning cosmique

Le commissioning du spectromètre à muons s'est déroulé principalement sans champ magnétique dipolaire et en utilisant le Muon Trigger comme source de déclenchement (coupure en pt la plus lâche possible) sur des événements cosmiques. Sur une durée de trois semaines, un total de 170 heures de données a pu être enregistré. Le taux de déclenchement observé avoisine 0.18 Hz . Une analyse plus fine met cependant en évidence que 40% des déclenchements correspondent à des muons simples, les autres événements présentant un profil de type gerbe.

La FIG. 1.2 représente le nombre de muons simples en fonction de θ_y , angle formé entre le vecteur impulsion de la particule et l'axe du faisceau. On peut montrer que, dans l'acceptance du spectromètre, l'angle θ_y s'approche de $90^\circ - \theta$, où θ est l'angle zénithal. La distribution des muons cosmiques au niveau du sol est, en première approximation, proportionnelle à $\cos^2(\theta) = \cos^2(90^\circ - \theta_y)$ [7] ($\theta_y = 0^\circ$ correspond donc au minimum de la distribution). Comme le montre la FIG. 1.2, l'acceptance se situe à $\pm 28^\circ$ autour du minimum, ce qui explique un taux de déclenchement aussi faible. Le timing du détecteur étant optimisé pour des particules provenant du côté du vertex d'interaction, une diminution de l'efficacité est attendue pour des muons provenant du côté opposé. Les angles négatifs étant en majorité peuplés par ce type d'événements, cet effet peut expliquer l'apparente asymétrie de la distribution.

Chaque carte Local correspond à une surface de détection, à une position donnée sur le Muon Trigger. Le taux de déclenchement en fonction de la carte Local peut donc être assimilé au taux de déclenchement en fonction de la position sur le détecteur. La FIG. 1.3 représente une vue de face du détecteur avec le tube à vide au centre (chaque rectangle correspond à une carte Local). Elle met en évidence un taux de déclenchement plus important pour les cartes situées en bordure externe. La surface de détection plus importante pour ces cartes permet d'expliquer cette observation.

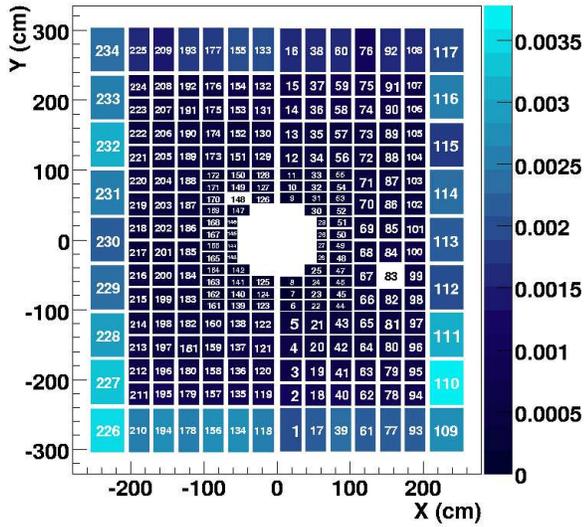


FIG. 1.3 – Taux de déclenchement en Hz en fonction de la position pour des événements cosmiques.

Comme attendu pour ce type d'événements, la distribution des déclenchements en fonction de la position apparaîtrait homogène après normalisation à la surface correspondante à chaque carte Local. A noter que les taux nuls observés pour les cartes numéros 83 et 148 sont dus à un dysfonctionnement de ces mêmes cartes qui est à présent résolu.

1.4 Tests d'injection

ALICE se situant à environ 300 m de la seconde ligne d'injection, le Muon Trigger a pu participer aux tests d'injection du 10 août 2008. Ces tests, caractérisés par l'envoi d'un paquet, dispersé sur quelques nanosecondes, constitué de 2.10^9 protons (1/50 de la luminosité nominale du LHC) toutes les 48 secondes, ont permis d'enregistrer de l'ordre de deux heures de données. La fréquence d'acquisition du Muon Trigger a été fixée à une valeur constante de 1 Hz pour ces tests. Des registres particuliers (type échelles) permettent de compter le nombre de décisions trigger Local et Global par événement, c'est à dire par seconde.

1.4.1 Multiplicité au niveau Local

La multiplicité au niveau Local représente le nombre de carte Local délivrant au moins une décision positive (*i.e.* une trace reconstruite), mesuré au moyen des échelles de comptage trigger Local. La FIG. 1.4 représente la multiplicité au niveau Local en fonction du temps, chaque seconde, sur un intervalle de temps d'environ une minute. Elle fait apparaître des événements de très haute multiplicité (supérieure à 220 sur un total de 234 cartes Local) toutes les 48 secondes. Ces événements correspondent à une injection. Il est également possible d'observer épisodiquement des événements cos-

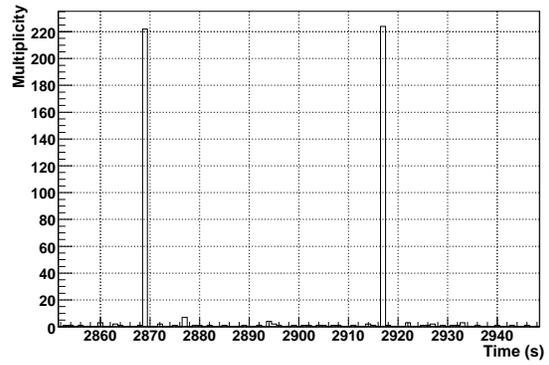


FIG. 1.4 – Multiplicité au niveau Local en fonction du temps.

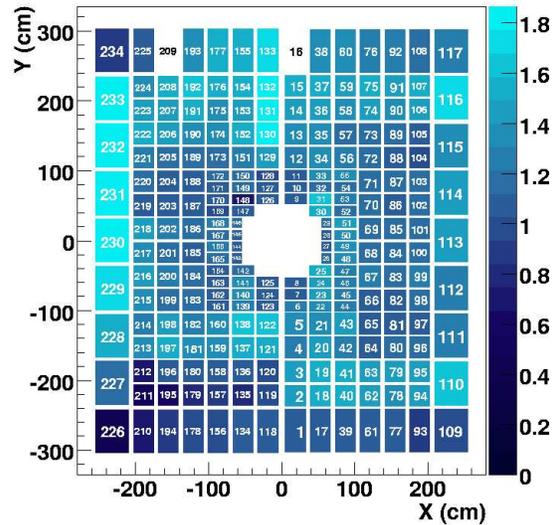


FIG. 1.5 – Taux de déclenchement en Hz en fonction de la carte Local pour les événements d'injection.

miques pour lesquels la multiplicité est beaucoup plus faible. Une sélection sur la valeur de la multiplicité permet d'étudier séparément les événements cosmiques et d'injection. L'étude des cosmiques, non présentée ici, montre que les résultats sont compatibles avec ceux obtenus lors du commissioning (section 1.3).

Le taux de déclenchement de chacune des cartes Local pour les événements d'injection (cf. FIG. 1.5) est relativement homogène sur l'ensemble de la surface du détecteur. La valeur moyenne, d'environ un déclenchement par seconde, doit être interprétée avec précaution. En effet, notons que, même si plusieurs particules traversent la zone du détecteur correspondante à une carte Local, les échelles de comptage du nombre de déclenchement (par exemple) de cette carte Local ne peuvent s'incrémenter que d'une unité pour un BCC (25 ns) donné. Ainsi le nombre de déclenchement mesuré de cette manière peut conduire à une sous-estimation du nombre de particules traversant le Muon Trigger. C'est

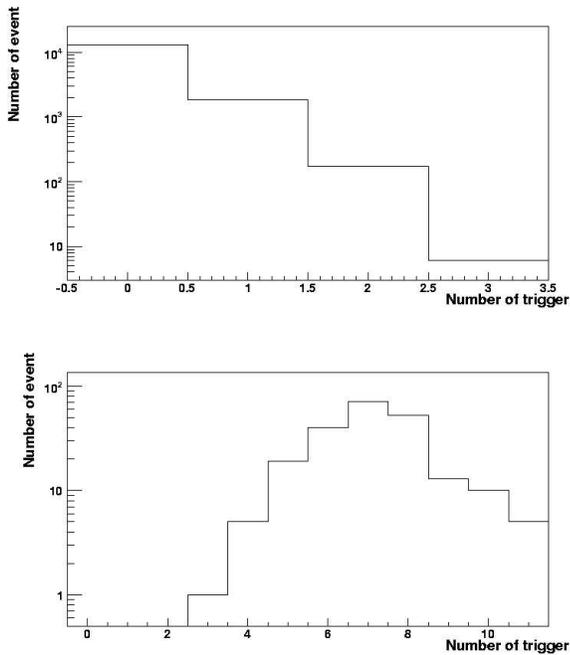


FIG. 1.6 – Distribution de la multiplicité au niveau Global pour des événements cosmiques (en haut) et d’injection (en bas).

le cas ici puisqu’une récente étude du nombre de ”strips” du Muon Trigger touchés par événement d’injection tend à montrer que le nombre de particules traversant le Muon Trigger dans un événement d’injection serait de l’ordre de la dizaine de millier.

1.4.2 Multiplicité au niveau Global

Au niveau Global, la multiplicité se définit comme le nombre de décisions positives délivré au CTP par seconde. La FIG. 1.6 montre les distributions de multiplicité pour les événements cosmiques (en haut) et d’injection (en bas). Le cas des cosmiques fait apparaître un maximum pour une multiplicité nulle, correspondant en réalité à une décision négative (absence de déclenchement). La multiplicité maximale correspond, dans ce cas, à trois déclenchements par seconde. Les événements d’injection, en revanche, correspondent à une multiplicité moyenne de 7. Ce résultat peut s’interpréter par un étalement des déclenchements sur plusieurs BCC.

Les grandes multiplicités de particules observées ainsi que l’étalement des déclenchements sur plusieurs BCC sont interprétés comme la conséquence de la production de gerbes hadroniques à chaque injection. Nos résultats sont compatibles avec ceux de la partie centrale d’ALICE qui montrent un important bruit de fond de 1 à 2 particules par cm^2 à petit angle. Des tests complémentaires ont permis de mettre en évidence que cette valeur devient négligeable lorsque les détecteurs de contrôle du faisceau sont retirés de la ligne d’injection. Ces détecteurs, appelés ”beam screens”, constitués de fines plaques de Ti de $15 \mu m$ d’épaisseur, sont

donc la source des particules mesurées par les détecteurs. ALICE se trouvant dans l’alignement de la ligne d’injection, l’expérience est d’autant plus sensible à leur présence.

1.5 Conclusion

Le ”Trigger” du spectromètre à muons d’ALICE a démontré, lors des phases de commissioning, une très grande stabilité, notamment concernant les fonctions de détection, de déclenchement ou d’acquisition des données. La communication avec les services généraux d’ALICE (CTP, DAQ, DCS) fonctionne parfaitement et le détecteur est dorénavant prêt à prendre des données. Comme le montre les résultats observés lors des premières injections, sa réactivité a permis de participer à la mise en évidence d’un phénomène de production de gerbes hadroniques lors des phases d’injection.

La prochaine étape, consistant en l’évaluation des performances en collisions proton-proton à $900 GeV$, devrait pouvoir commencer à l’automne 2009. Les premières données en collisions d’ions lourds seraient alors disponibles courant 2010.

Références

- [1] R. Stock, arXiv :0807.1610v1 [nucl-ex] (2008).
- [2] ALICE Physics Performance Report, vol 1., J. Phys G30 (2004) 1517.
- [3] ALICE Physics Performance Report, vol 2., J. Phys G32 (2006) 1295.
- [4] ALICE Muon Spectrometer Technical Design Report, CERN-LHCC-99-022 and CERN-LHCC-2000-046.
- [5] R. Arnaldi *et al.*, IEEE Trans. Nucl. Sci. 52 (2005) 1176
- [6] R. Arnaldi *et al.*, IEEE Trans. Nucl. Sci. 51 (2004) 375
- [7] C. Amsler *et al.*, Physics Letters B 667, 1 (2008)