

DEA DE PHYSIQUE SUBATOMIQUE
MODELISATION ET INSTRUMENTATION
1999/2000

GUEDON Magalie

TEST AUTOMATIQUE DES MODULES DE DÉTECTION POUR
L'EXPÉRIENCE STAR

RAPPORT DE STAGE
sous la direction de Lutz Jean-Robert

juin 2000

IRES Strasbourg

UNIVERSITE LOUIS PASTEUR, STRASBOURG I
UNIVERSITE DE HAUTE ALSACE, MULHOUSE
IN2P3-CNRS

Table des matières

Résumé	3
Le contexte physique des expériences ALICE et STAR	4
Introduction	5
Le module de détection	6
Le détecteur	6
Les circuits hybrides	7
Le circuit COSTAR	7
Le circuit ALICE 128C	7
Le TAB	7
L'automatisation du test des modules	9
Les tests des composants des modules	9
Les tests nécessaires	10
Le banc de test automatique des modules	11
La programmation	13
L'effet TAB	13
Le test avec le générateur interne	13
Acquisitions multiples : le bruit	13
Le test avec une source lumineuse ponctuelle	14
Analyse et résultats	14
Le générateur interne	14
Acquisitions multiples : le bruit	15
Le test avec une source lumineuse ponctuelle	17
Stockage des résultats et comparaison	17
Les problèmes encore non résolus	17
Conclusion	18
Bibliographie	19

Table des figures

1	Le détecteur STAR	3
2	Le SVT	5
3	Une face du module de détection	6
4	Les 2 faces de l'hybride	8
5	Le schéma du circuit COSTAR	8
6	Le schéma du circuit ALICE 128C	9
7	Le TAB	9
8	Le support de test	10
9	Les outils nécessaires	11
10	Le banc de test	12
11	Tension de sortie de tous les canaux	15
12	Bruit des pistes	16

Résumé

Dans le cadre de l'expérience STAR, des modules de détection doivent être testés. Ces modules sont composés d'un détecteur silicium double face et de son électronique de lecture. Un protocole de test et de qualification des modules de détection a été défini et le travail qui m'a été confié consiste à automatiser le test des modules grâce aux outils qui me sont fournis et que j'ai développé. Ce rapport explique ce qu'est l'expérience STAR, ce qu'est un module et comment il peut être testé.

STAR Detector

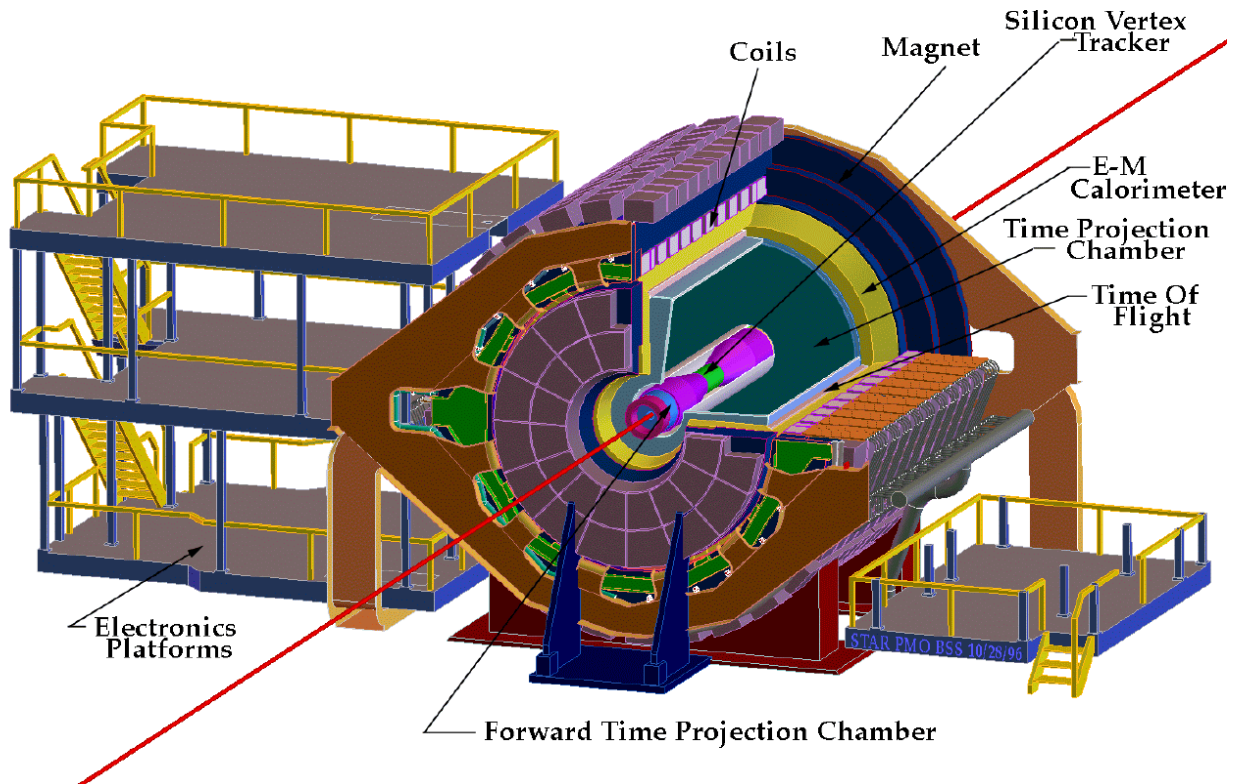


FIG. 1 – *Le détecteur STAR*

I. Le contexte physique des expériences ALICE et STAR

Les expériences ALICE (A Large Ion Collider Experiment) et STAR (Solenoidal Tracker At RHIC) (Fig. 1) sont de futures grandes expériences d'ions lourds ultra-relativistes qui seront effectuées respectivement aux collisionneurs LHC (Large Hadron Collider) au CERN et au RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) au BNL (USA).

Ces expériences ont pour but d'étudier le diagramme de phases de la matière nucléaire dans un domaine où les calculs statistiques fondés sur la Chromodynamique Quantique (QCD) prévoient une transformation de la matière hadronique en un état de partons déconfinés : le Plasma de Quarks et de Gluons (QGP). La recherche et l'étude de cette transition de phase doivent répondre à des questions fondamentales sur les propriétés de l'interaction forte et du vide QCD, concernant aussi la brisure spontanée de la symétrie chirale et l'origine de la masse des hadrons.

Ces expériences poursuivront les expériences effectuées au SPS (collisions Pb+Pb à une énergie $\sqrt{s}=17$ GeV) qui ont donné des résultats prometteurs mais qui ne permettent pas de conclure sans ambiguïté à la formation d'une phase de quarks déconfinés. L'énergie très importante ($\sqrt{s}=200$ GeV au RHIC et $\sqrt{s}=6$ TeV au LHC) et les nouvelles méthodes d'analyse événement par événement de certaines observables ainsi que la très grande multiplicité de particules attendues au LHC et au RHIC doivent permettre de lever les ambiguïtés rencontrées au SPS. De plus STAR et ALICE sont conçues pour rechercher les diverses signatures corrélées du QGP.

Parmi tous les phénomènes associés à la formation du QGP, il en existe un, résultant d'une évolution "exotique" du plasma : la formation d'état multi-quark étranges ("strangelets"). On se propose d'étudier les signatures du QGP qui se fondent sur la production d'étrangeté et en particulier la mesure des baryons et des anti-baryons étranges (Λ , Ξ , Ω). En effet, les prédictions théoriques montrent que la production de paires quark-antiquark étranges et donc la formation d'hypérons et d'anti-hypérons Λ , $\bar{\Lambda}$, Ξ , $\bar{\Xi}$ et Ω , $\bar{\Omega}$ devrait être plus abondante dans un QGP que dans un gaz hadronique.

La démarche expérimentale consistera à comparer les taux de production de ces particules étranges dans les collisions Proton-Noyau avec ceux obtenus dans les collisions Noyau-Noyau. Pour effectuer cette analyse, il faut identifier les hypérons produits parmi les milliers de hadrons émis lors de chaque collision. Cette identification se fait en reconstituant les chaînes de désintégration des hypérons à partir de la mesure de leurs produits de désintégration chargés (par la reconstruction de leurs traces : tracking dans un champ magnétique combiné à la mesure de leur perte d'énergie).

Pour ce faire, des détecteurs silicium double face à micropistes seront utilisés. Ils équiperont les couches externes des trajectographes internes : la quatrième couche du SVT (Silicon Vertex Tracker) pour STAR et les deux couches externes de l'ITS (Inner Tracking System) pour ALICE. Le SVT (Fig. 2) comprend 320 de ces détecteurs et l'ITS en comprend 1706.

Les détecteurs silicium ont été choisis en raison de leur grande fiabilité pour localiser le passage d'une particule ainsi que son énergie et du fait de la grande multiplicité de particules dans cette région centrale.

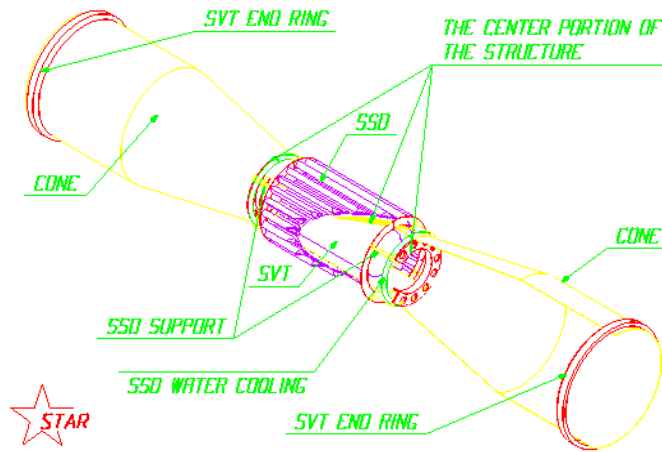


FIG. 2 – *Le SVT*

II. Introduction

Les modules de détection représentent les tuiles qui composent la structure cylindrique des couches de détection. Ceux destinés à l'expérience STAR mesurent $7,5 * 4,2 \text{ cm}^2$ et sont composés d'un détecteur silicium double face et de 2 circuits hybrides avec toute l'électronique associée. Chaque hybride correspond à une face du détecteur et comporte 6 circuits de lecture ALICE 128C et un circuit COSTAR. Les circuits de lecture ALICE 128C sont connectés au détecteur et à l'hybride par du TAB (Tape Automatic Bonding).

Ces modules ne sont pas parfaits et présentent certains défauts qu'il faut localiser, identifier et quantifier. Les problèmes concernent essentiellement les caractéristiques électriques des composants et la qualité de leur interconnection.

Pour cela les composants des modules sont d'abord testés séparément afin d'effectuer une première sélection et de ne conserver que les composants conformes aux spécifications voulues. Toutes les caractéristiques des composants sont conservées sur fichier ainsi que dans une base de données.

Les composants sont ensuite assemblés pour former un module qui doit être testé. Le test de ces modules doit être effectué automatiquement en raison du grand nombre de modules à tester. J'ai été chargée d'automatiser ce test. C'est-à-dire que j'ai été chargée de programmer différents tests prédéfinis, d'acquérir les données nécessaires à la caractérisation du module et de stocker ces données dans des fichiers et dans une base de données.

Les problèmes qui peuvent être rencontrés ont été identifiés et sont les suivants :

- Le détecteur ou les circuits ne sont pas correctement polarisés.
- Un circuit ALICE 128C est hors-service.
- Un canal du circuit ALICE 128C est mort.
- Le préamplificateur d'un canal est bloqué.
- Le gain de la chaîne de préamplification n'est pas nominal.
- Une piste du détecteur n'est pas connectée au canal du circuit ALICE 128C.
- La capacité de la piste est en court-circuit.
- Une piste du détecteur est bruyante.

Chaque problème peut être mis en évidence et visualisé grâce à différents tests : le premier test consiste à vérifier les tensions de polarisation, puis trois autres tests servent à déterminer les problèmes des canaux du circuit ALICE 128C et des pistes du détecteur. Pour pouvoir déterminer le numéro des canaux et des pistes qui posent problèmes nous devons tenir compte de la manière dont les pistes sont connectées aux canaux des circuits ALICE 128C. En effet, nous avons 6 circuits ALICE 128C pour une face du détecteur. De plus, le numéro du canal ne correspond pas au numéro de la piste : c'est "l'effet TAB". Une fois que les données sont réorganisées, elles sont stockées dans des fichiers et dans la base de données. Les résultats de ces tests sont comparés aux résultats des tests des composants afin de vérifier qu'il n'y a pas eu de détérioration pendant l'assemblage. Une note sera attribuée à chaque module. Cette note reflétera l'état de fonctionnement du module.

III. Les éléments du module de détection

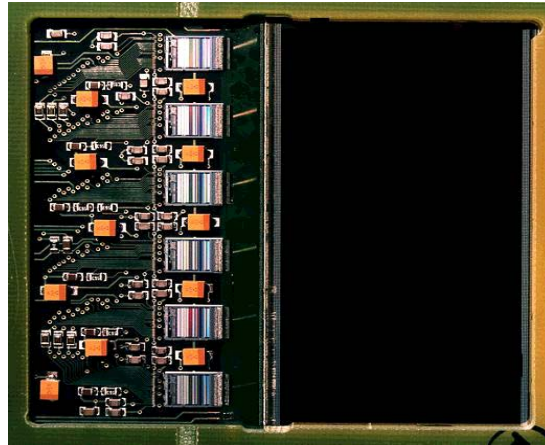


FIG. 3 – Une face du module de détection

Le module (Fig. 3) possède de nombreux composants qui sont détaillés ci-dessous.

A. Le détecteur

Le détecteur a une épaisseur de $300 \mu\text{m}$ et comporte sur chaque face 768 micropistes espacées de $95 \mu\text{m}$. On a un angle de 35 mrad entre les pistes de la face p et les pistes de la face n. La lecture du détecteur se fait par liaison capacitive pour supprimer la composante continue du courant qui pourrait perturber ou endommager le circuit de lecture ALICE 128C.

B. Les circuits hybrides

Les circuits hybrides (Fig. 4) ont pour fonction de supporter, d'interconnecter et d'alimenter les différents composants de l'électronique frontale.

C. Le circuit COSTAR

Le circuit COSTAR (Fig. 5) sert à mesurer certains paramètres. Il contient des registres d'entrée/sortie numériques, ainsi que des convertisseurs numérique/analogique et analogique/numérique. Il permet de mesurer les tensions d'alimentation des circuits ALICE 128C, les courants de polarisation et de garde du détecteur ainsi que la température locale de l'hybride.

D. Le circuit ALICE 128C

Le circuit ALICE 128C (Fig. 6) permet la lecture de 128 voies du détecteur à micro-pistes pour une dissipation de 350 microwatts par voie et un gain total de 50 mV/MIP (Particules au Minimum d'Ionisation : 1 MIP = 22 000 électrons dans 300 μm de silicium). L'originalité et l'intérêt de ce circuit proviennent de sa très faible consommation, de sa contrôlabilité et de sa testabilité. Il est alimenté par des tensions +2V/-2V. Il comporte 128 voies analogiques identiques formées chacune d'un préamplificateur de charge, d'un circuit de mise en forme "shaper" et d'une cellule de mémorisation analogique commandée par un signal extérieur : le HOLD. L'amplificateur de sortie unique du multiplexeur analogique permet la lecture séquentielle des cellules à une fréquence de 10MHz. Un dispositif de "slow control" est incorporé au circuit. Il permet de contrôler les différents courants et tensions de polarisation, le temps de mise en forme et un dispositif d'injection sélective, à l'entrée des préamplificateurs, de signaux de test d'amplitudes variables. Il y a deux niveaux de contrôle différents selon la destination des signaux logiques ("slow-control" ou signaux de HOLD et de lecture).

E. Le TAB

Le TAB (Fig. 7) qui relie chaque circuit ALICE 128C au détecteur est un ruban en kapton sur lequel sont gravées 128 pistes en cuivre, permettant la liaison électrique entre chaque piste du détecteur et le canal de préamplification correspondant du circuit ALICE 128C. Le TAB assure également la liaison du circuit ALICE 128C avec l'hybride.

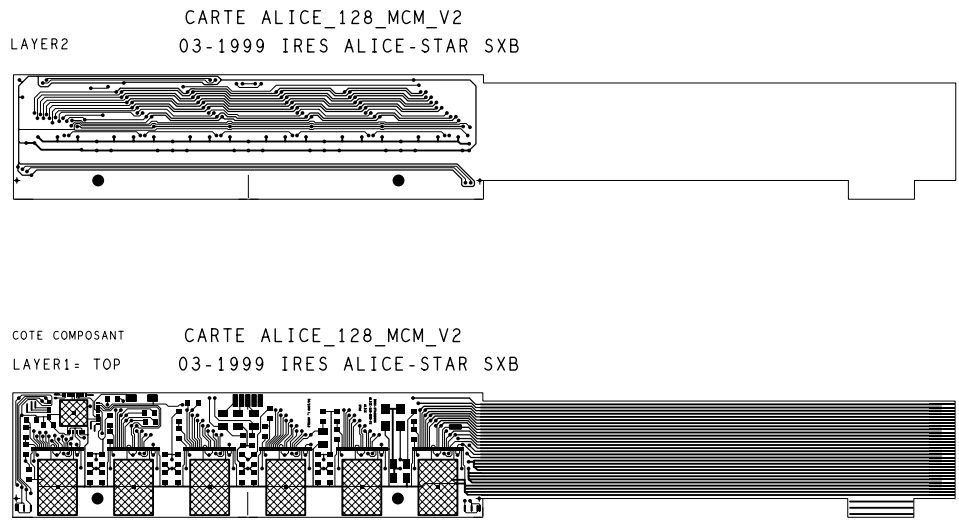


FIG. 4 – Les 2 faces de l'hybride

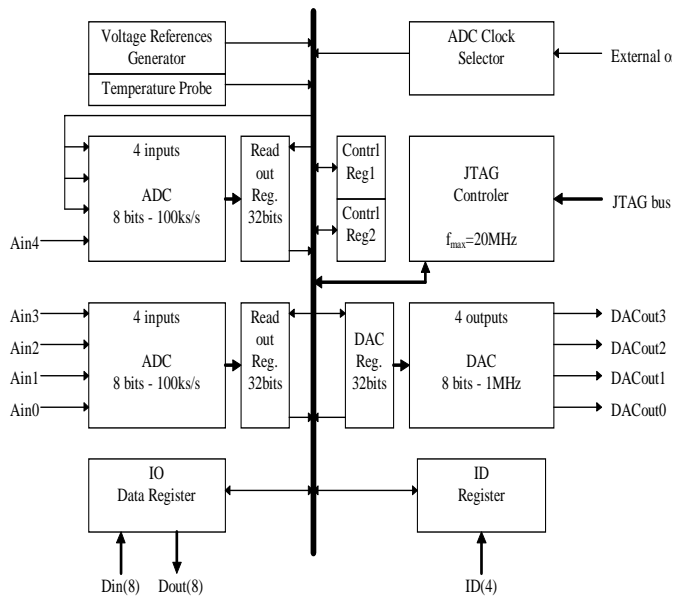


FIG. 5 – Le schéma du circuit COSTAR

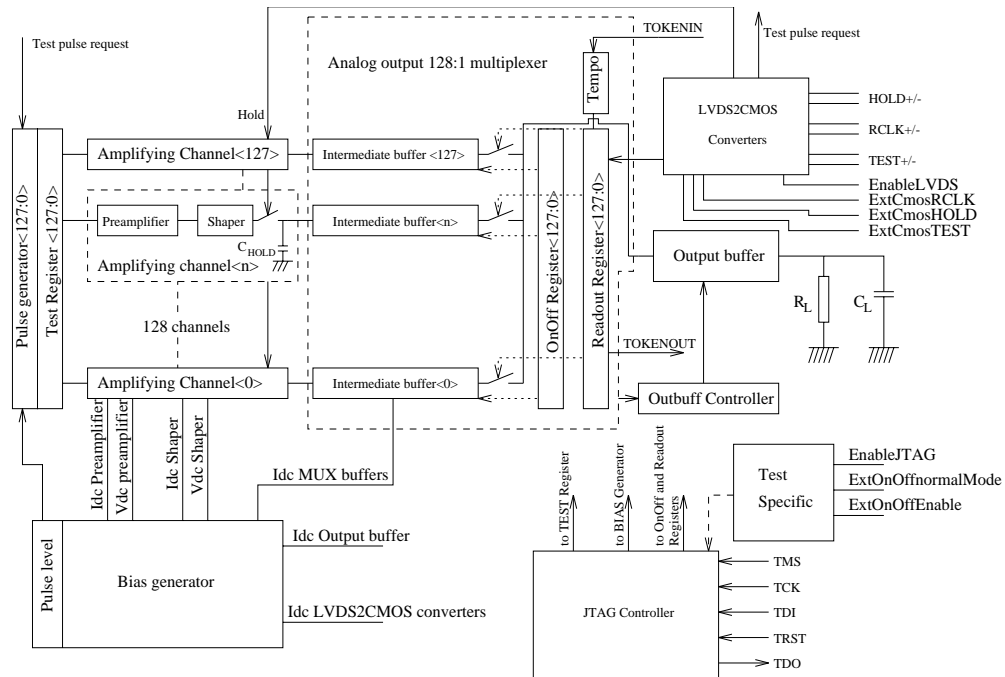


FIG. 6 – Le schéma du circuit ALICE 128C

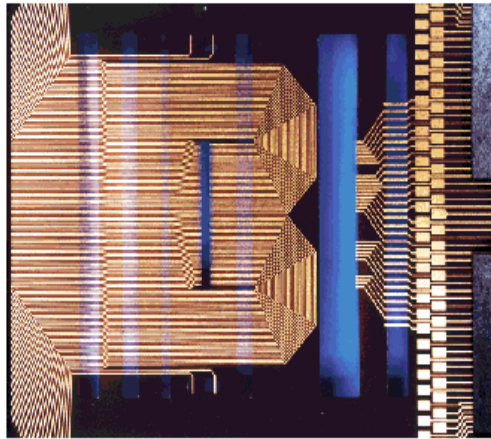


FIG. 7 – Le TAB

IV. L'automatisation du test des modules

A. les tests des composants des modules

Chaque composant du module est testé séparément avant le montage. Les détecteurs silicium sont contrôlés visuellement puis testés électriquement sous pointes pour contrôler la tension de déplétion, le courant de polarisation, le courant de garde et la capacité de couplage de chaque piste. On vérifie également que les courants de polari-

sation et de garde sont stables dans le temps. On peut ainsi faire une première sélection et ne garder que les détecteurs qui répondent aux spécifications. On identifie également le numéro des pistes défaillantes.

Les circuits ALICE 128C sont montés avec le TAB dans un cadre de maintien et insérés dans un support de test (Fig. 8). Le test du circuit se fait grâce à un programme

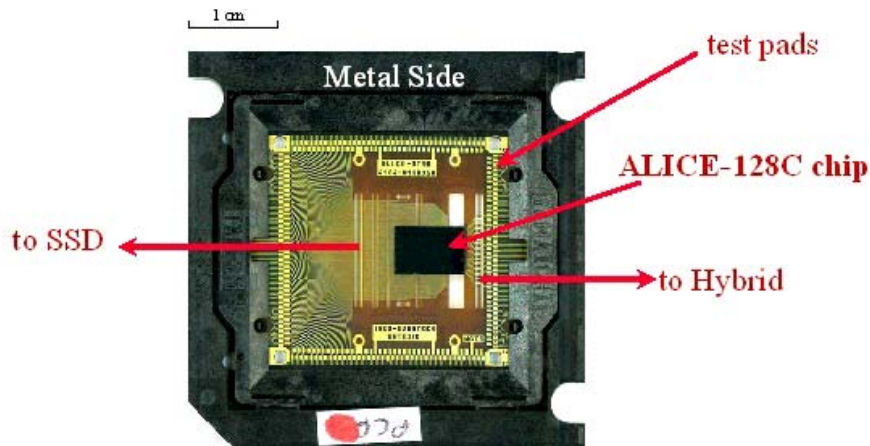


FIG. 8 – *Le support de test*

développé sous LabView et implanté sur PC. En effet, les circuits ALICE 128C possèdent un système de test interne. Le programme permet via JTAG (un protocole de communication) d'accéder à toutes les fonctions du circuit. On peut fixer le mode de lecture, "séquentiel" pour une lecture des 128 cellules de mémorisation ou le mode "transparent" pour la sélection d'un canal de l'entrée analogique jusqu'à la sortie. Dans ce dernier cas, le signal de maintien de la cellule de mémorisation HOLD reste à zéro. Le programme permet également de fixer les différents courants et tensions de polarisation ainsi que le nombre de circuit à polariser. Il pilote le générateur interne d'impulsions afin d'injecter une quantité programmable de charges à l'entrée des préamplificateurs sélectionnés. Une carte d'acquisition National Instrument directement connectée sur le bus PCI (Peripheral Component Interconnect) du PC génère les signaux de contrôle nécessaires au mode séquentiel (HOLD, CLOCK, TOKEN) et régule les tensions d'alimentation du circuit.

Le COSTAR a été testé sous pointe. On a effectué une calibration en température et on a vérifié la tension de référence.

B. les tests nécessaires

Une fois que tous les composants ont été testés et que les modules ont été assemblés, nous devons effectuer des tests pour évaluer les différents problèmes.

Nous devons tout d'abord vérifier que toutes les tensions et les courants d'alimentation sont corrects. Si les modules sont correctement alimentés, on effectue trois tests différents.

Ces trois tests sont nécessaires pour identifier tous les problèmes. En effet les problèmes peuvent être classés en trois catégories :

- Les problèmes des pistes,
- Les problèmes de connection entre une piste et un canal,
- Les problèmes des canaux.

Chaque test est effectué pour une face du détecteur et donc pour un hybride.

Le premier test consiste à injecter une impulsion dans chaque canal de chaque circuit ALICE 128C grâce au générateur interne de ces circuits. Ce test nous permet de visualiser la réponse des canaux à une stimulation interne connue. Il nous permet d'identifier les canaux morts et ceux dont le préamplificateur est bloqué.

Le second test (test de bruit) consiste à effectuer plusieurs fois l'acquisition de tous les canaux sans signal et à calculer le bruit de chaque canal. Ce test nous permet de visualiser tous les problèmes des canaux ainsi que les problèmes de connection entre un canal du circuit et une piste du détecteur.

Le troisième et dernier test se fait grâce à une source lumineuse ponctuelle. On stimule chaque piste du détecteur avec la source lumineuse ponctuelle et on peut ainsi visualiser les pistes coupées, les problèmes de connection ainsi que les problèmes des canaux.

En résumé, le premier test nous permet de visualiser les problèmes des canaux, le deuxième test nous permet de visualiser les problèmes des canaux et les problèmes de connections et enfin le troisième test nous permet de visualiser les problèmes des canaux, les problèmes de connections et les problèmes des pistes. En effectuant une analyse des données, fonctionnant sous LabView, et en comparant les résultats de ces trois tests, nous pouvons identifier tous ces problèmes.

C. le banc de test automatique des modules

Pour pouvoir effectuer ces tests, plusieurs outils sont nécessaires (Fig. 9) :

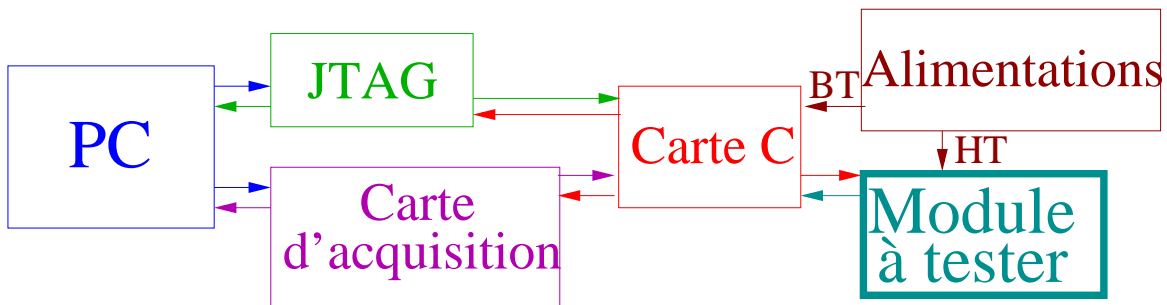


FIG. 9 – Les outils nécessaires

Tout d'abord pour alimenter le module nous avons besoin de trois alimentations : une

alimentation haute tension pour dépléter le détecteur et deux alimentations basse tension pour alimenter les circuits par l'intermédiaire d'une carte dite "C". Cette carte C met en forme les signaux de contrôle et les signaux JTAG et régule les tensions d'alimentation des circuits.

Pour étudier le module, on utilise des outils extrapolés de ceux utilisés pour le test des circuits ALICE 128C.

Avant de tester le module, on vérifie les tensions et les courants de polarisation et de déplétion. On effectue ensuite l'acquisition d'un canal par circuit pour vérifier que l'amplitude et la forme du signal sont correctes. Puis on génère les signaux de contrôle et on effectue l'acquisition de tous les canaux afin de voir si tous les circuits fonctionnent correctement. Dans le cas où certains circuits sont hors-service, on doit les "by-passer" afin de ne pas briser la chaîne. En effet les signaux de contrôle sont envoyés en série et si un des circuits ne fonctionne pas, on ne peut pas lire les suivants.

Pour effectuer le test avec le générateur interne ou le test de bruit aucun autre outil n'est nécessaire.

Pour effectuer le test avec une source lumineuse ponctuelle, un banc de test a été mis au point (Fig. 10).

Le module est placé dans une boîte hermétique à la lumière et la source lumineuse

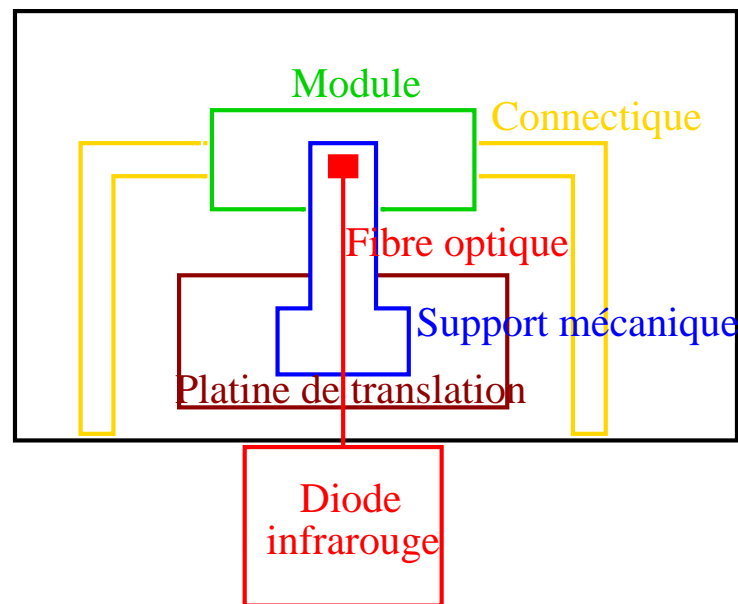


FIG. 10 – *Le banc de test*

ponctuelle a été obtenue en couplant deux fibres optiques de taille différente à une diode infrarouge. La première fibre de $50 \mu\text{m}$ est connectée à la diode infrarouge. Elle sert à collecter le maximum de lumière. La deuxième fibre de $9\mu\text{m}$ est connectée à la première. Elle sert à obtenir un faisceau de lumière extrêmement fin.

Pour éviter une dispersion de la lumière, la fibre est amenée le plus près possible du détecteur grâce à une platine de translation manuelle verticale. Pour pouvoir exciter

chaque piste du détecteur avec la source lumineuse, la fibre optique est reliée à une platine de translation horizontale contrôlée par un programme développé sous LabView.

Grâce à tous ces outils nous pouvons effectuer ces tests.

D. La programmation

1. L'effet TAB

Tout d'abord nous devons tenir compte de "l'effet TAB". Le TAB qui relie chaque piste du détecteur au canal correspondant du circuit ALICE 128C ne fait pas correspondre la première piste au premier canal. Tout est "entrelacé". On a donc besoin d'un programme de conversion qui donne l'équivalence canal-piste. Ce programme consiste à effectuer des opérations sur les tableaux de données obtenus par l'acquisition. Ces opérations consistent à découper un tableau, inverser les valeurs ou prendre une valeur sur deux. En sortie on obtient un tableau qui contient les données rangées en fonction du numéro des pistes. Dans toute la suite le numéro du canal est exprimé en fonction de celui de la piste associée.

2. Le test avec le générateur interne

Chaque circuit ALICE 128C peut générer une impulsion de test sur n'importe quel canal choisi, via le JTAG. On utilise cette méthode afin de générer une impulsion de hauteur maximale sur tous les canaux.

Dans un premier temps, le test a été effectué en injectant une seule impulsion dans chacun des six circuits. Pour cela, on entre le numéro du canal dans lequel on souhaite injecter une impulsion, on effectue l'acquisition de tous les canaux de l'hybride et on stocke dans des tableaux la valeur de la tension à la sortie du canal dans lequel une impulsion a été injectée. On incrémente ensuite le numéro des canaux activés pour pouvoir générer une impulsion sur tous les canaux de l'hybride. On convertit les données afin d'obtenir le résultat en fonction du numéro des pistes.

Dans un deuxième temps le test a été effectué de manière identique mais en générant 4 impulsions par circuit pour optimiser le temps d'acquisition. C'est-à-dire qu'on génère 24 impulsions simultanément, une impulsion tous les 32 canaux. Ce qui fait donc 768 impulsions. On ne peut pas générer plus d'impulsions à cause des limites d'alimentation du circuit.

3. Acquisitions multiples : le bruit

Le second test consiste à effectuer plusieurs fois l'acquisition de tous les canaux. Cette acquisition a été effectuée 200 ou 1000 fois. Ces acquisitions multiples présentent un problème de durée. En effet, il faut une heure pour effectuer 1000 acquisitions.

A partir de ces données, on calcul le piédestal c'est-à-dire la moyenne par canal d'après la formule:

$$P(i) = \sum_{n=1}^N X_i(n)$$

Où i est le numéro du canal,
 n est le numéro de l'événement,
 N est le nombre total d'événements,
 $P(i)$ est la valeur du piédestal pour le canal i ,
et $X_i(n)$ est la tension en Volt par évènement et par canal.
On calcule ensuite l'écart-type par canal, c'est-à-dire le bruit par canal d'après la formule:

$$\sigma(i) = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^N (X_i(n) - P(i))^2}{N}}$$

Deux autres méthodes de calcul du bruit ont également été utilisées mais elles n'apportent aucune précision supplémentaire.

L'une d'elle consiste à soustraire le déplacement de mode commun de chaque évènement. Ce déplacement se calcule par circuit et par évènement. Il se calcule de la manière suivante:

$$c(n) = \frac{1}{128} \sum_{i=0}^{128} [X_i(n) - P_i(n)]$$

où $c(n)$ est le déplacement de mode commun.

On soustrait ensuite cette valeur à chaque évènement et on calcule le bruit comme précédemment.

L'autre méthode consiste à calculer le bruit grâce à la formule :

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{N-1}} \sqrt{\left| \sum_{n=0}^N [X_i(n)]^2 - \frac{1}{N} \left[\sum_{n=0}^N X_i(n) \right]^2 \right|}$$

4. Le test avec une source lumineuse ponctuelle

Avec la source ponctuelle, on excite l'une après l'autre chaque piste du détecteur. Pour cela, il faut que la platine de translation effectue plusieurs déplacements élémentaires. La platine possède une précision de $2 \mu m$. On peut régler le pas, la vitesse, l'accélération et lui faire effectuer des déplacements relatifs ou absolus. Pour le test, on effectue un premier déplacement pour amener la fibre le plus près possible du détecteur puis on effectue plusieurs petits déplacements. Après chaque déplacement on excite une piste du détecteur et on effectue l'acquisition des pistes proches de la piste touchée. A la fin du test, la platine est renvoyée à son point de départ. Ce banc de test est encore incomplet et aucun test n'a encore été effectué.

E. Analyse et résultats

1. Le générateur interne

A partir du test avec le générateur interne, nous avons obtenus les tensions de sortie de tous les canaux après stimulation (Fig. 11).

La valeur de la tension en sortie pour les canaux qui fonctionnent normalement est de 0,8V (0,2V de piédestal + 0.6V d'impulsion).

On peut, à partir de ce test, localiser les canaux morts : la valeur de la tension est proche

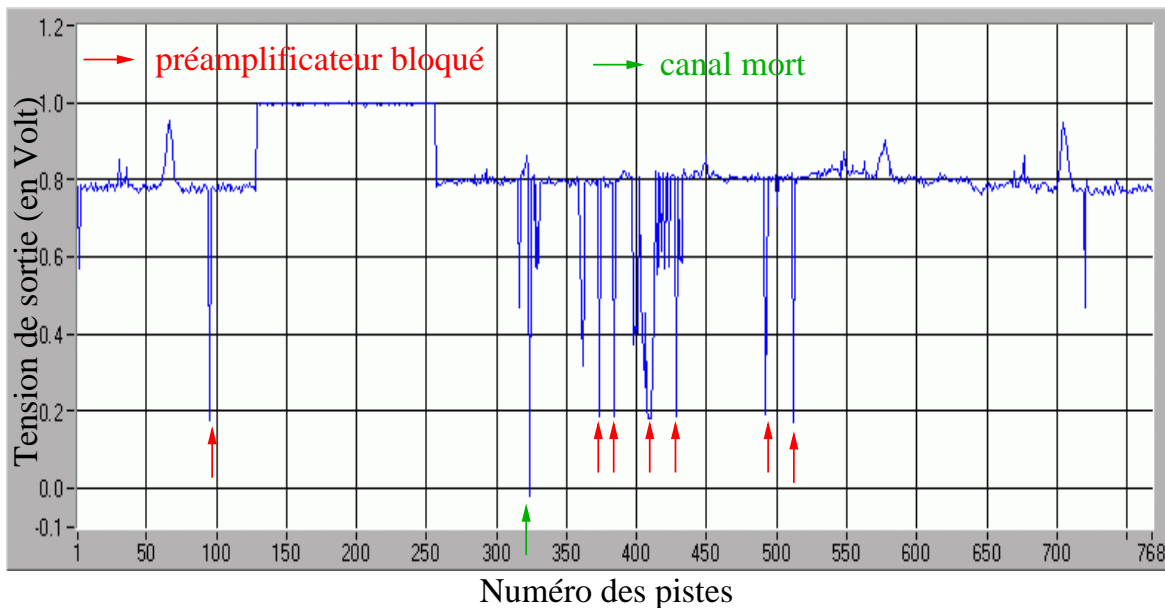


FIG. 11 – Tension de sortie de tous les canaux

de zéro, c'est-à-dire que ces canaux ne possèdent ni piédestal, ni réponse à la stimulation.

On peut localiser les canaux dont le préamplificateur est bloqué. Ils ont un piédestal mais ne répondent pas à la stimulation par le générateur interne. La valeur de la tension en sortie est d'environ 0,2 Volt.

D'autres canaux fonctionnent mais le gain de la chaîne d'amplification n'est pas nominal. La tension en sortie est comprise entre 0,2V et 0,8V. Pour connaître le numéro des canaux qui posent problèmes, on fixe trois seuils différents sur le tableau de données, un seuil pour chacun des problèmes. On peut ainsi séparer et identifier les différents problèmes.

Les tensions de tous les canaux sont stockées dans des fichiers ainsi que dans la base de données. On stocke également les résultats de l'analyse.

2. Acquisitions multiples: le bruit

Précédemment nous avons calculé le bruit, nous pouvons ainsi localiser les pistes plus bruyantes ou moins bruyantes que la moyenne. Mais il nous faut un critère de sélection précis. Pour cela on trace l'histogramme du bruit (Fig. 12). On doit obtenir une gaussienne. On calcul donc la moyenne et l'écart type de cette histogramme puis on effectue un ajustement gaussien grâce à la formule:

$$f(x) = \frac{N}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

où N est le facteur de normalisation,
 σ est l'écart-type,
 μ est la valeur moyenne,

et x la valeur du bruit de chaque piste.

Mais un problème se pose. La valeur de la moyenne et de l'écart type tient compte de toutes les valeurs du bruit même les plus éloignées de la moyenne. Ces paramètres ne sont pas des paramètres gaussiens. On doit alors procéder par dichotomie en supprimant toutes les valeurs trop éloignées de la moyenne. Pratiquement, on utilise le σ et le μ obtenus puis on supprime les valeurs qui s'éloignent de plus de 3σ de la moyenne. On recalcule alors σ et μ . On effectue cette opération plusieurs fois jusqu'à ce que plus aucune valeur ne s'éloigne de plus de 3σ de la moyenne. On obtient alors des paramètres gaussiens.

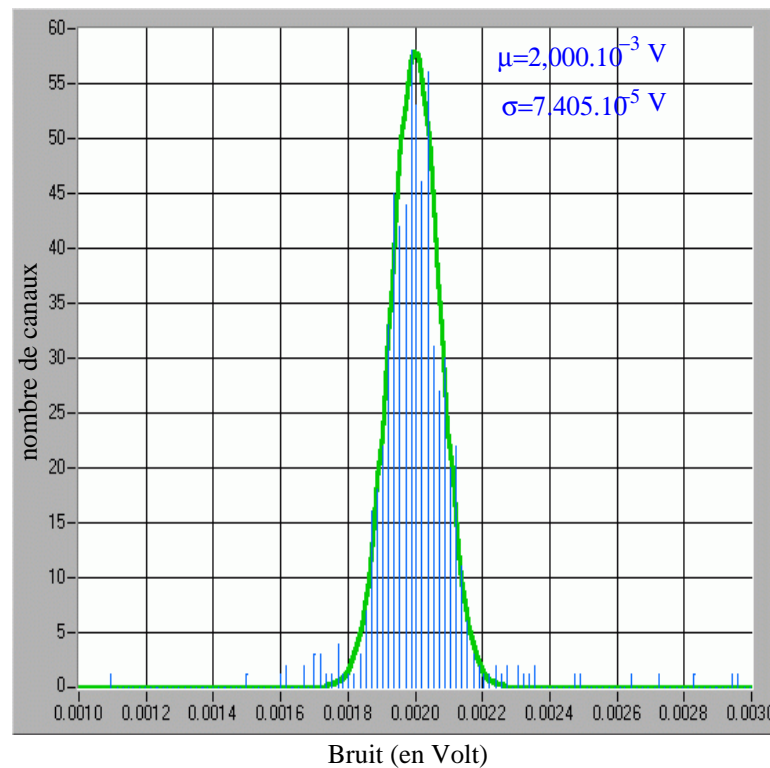


FIG. 12 – *Bruit des pistes*

Une autre méthode a également été utilisée pour calculer le σ . C'est la méthode des moindres carrés. On utilise la formule:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - f_i(x_i, \sigma))^2}{2\sigma^2}$$

où x_i et y_i sont respectivement l'abscisse et l'ordonnée des points de l'histogramme, $f_i(x_i, \sigma)$ est l'équation de la gaussienne et σ est l'écart type.

En minimisant cette quantité, on obtient la valeur de σ . Cette méthode donne une bonne approximation. En effet dans cette méthode, la valeur moyenne n'est pas recalculée et la valeur de σ est donc approximative. On aurait pu également recalculer la valeur moyenne mais cela pose un problème de programmation car l'analyse effectuée sous LabView est

relativement lente.

A partir des paramètres obtenus par dichotomie, on peut visualiser les pistes plus bruyantes ou moins bruyantes. Ce sont celles qui s'éloignent de plus de 3σ de la moyenne. Les pistes moins bruyantes correspondent à trois problèmes différents. Ce sont soit des canaux morts, des canaux dont le préamplificateur est bloqué ou des pistes qui ne sont pas connectées au canaux. Pour différencier les 3 cas, il suffit de recouper ces informations avec celles obtenues avec le générateur interne. Les pistes bruyantes correspondent à 2 problèmes différents. Ce sont simplement des pistes bruyantes ou ce sont des pistes adjacentes à une piste non connectée. En effet, les pistes non connectées provoquent du bruit sur les pistes adjacentes.

Les données sont ensuite stockées comme précédemment.

3. Le test avec une source lumineuse ponctuelle

Aucune acquisition n'a encore été effectuée avec ce banc de test. Il est néanmoins opérationnel et on a vérifié que la platine pouvait effectuer les déplacements nécessaires au test. On a également vérifié que le faisceau lumineux était suffisamment fin pour toucher une seule piste du détecteur à la fois. On pourra grâce à ce test localiser tous les problèmes du module : les problèmes déjà localisés avec les deux tests précédents et le problème des pistes défaillantes qui n'a pas encore été localisé.

4. Stockage des résultats et comparaison

Les résultats obtenus à partir de ces différents tests sont stockés dans des fichiers avant d'être stockés dans la base de données qui contient déjà les résultats des tests des composants. Toutes ces données seront comparées aux données obtenues pour les tests des composants afin de voir s'il y a eu une détérioration ou non. Le nombre de défauts sera quantifié afin de savoir si le module sera apte à être monté au RHIC.

5. Les problèmes encore non résolus

Différents problèmes n'ont pas encore été résolus.

Premier problème : le temps mis pour effectuer les acquisitions est très long. Cela est dû au fait que les signaux de contrôle sont générés par logiciel. Pour résoudre le problème, il faut générer ces signaux à partir de la carte d'acquisition.

Second problème : on a testé le fonctionnement de la source lumineuse ponctuelle mais on a pas encore automatisé le processus.

Troisième problème : pour l'instant, on ne peut tester que la face p. Pour tester les 2 faces à la fois, il faut installer un optocoupleur.

Dernier problème : pour l'instant, ce test a été effectué sur seulement deux modules. Il faut effectuer le test sur plusieurs modules pour valider le système.

V. Conclusion

Nous avons vu que, dans l'expérience STAR, nous avons besoin de modules composés d'un détecteur silicium double face et de son électronique de lecture. Ces modules doivent être testés pour vérifier leur bon fonctionnement. On teste tout d'abord les différents composants séparément, puis on teste le module assemblé.

J'ai été chargé du test des modules assemblés. Le test de ces modules doit se faire automatiquement en raison du grand nombre de modules qui doivent être testés. J'ai donc programmé les différents tests, analysé les données recueillies et stocké les informations sur fichiers. Le test avec le générateur interne est complet : la programmation est terminée, l'analyse donne les résultats attendus et les données ont été stockées sur fichier, de même pour le test de bruit. Le banc de test avec une source lumineuse ponctuelle est prêt. Le programme de contrôle de la platine est prêt. Mais faute de temps aucune acquisition n'a été effectuée pour l'instant. Cela sera fait sous peu. De même nous devons optimiser la durée de l'acquisition. J'espère terminer dans peu de temps le test avec la source lumineuse afin de pouvoir tester tous les modules lorsqu'ils auront été assemblés.

Bibliographie

- [1] *Site de l'IRES*
<http://ireswww.in2p3.fr/recherche/alice/wwwalice.html>

- [2] *Site de STAR*
<http://www.rhic.bnl.gov/star/starlib/doc/www/star.html>

- [3] *Site de ALICE*
<http://www1.cern.ch/ALICE/welcome.html>

- [4] *Site du LEPSI*
http://lepsi.in2p3.fr/AXES/alice128C_fr.html

- [5] *Proposal for Silicon Strip Detector for STAR (SSD)*

- [6] *Proposal for Silicon Vertex Tracker (SVT) as an upgrade of the STAR experiment at RHIC*

- [7] *ALICE Technical Proposal*
CERN/LHCC 95-71, LHC/P3 (1995)

- [8] *Irradiation of silicon-strip detector and readout chips for the ALICE experiment at LHC*
IRES
Nuclear Instruments and Methods Research A434 (1999) 345-357

- [9] *ALICE 128C, Circuit de lecture "full custom" de détecteur silicium à micropistes pour l'expérience ALICE au collisionneur LHC*
Les Projets de Recherche du LEPSI, Juin 1999

- [10] *Quality Tests of Double-Sided Silicon Strip Detectors*
IRES

- [11] *Electrical characterization of ALICE 128C: a low-power CMOS ASIC for the readout of silicon strip detectors*
LEPSI, IRES, SUBATECH

- [12] *Design and Test of a CMOS Low-Power Mixed-Analog/Digital ASIC for Radiation Detector Readout Front Ends*
LEPSI

- [13] *Experimental study of spatial resolution of silicon microstrip detectors for the Inner Tracking System of the ALICE Detector*
IRES, LEPSI, SUBATECH

- [14] *COSTAR*
LEPSI

- [15] *Connectique TAB des détecteurs silicium pour l'expérience STAR*
C. Suire et Al.

- [16] *ALICE 128C: A CMOS Full Custom ASIC for the Readout of Silicon Strip Detectors in ALICE Experiment*
LEPSI,IRES.

- [17] *TAB BONDED SSD MODULE FOR THE STAR AND ALICE TRACKERS*
IRES,LEPSI,SUBATECH

- [18] *DETECTOR AND FRONT END ELECTRONICS FOR ALICE AND STAR SILICON STRIP LAYERS*
IRES,LEPSI,SUBATECH