

Testarea performantei prototipurilor de detectori cu electrozi rezistivi pentru masuratori de timp de zbor MGMSRPC, dezvoltati pentru CBM-TOF, folosind un sistem de achizitie cu electronica auto-trigerata similar cu cel ce va fi utilizat in experimentul CBM (partea I)

1 Introducere

Experimentul Compressed Baryonic Matter (CBM) [1] de la viitorul complex de accelerare Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR) [2] din Darmstadt, Germania este proiectat pentru măsurători de precizie ale corelațiilor multidimensionale dintre diferite observabile, incluzând particule cu secțiuni de producere foarte mici cum ar fi hiperonii, nucleele hiperonice, hadronii constituiți din cuarci grei sau obiecte încă necunoscute formate din combinații de cuarci și gluoni, folosind fascicule intense de ioni grei (de până la 10^9 ioni/s), furnizate de FAIR.

CBM este un experiment cu țintă fixă care își propune să investigheze materia cu densități barionice nete mari produsă în ciocniri nucleu-nucleu într-un domeniu de energii cuprins între 2 - 14 GeV/nucleon. Rezultatele obținute cu codurile de transport pentru cazul ciocnirilor centrale Au+Au prezic posibilitatea atingerii de densități de până la aproximativ 7 ori mai mari decât densitatea de saturare ($\rho_0=0.16 \text{ fm}^{-3}$), la energii ale fasciculului de ~ 10 GeV/nucleon.

Programul de cercetare dedicat explorării materiei barionice puternic comprimate [3] va folosi fasciculele primare livrate de acceleratorul SIS100 (protoni până la 29 GeV, Au până la 11 GeV/nucleon, nuclee cu $Z/A = 0.5$ până la 14 GeV/nucleon). Componentele aranjamentului experimental CBM sunt prezentate în Fig. 1. Fasciculul livrat către ținta

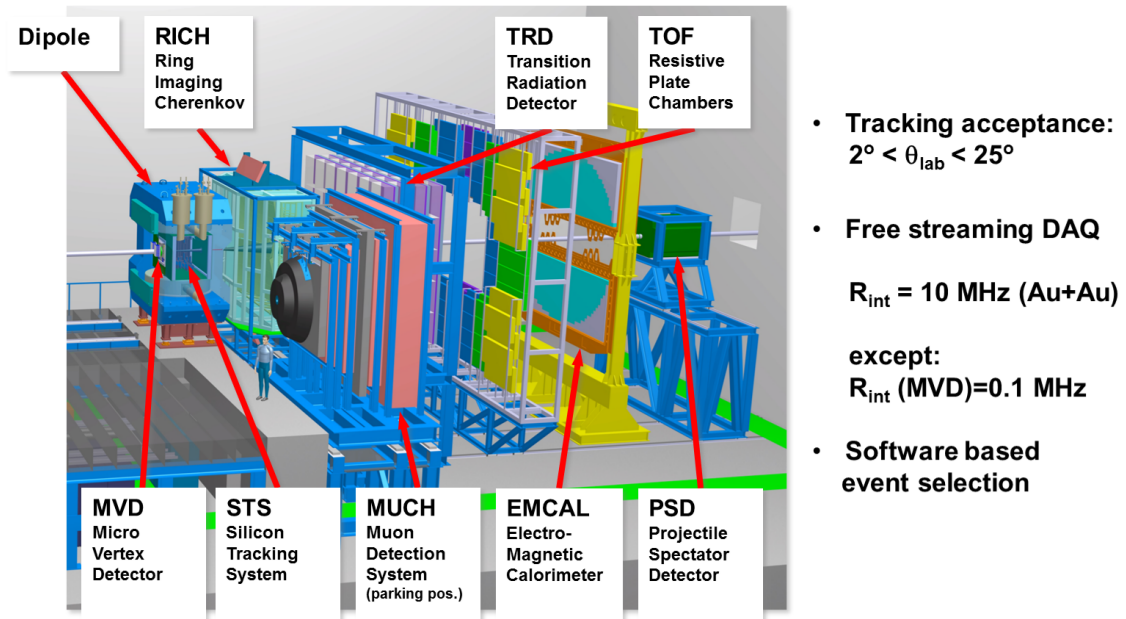


Figure 1: Aranjamentul experimental CBM de la viitoarea facilitate experimentală FAIR.

experimentului CBM va atinge intensități de până la 10^9 ioni de Au pe secundă. Rata

maximă de interacție anticipată este de 10^7 reacții pe secundă cu o multiplicitate de până la 1000 de particule cu sarcină electrică pe eveniment. Pentru a atinge obiectivul de fizică dificil de a studia evenimente rare la aceste rate mari de interacție și multiplicități ridicate, aranjamentul experimental trebuie să identifice leptoni și hadroni într-un mediu cu rate mari de numărare. Acest lucru cere detectori rapizi și rezistenți la radiații, o electronică auto-trigerată și o selecție în timp real a evenimentelor ce urmează a fi stocate.

Subsistemul de timp de zbor (CBM-TOF) va fi unul din subsistemele importante ale aranjamentului experimental CBM. Cu o suprafață de 120 m^2 acest detector acoperă unghiuri polare între 2.5° și 25° cu o acoperire azimutală completă. Cerințele impuse acestui subsistem sunt să aibă o rezoluție temporală mai bună de 80 ps, și o eficiență de detecție mai bună de 95% [4]. Rezoluția temporală a sistemului cerută în experiment include atât contribuția detectorului cât și a referinței de moment zero și a electronicii asociate.

Provocarea pentru subdetectorul de timp de zbor este de a menține această performanță până la cea mai înaltă rată de numărare anticipată prin simulări Monte-Carlo, de până la 30 kHz/cm^2 în zona unghiurilor polare mici, în apropierea axei de fascicul. Pentru a satisface cerințele impuse, subsistemul de timp de zbor al experimentului CBM este bazat pe detectori cu electrozi rezistivi plan paraleli ce definesc o structură cu spații multiple [5] și citire a semnalelor pe electrozi multi-strip [6]. Granularitatea detectorilor este definită de cerința de a avea o ocupare a detectorului de $\sim 5\%$. Deoarece densitatea de traiectorii mare din zona unghiurilor polare mici scade rapid cu creșterea distanței față de axa fasciculului, dimensiunea celulei de citire crește cu creșterea unghiului polar. Pentru o valoare dată a pasului stripurilor de citire a semnalelor, aceasta creștere este satisfăcută prin creșterea lungimii stripului.

Datorită ratelor mari de interacție la care experimentul CBM este proiectat să opereze, sistemele de detecție ce compun aranjamentul experimental vor fi operate de sisteme de procesare și achiziție a semnalelor netrigrate, ceea ce înseamnă că toate semnalele furnizate de detectori și care depășesc pragul electronicii front-end vor fi procesate. În scopul minimizării procesării unui număr mare de semnale parazite ce pot rezulta din posibile reflexii, se impune o adaptare foarte bună a liniei de transmisie a semnalului corespunzătoare unui singur strip de semnal cu impedanța de intrare a electronicii front-end.

Grupul nostru din DFH/IFIN-HH a dezvoltat prototipuri de detectori cu electrozi rezistivi cu spații multiple și citire pe electrozi multistrip (MSMGRPC - Multi-Strip, Multi-Gap Resistive Plate Counter) destinate zonei centrale a subdetectorului TOF, zona care trebuie să facă față celor mai critice cerințe, așa cum a fost detaliat anterior. În acest scop, pentru construcția prototipurilor de MSMGRPC dezvoltate, s-au adoptat soluții tehnologice care să mențină performanțele la fluxuri mari de particule incidente pe suprafața detectorului. Pentru a realiza acest lucru s-au utilizat electrozi rezistivi cu rezistivitate mică, electrozi de grosime mai mică, spațiere mai mică între electrozi, la care s-a adăugat și o nouă arhitectură a electrodului de citire a semnalelor.

Prototipurile dezvoltate de-a lungul timpului, având parametrii geometrici diferiți în termeni de pas al stripului de citire, lungime a stripului și număr de spații între electrozii rezistivi, au demonstrat că cerințele de rezoluție temporală și eficiență sunt îndeplinite [7]. Testele în fascicul realizate la facilități de accelerare internaționale au arătat că detectorii performează în condiții de expunere la fluxuri mari de particule incidente [7, 8].

Asa cum am specificat mai sus, operarea în mod continuu, fără selecție de evenimente realizată hardware, impune detectorilor MSMGRPC o adaptare cât mai bună a impedanței caracteristice a liniei de transmisie a semnalului cu impedanța de intrare a electronicii front-end. Impedanța liniei de transmisie a semnalului este un parametru care depinde de proprietățile dielectrice ale materialelor electrozilor utilizați la construcția detectorilor, de grosimea elec-

trozilor plan paralel folosiți și de grosimea și numărul spațiilor de separare dintre electrozi, precum și de lățimea stripului.

Din acest motiv, în funcție de valorile acestor parametri, prototipurile MSMGRPC realizate în grupul nostru au avut impedanța liniei de transmisie de 100Ω pentru un detector cu 2×5 spații și 2.54 mm pas al stripurilor, sau de 50Ω pentru același număr de spații, dar un pas al stripurilor de 7.4 mm. Pasul stripului este, așa cum se cunoaște, suma dintre lățimea stripului și spațiul de separare dintre două stripuri.

Deoarece electronica front-end utilizată pentru procesarea semnalelor furnizate de detector are tipic o impedanță de intrare de 100Ω , în cel de al doilea caz s-a făcut o adaptare specială pentru fiecare canal de intrare al cartelelor de electronica front-end utilizate în experimente. Ceea ce se observă din cele prezentate mai sus este că nu este simplu să fie îndeplinite simultan cerințele de granularitate și adaptare de impedanță. Pentru un număr fixat de spații de separare și aceleași materiale utilizate la realizarea detectorului, parametrul care determină valoarea impedanței liniei de transmisie este lățimea stripului de citire a semnalului, în timp ce lățimea stripurilor de înaltă tensiune determină granularitatea detectorului (pentru o lungime dată a stripului).

De aceea, două noi prototipuri MSMGRPC care satisfac cerință de granularitate a zonei centrale a CBM-TOF, având impedanța liniei de transmisie adaptată la impedanța de intrare a canalului de electronică front-end au fost proiectate și construite în grupul nostru. În acest raport se prezintă rezultatele obținute în testele în fascicul realizate cu acești doi detectori în termeni de rezoluție temporală și eficiență de detecție folosind un sistem de procesare a semnalelor fără trigger hardware.

2 Detalii constructive ale prototipurilor MSMGRPC

Prototipurile dezvoltate sunt bazate pe electrozi rezistivi realizați dintr-o sticlă specială de rezistivitate joasă, i.e. $\rho \simeq 10^{10} \Omega \text{cm}$, ca și cele dezvoltate anterior pentru operarea în fluxuri mari de particule încărcate.

Primul din cele două prototipuri are o arhitectură clasică de tip "single-stack" (RPC2015SS) în care un număr de nouă electrozi rezistivi sunt separați de opt spații de detecție, fiecare având o grosime de $140 \mu\text{m}$. Ansamblul de electrozi rezistivi este completat la exterior de electrozii de înaltă tensiune (unul pentru polaritate pozitivă și unul pentru polaritate negativă), cu aceeași structură de stripuri ca și electrozii de citire a semnalelor (anod și catod) care sunt poziționați peste cei de înaltă tensiune și izolați de aceștia prin folie de kapton de $120 \mu\text{m}$. Pasul stripurilor atât pentru electrozii de înaltă tensiune cât și pentru cei de citire a semnalelor este de 10.02 mm, având o lățime a stripurilor de 8.6 mm care corespunde impedanței liniei de transmisie de 100Ω .

Cel de al doilea prototip are o structură de tip "double-stack" (RPC2015DS), adică are o structură simetrică în raport cu electrodul central de preluare a semnalelor (anodul). Simetric față de acesta, de fiecare parte, sunt dispuși câte șase electrozi rezistivi separați între ei de cinci spații de detecție de $140 \mu\text{m}$ grosime fiecare. Acest prototip a fost proiectat pe baza unei metode complet noi dezvoltate în grupul nostru [10], care permite să fie îndeplinită atât cerința de granularitate cât și cea de adaptare de impedanță, pentru un număr fix de spații de separare.

Metoda folosită se bazează pe arhitectura particulară a prototipurilor MSMGRPC dezvoltate în grupul nostru care au o structură multi-strip atât pentru electrozii de citire a semnalelor cât și pentru cei de înaltă tensiune. Această arhitectură permite ca impedanța liniei de transmisie a semnalului a detectorului MSMGRPC să poată fi adaptată la impedanța

de intrare a electronicii front-end prin ajustarea valorii lăţimii stripurilor de citire a semnalelor, independent de îndeplinirea cerinţei de granularitate dată de lăţimea stripurilor de înaltă tensiune. Metoda inovativă de ajustare a impedanţei liniei de transmisie a MSM-GRPC este descrisă în referinţa [10] şi este bazată pe simulări realizate utilizând pachetul software APLAC [11].

Prototipul a fost proiectat cu un pas al stripurilor de 7.2 mm atât pentru electrozii de citire a semnalelor cât şi pentru electrozii de înaltă tensiune, dar cu lăţimi diferite ale stripurilor celor doi electrozi: 1.3 mm lăţimea stripului de citire a semnalului care face ca linia de transmisie să aibă impedanţa de 100Ω şi 5.6 mm lăţimea stripului de înaltă tensiune, care defineşte granularitatea detectorului. Ca şi în arhitectura primului prototip, fiecare din cele două stack-uri este marginit de electrozi de înaltă tensiune şi de cei de citire a semnalelor.

Ambele prototipuri au aceeaşi arie activă definită de o lăţime de 96 mm (de-a lungul stripurilor) şi o lungime de 300 mm. Această lungime este acoperită de un număr de 28 de stripuri în cazul primului prototip şi de 40 de stripuri în cazul celui de al doilea. Pentru ambii

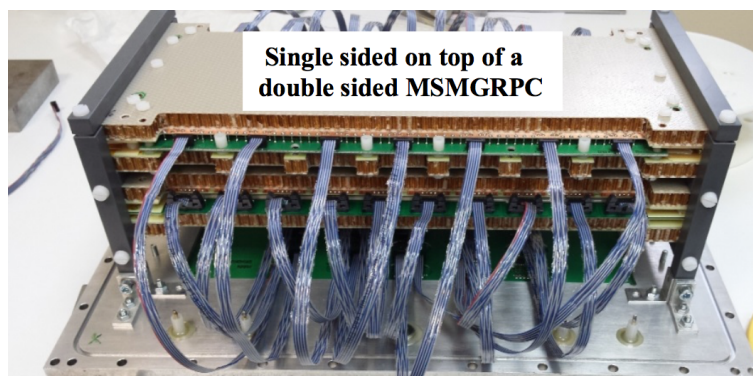


Figure 2: Fotografie a celor doi detectori montaţi pe flanşa din Al a cutiei etanşe la gaz. Prototipul RPC2015SS este poziţionat deasupra prototipului RPC2015DS.

detectorii citirea semnalelor se face în mod diferenţial, ceea ce înseamnă că sunt conectate la intrarea amplificatorului diferenţial atât semnalul anodic cât şi cel catodic pentru a fi procesate împreună.

Cei doi detectori MSMGRPC sunt montaţi în aceeaşi incintă etanşă, RPC2015SS fiind poziţionat deasupra detectorului RPC2015DS.

3 Aranjamentul experimental pentru testarea în fascicul a celor două prototipuri, la acceleratorul SPS - CERN, Geneva

Cei doi detectori au fost testaţi în fascicul de ioni grei la acceleratorul SPS de la CERN, Geneva. Scopul acestui test a fost de a testa prototipurile dezvoltate pentru zona internă a subsistemului CBM-TOF în condiţii cât mai apropiate de operarea reală atât din punct de vedere al procesării semnalelor cât şi din punct de vedere al condiţiilor experimentale.

Testele în fascicul ale prototipurilor s-au realizat împreună cu grupuri din cadrul colaborării CBM-TOF: GSI- Darmstadt, Universitatea din Heidelberg, Universitatea Tsinghua din Beijing şi Universitatea de Ştiinţă şi Tehnologie a Chinei din Hefei.

Pentru a evalua performanţele prototipului în condiţii cât mai apropiate de cele reale din experimentul CBM, s-au folosit produşi de reacţie rezultaţi din ciocnirea ionilor de Pb cu o energie de $13 \cdot A$ GeV, $30 \cdot A$ GeV and $150 \cdot A$ GeV cu o ţintă de Pb.

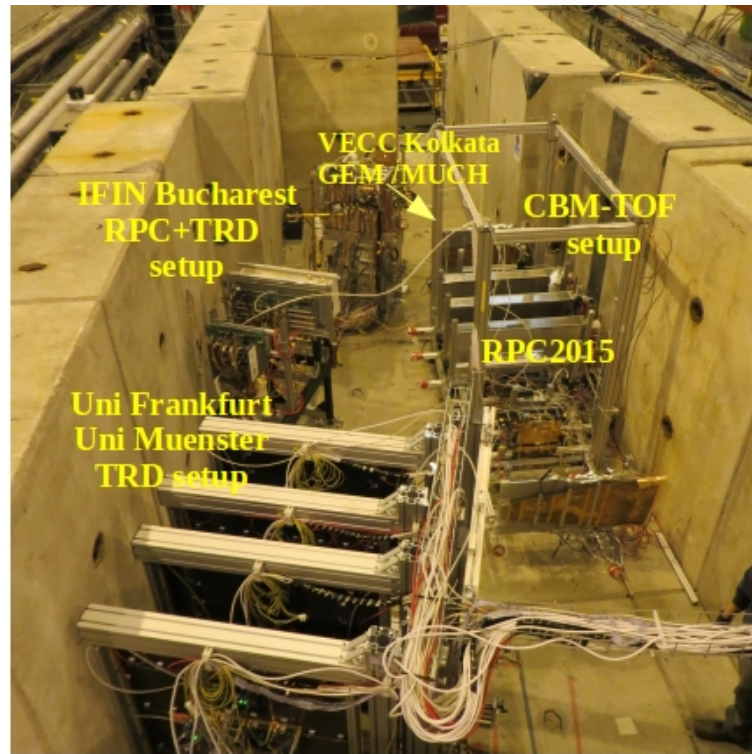


Figure 3: Fotografie a aranjamentul experimental pentru teste în fascicul.

Figura 3 prezintă o fotografie a aranjamentului experimental. În aranjamentul experimental CBM-TOF, cele două prototipuri prezentate mai sus sunt identificate în ansamblul experimental ca "RPC2015". În același experiment au fost testate, de asemenea, (așa cum se observă în fotografia din 3), prototipuri de detectori de radiație de tranziție (TRD) dezvoltate de diferite grupuri de cercetare din cadrul colaborării CBM-TRD: Universitatea din Münster, Universitatea din Frankfurt și grupul nostru din DFH/IFIN-HH. Acestea însă nu constituie subiectul prezentei raportări.

Schița detaliată a poziției detectorilor MSMGRPC dezvoltați în DFH/IFIN-HH în aranjamentul experimental al CBM-TOF la SPS-CERN este prezentată în figura 4.

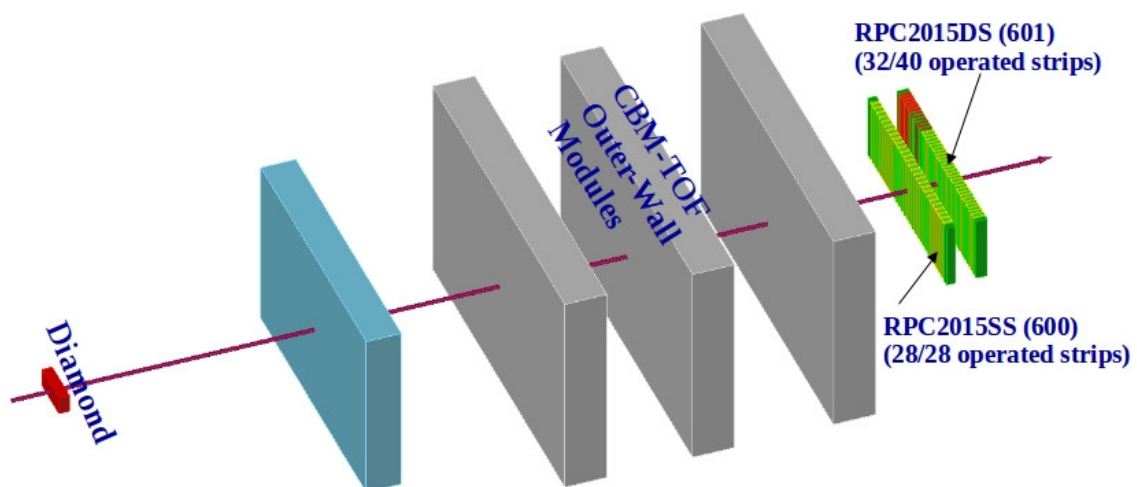


Figure 4: Schiță a poziției detectorilor MSMGRPC dezvoltați în DFH/IFIN-HH în aranjamentul experimental CBM-TOF.

Așa cum se observă prototipurile dezvoltate de noi au fost poziționate în aranjamentul experimental în spatele modulelor dezvoltate pentru zona unghiurilor polare mari ale subdetectorului CBM-TOF. Pentru detectorul RPC2015DS au fost operate 32 de stripuri din cele 40 ale detectorului, detectorul RPC2015SS având operate toate cele 28 de stripuri. Datorită diferenței în aria operată (cei doi detectori au pas-uri ale stripurilor diferite), așa cum se va arăta în secțiunile următoare dedicate analizei datelor, a fost nevoie să se aplice condiționări în poziție pentru a selecta traiectorii ale particulelor care să traverseze simultan ariile operate ale celor doi detectori. Un detector de diamant a fost poziționat în fața țintei, la câțiva centimetri distanță și folosit ca referință pentru fascicul, pentru estimarea vitezelor particulelor rezultate din interacția fasciculului cu ținta. Electronica front-end (FEE) cu care au fost operate prototipurile a fost noua versiune de ASIC amplificator/discriminator diferențial cu 8 canale per chip, denumit PADIX[12], dezvoltat în cadrul colaborării CBM-TOF. Semnalele logice LVDS furnizate de FEE, codifică în cele două fronturi ale fiecărui semnal logic LVDS, atât informația de timp cât și durata corespunzătoare lățimii semnalului logic (TOT = time over threshold), aceasta din urmă fiind proporțională cu mărimea semnalului analogic de intrare în amplificator.

Pentru prima dată în testele în fascicul efectuate de către colaborarea CBM-TOF a fost folosit un sistem de procesare și achiziție a semnalelor cu operare în mod continuu, fără selecție de evenimente, deci un sistem fără trigger hardware. Acest sistem a fost operat cu convertori TDC denumiți GET4 [13], o placă de bază pentru procesarea datelor (DPB- data processing board) denumită AFCK [14] implementată cu gDPB firmware. Amestecul de gaz folosit în aceste teste a fost $85\%C_2H_2F_4+5\%iso-C_4H_{10}+10\%SF_6$ și a fost circulat la presiunea atmosferică, la un flow de 5l/h. Pentru estimarea rezoluției temporale și a eficienței, detectorul investigat (DUT) a fost considerat RPC2015SS, iar RPC2015DS detector de referință (REF).

4 Analiza datelor experimentale

Analiza datelor experimentale cuprinde mai multe etape realizate în mod iterativ [9]:

- Generarea fișierului de calibrare a TDC-urilor și calibrarea datelor experimentale pentru neliniaritățile convertorilor TDC.
- Calibrarea off-set-urilor în timp și poziție și construirea clusterilor. Un cluster este definit ca fiind numărul de stripuri consecutive cu semnal, corelate într-o anumită fereastră de timp (i.e. 500 ps) și spațiu (2 cm) în cele două coordonate (x,y) care definesc planul electrodului de citire a semnalelor. Un eveniment cu un singur hit corespunde unui singur cluster reconstruit iar un eveniment multi-hit este definit de reconstrucția în detector a mai mult decât un cluster.

Fiecare strip cu semnal furnizează informații de timp la ambele capete ale stripului. Media celor două semnale reprezintă informația de timp furnizată de stripul respectiv. Diferența celor doi timpi permite obținerea poziției hit-ului de-a lungul stripului, cunoscând viteza de propagare a semnalului pe linia de transmisie reprezentată de strip. Timpul mediu al clusterului este calculat ca fiind media timpilor ponderați cu raporturile dintre sarcina semnalelor stripurilor din cluster și sarcina totală a acestora, obținută folosind informația de TOT.

- Realizarea corecției dependenței informației de timp de amplitudinea semnalului (efectul de "walk") folosind informația de TOT.

- Corecția datorată distribuției de viteze a particulelor incidente, deoarece particulele incidente sunt produși secundari de reacție și au un spectru larg de energii. În această etapă a analizei se realizează de asemenea și corecția dependenței de poziția hitului în detectorul de referință în ambele direcții (x,y) ale planului de detecție.
- Analiza datelor aplicând criteriile de selecție asupra hiturilor corelate între cei doi detectori, în termeni de diferență a coordonatelor spațiale și temporale. Pentru evenimentele cu hituri multiple, s-au corelat combinatorial toate hiturile din cei doi detectori, selectând pentru distribuția de timp de zbor hiturile cu un chisquare (χ^2) minim. Valoarea chisquare (χ^2) între doi clusteri a fost calculat ca suma pătratelor a trei termeni reprezentați de diferențele în timp și respectiv poziție (x,y), fiecare termen fiind raportat la varianța respectivei distribuții. Acestea vor fi denumite în continuare cele mai bine corelate hituri între detectorul testat și cel de referință și vor fi folosite în analiză pentru determinarea distribuției de diferență de timp între cei doi detectori, respectiv spectrul de timp de zbor. Rezoluția temporală a sistemului format din detectorul studiat și detectorul de referință s-a obținut ca deviația standard a funcției Gauss fitate acestei distribuții. În plus, pentru o mai bună definiție a traiectoriilor particulelor, bazat pe aceleași considerații menționate mai sus a fost cerută, de asemenea, o corelare foarte bună ($\chi^2 < 2$) între detectorul de referință și un al doilea selector de hit reprezentat de unul din modulele pentru zona externă a detectorului de timp de zbor, poziționat în fața detectorului studiat. Eficiența de detecție este calculată ca fiind numărul de hit-uri corelate între detectorul studiat, detectorul de referință, al doilea selector de hit și detectorul de diamant și numărul de hit-uri corelate numai între detectorul de referință, al doilea selector de hit și detectorul de diamant.

5 Rezultate experimentale

Rezoluției temporale și eficiența de detecție s-au analizat în funcție de valoarea pragului electronicii front-end și valoarea tensiunii de polarizare a detectorului. Distribuțiile bidimensionale ale corelațiilor între parametrii hit-urilor din cei doi detectori sunt prezentate în figura 5.

Descrierea corelațiilor prezentate în figura 5 se face începând cu rândul de sus, de la stânga la dreapta. Astfel, în prima figură este reprezentată corelația distribuției de diferență a coordonatele x și y între cei doi detectori (Δx versus Δy). cu condiția de selecție a unor hituri în care deviația standard a distribuției coordonatelor x să nu fie mai mare de 1 cm iar cea în coordonata y sa nu fie mai mare de 1.5 cm. Următoarele două figuri reprezintă corelația dintre distribuția de timp de zbor corespunzătoare acestor hituri și distribuția diferențelor coordonatelor x și respectiv cea a coordonatei y. A patra figură reprezintă distribuția unidimensională de χ^2 pentru hiturile selectate, cu condiția $\chi^2 < 7$ pentru a selecta track-uri cât mai bine corelate prin cei doi detectori. Rândul din mijloc prezintă în primele două figuri corelația distribuției de timp de zbor cu distribuția de ToT pentru detectorul investigat și respectiv cel de referință, iar următoarele două reprezintă corelațiile dintre distribuția de timp de zbor și coordonatele hiturilor în detectorul de referință (x4, y4). Se observă în cele două ploturi de corelație condiționările în poziție care s-au făcut în detectorul de referință (RPC2015DS) pentru a selecta în detectorul studiat (RPC2015SS) hituri centrate pe zona operată a acestuia. Acest lucru se observă în primele două figuri din rândul al treilea. Acestea reprezintă corelațiile dintre distribuția de timp de zbor și coordonatele hiturilor (x0, y0) în detectorul studiat. Următoarele două figuri evidentiază corelațiile dintre distribuția de timp de zbor și multiplicitatea hiturilor incidente pe suprafața detectorului investigat

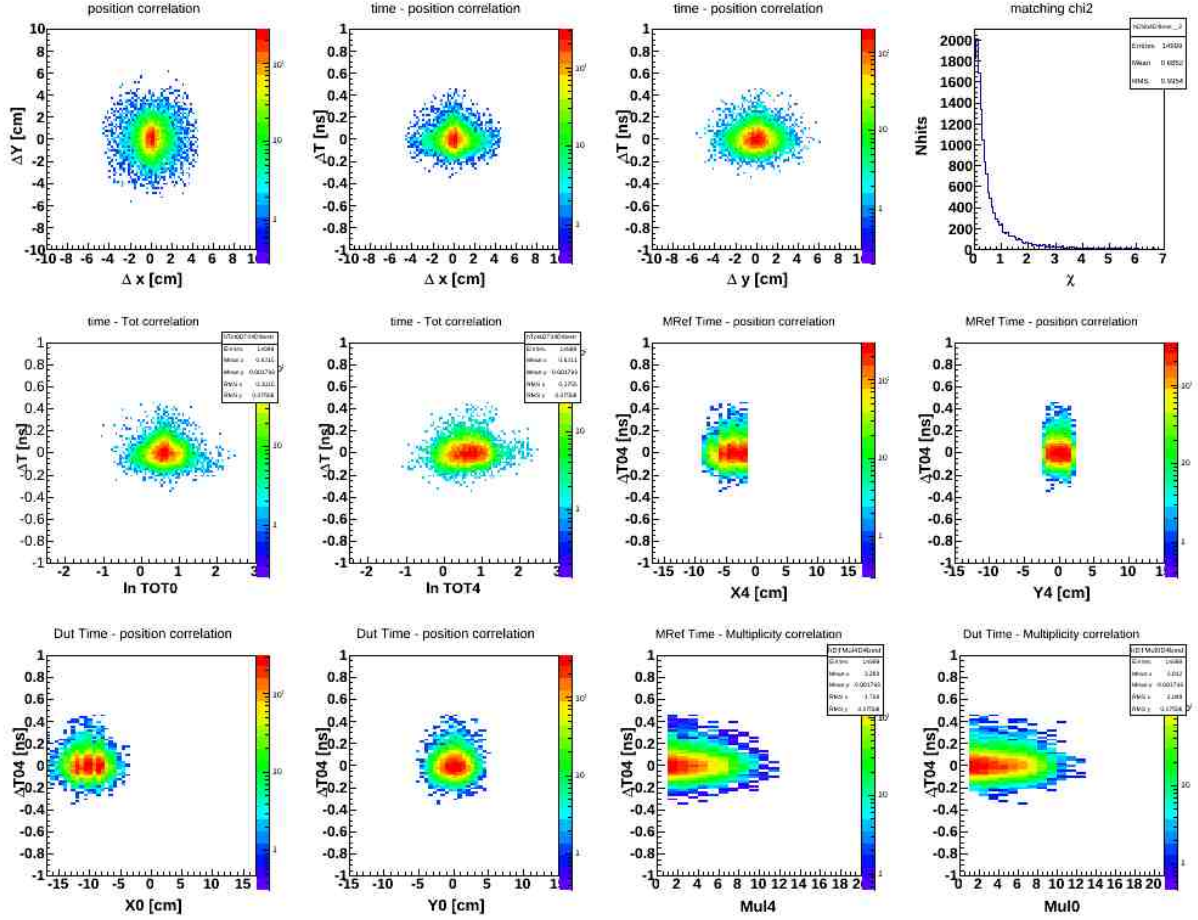


Figure 5: Corelații bidimensionale ai parametrilor considerați în analiza rezoluției temporale (a se vedea în text) și distribuția unidimensională de χ^2 (rândul de sus, colțul din dreapta) cu o selecție a hit-urilor cu un $\chi^2 < 7$.

(Mul0), respectiv pe cea a detectorului de referință (Mul4). Se observă ca detectorii au avut în medie 4 hituri simultane, ceea ce reprezintă o ocupare medie a detectorului de 25%, mult mai mare decât cea de 5% anticipată în CBM. Rezultatele prezentate în continuare arată performanța detectorului în aceste condiții de multi-hit mai severe decât cele reale, anticipate în operarea aranjamentului experimental CBM.

În timpul testelor în fascicul detectorul RPC2015DS a fost operat cu o tensiune aplicată de ± 5.5 kV (157 kV/cm în spațiul de detecție), iar RPC2015SS cu ± 8.8 kV (157 kV/cm) și ± 8.9 kV (159 kV/cm). Pragul electronicii front-end pentru RPC2015DS a fost menținut constant la 300 mV pentru toate măsurătorile, iar pentru RPC2015SS a fost variat de la 200 mV la 300 mV. Distribuția de timp de zbor obținută pentru un câmp de 157 kV/cm în ambii detectori și un prag de 200 mV pentru FEE a RPC2015SS este prezentată în Fig. 6, având o rezoluție temporală a sistemului de $62 \text{ ps} \pm 2 \text{ s}$. Dacă se presupune o contribuție egală a celor doi detectori, se obține o rezoluție de 44 ps pentru un singur detector. Eficiența de detecție a fost de 0.934.

Dependența eficienței de detecție și a rezoluției temporale de tensiunea de polarizare aplicată detectorului studiat, respectiv RPC2015SS, pentru un prag al FEE de 300 mV este prezentată în Fig. 7, stânga. Eficiența de detecție și rezoluția temporală în funcție de pragul electronicii FEE a detectorului studiat (RPC2015SS) pentru un câmp electric în spațiul de detecție de 157 kV/cm este prezentată în Fig. 7 - dreapta. Parametrii de operare

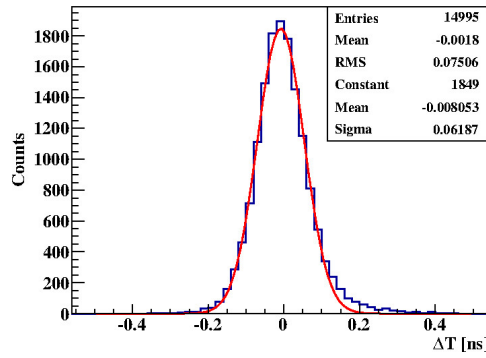


Figure 6: Distribuția de timp de zbor după aplicarea tuturor corecțiilor menționate în text (see Sect. 4)

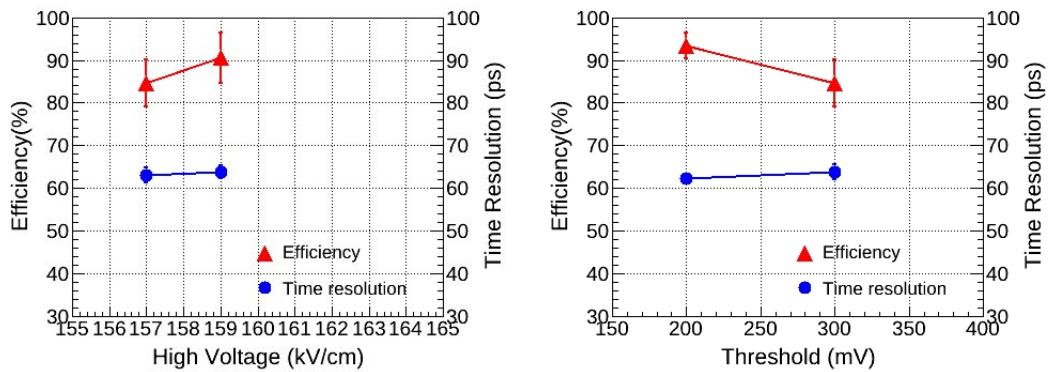


Figure 7: Dependența eficienței de detecție și a rezoluției temporale de tensiunea de polarizare (stânga) aplicată detectorului studiat, (RPC2015SS), pentru un prag al FEE de 300 mV și de pragul electronicii FEE (dreapta) pentru un câmp electric în spațiul de detecție de 157 kV/cm.

ai detectorului de referință RPC2015DS au fost păstrați constanți. Din cele două grafice prezentate în Fig.7 se observă că eficiența de detecție se îmbunătățește cu creșterea tensiunii de polarizare și că operarea optimă din punct de vedere al eficienței este cea la prag mai mic. Rezoluția temporală nu variază semnificativ pentru valorile de tensiuni de polarizare și prag al electronicii front-end aplicate. Motivul pentru care valoarea a eficienței de detecție obținută în aceste teste în fascicul este ceva mai mică decât cea obținută în testele în fascicul folosind un sistem de procesare cu trigger hardware [7, 9], când au fost obținute valori de peste 0.95, este în investigație.

6 Concluzii

- Rezultatele obținute demonstrează posibilitatea de a opera MSMGRPC cu impedanța liniei de transmisie de 100Ω (care reduce la minim semnalele parazite produse de reflexii), cu un sistem de procesare a semnalelor auto-trigerat. Rezultatele prezentate arată ca noua arhitectură de MSMGRPCs este un candidat real pentru experimentele cu rate mari de interacție, așa cum este CBM la FAIR.
- Activitatea raportată stă la baza lucrărilor publicate și a comunicărilor la conferințe internaționale, enumerate mai jos:

- M. Petriş, D. Bartoş, M. Petrovici, L. Rădulescu, V. Simion, P-A. Loizeau, J. Frünhauf, I. Deppner, N. Herrmann, C. Simon
 ”Performance of a two-dimensional position sensitive MRPC prototype with adjustable transmission line impedance”
 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A, 920(2019),100.
- M. Petriş, D. Bartoş, M. Petrovici, L. Rădulescu, V. Simion, P-A. Loizeau, J. Frünhauf, I. Deppner, N. Herrmann, C. Simon
 ”Performance in heavy -ion beam tests of a high time resolution and two-dimensional position sensitive MRPC with transmission line impedance matched to the FEE”
 Accepted for publication in POS, Proceedings of ”XXXIX International Conference on High Energy Physics” (ICHEP2018), July 4-11, 2018, Seoul, KoreaI.
- M. Petriş D. Bartoş, M. Petrovici, L. Rădulescu, V. Simion, J. Frünhauf, I. Deppner, N. Herrmann
 ”High time resolution, two-dimensional position sensitive MSMGRPC for high energy physics experiments” EPS-HEP Conference, July 10 - 17, 2019, Ghent, Belgium.

References

- [1] <https://fair-center.eu/for-users/experiments/cbm.html>
- [2] <https://www.gsi.de/en/researchaccelerators/fair/research.htm>
- [3] CBM Collaboration. Eur. Phys. J. A, 53 (2017), 60.
- [4] CBM-TOF Collaboration, CBM-TOF TDR, October 2014
<https://repository.gsi.de/record/109024>.
- [5] E. Cerron Zeballos et al., Nucl. Instrum. Meth. A, 374 (1996), 132
- [6] M.Petrovici et al., Nucl. Instrum. Meth. A, 487 (2002), 337.
- [7] M.Petrovici et al., JINST 7 (2012) P11003
- [8] M. Petriş et al., J. Phys. Conf. Ser. 724 (2016), 012037.
- [9] M. Petriş et al. , JINST 11 (2016) C09009.
- [10] D. Bartoş et al., Rom. J. Phys. 63 (2018), 901
- [11] <http://www.rfglobalnet.com/doc/aplac-800-student-version-0001>.
- [12] M. Ciobanu et al., IEEE Trans. Nucl. Sci. 61 (2014), 1015.
- [13] <https://wiki.gsi.de/pub/EE/GeT4/get4.pdf>
- [14] <https://www.ohwr.org/projects/afck/wiki>