

VU Research Portal

Characterisation and commissioning of the LHCb VELO detector

Papadelis, E.A.

2009

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Papadelis, E. A. (2009). *Characterisation and commissioning of the LHCb VELO detector*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Karakterisering en inbedrijfsstelling van de LHCb VELO detector

De *Large Hardon Collider* (LHC) is een cirkelvormige proton versneller met een omtrek van 27 km gebouwd onder de grond in de buurt van Genève in Zwitserland. In deze versneller worden protonen in tegengestelde richtingen geïnjecteerd en versneld tot een impuls van 7 TeV/c. Bij deze impuls hebben de protonen een snelheid van 99,9999991% van de lichtsnelheid. Als de LHC volledig gevuld is, bevat zij 3×10^{14} protonen.

Op vier punten langs de ring worden de protonen elke 25 ns tot botsing gebracht; er zullen dus 40 miljoen botsingen per seconde plaats zal plaats vinden op elk interactie punt. Deze botsingen gebeuren bij dusdanig hoge energieën dat de kinetische energie van de protonen omgezet zal worden in allerlei nieuwe deeltjes. Deze nieuwe deeltjes zijn instabiel en zullen binnen een zeer korte tijdsinterval vervallen.

Een van deze deeltjes is het *b*-quark. Dit is een elementair deeltje dat gezien kan worden als een zwaardere variant van de quarks die zich in protonen en neutronen bevinden. Het *b*-quark vervalt na ongeveer 1,6 ps en zal ongeveer 1 cm afleggen vanaf het punt waar het ontstaan is. Door de vervalsproducten van dit quark te bestuderen, is het mogelijk om fundamentele vragen over materie en antimaterie te kunnen beantwoorden.

LHCb is een van de vier experimenten bij de LHC. Het ontwerp van dit experiment is geoptimaliseerd om het *b*-quark te kunnen bestuderen. Een van de detectoren in LHCb is de *Vertex Locator* (VELO). Deze detector maakt gebruik van zogenaamde silicium strip sensoren en maakt het mogelijk om de afgelegde baan van de vervalsproducten van het *b*-quark met micrometer precisie te meten. Het onderzoek beschreven in dit proefschrift is gericht op de karakterisering van de eigenschappen en de inbedrijfsstelling van de VELO detector.

Hoofdstuk 3 beschrijft een test van de gevoeligheid van het voorlaatste prototype silicium sensor in een bundel van geladen deeltjes. Dit werd de laatste bundeltest in de ontwikkelingsfase en de resultaten zijn gebruikt als uitgangspunt voor het uiteindelijke ontwerp. De signaal-ruis verhouding van de detector is onderzocht voor de drie verschillende versies van de Beetle front-end uitlees-chip. Het blijkt dat de signaal-ruis verhouding van een sensor met een dikte van 200 μm ligt tussen de 16,2 en 17,1.

Hoofdstuk 4 geeft een gedetailleerd verslag van een systeemtest waarin een kwart van de uiteindelijke detector in een bundel van geladen deeltjes werd geplaatst en uitgelezen was met het uiteindelijke data-acquisitiesysteem. Deze test kan gezien worden als de eerste stap in het opleveren van de VELO. De gevoeligheid van de silicium sensoren samen met de vertex reconstructienauwkeurigheid is onderzocht met een trefplaat-opstelling die ontworpen is om een aantal LHC condities zo goed mogelijk na te bootsen. De signaal-ruis verhouding van de 300 μm dikke sensoren bleek tussen de 21,4 en 23,9 voor de R-sensoren

en tussen de 23,9 en 29,5 voor de Φ sensoren te liggen. Dit is in goede overeenstemming met de metingen van de signaal-ruis verhouding uitgevoerd aan de prototype VELO sensoren.

De positie-resolutie voor deeltjes met een invalshoek van 0° blijkt tussen $8,5 \mu\text{m}$ en $21,5 \mu\text{m}$ te liggen voor een R-sensor met steek tussen $40 \mu\text{m}$ en $90 \mu\text{m}$. De resolutie kan worden uitgedrukt als functie van de strip steek als: $8.5 + 0.26 \times (\text{steek} - 40) \mu\text{m}$.

In de vertexprestatietest was de bundel gericht op een serie loden trefplaten zodat de secundaire deeltjes sporen achterlaten in de detector. Deze sporen werden gecombineerd tot vertices en verder geanalyseerd. Door een model voor de trefplaatdistributies te ontwikkelen, konden de randen van de trefplaten en de precisie van de vertices uit de data gehaald worden. De randen van de trefplaten blijken, binnen de fout, overeen te komen met optische precisiemetingen. De resolutie, waarvan werd verwacht dat die significant slechter zou zijn dan voor LHC condities, is volgens deze metingen tussen de 100 en $300 \mu\text{m}$ voor x en y .

Hoofdstuk 5 beschrijft de oplevering van de VELO en het uitleessysteem na de installatie in de experimenteerhal van LHCb. In dit hoofdstuk wordt de software beschreven die gebruikt is voor de inbedrijfstelling en voor het testen van de datakwaliteit. Ook worden hier de belangrijkste stappen van het opleveren van het data-acquisitiesysteem beschreven.

De prestaties van de sensoren zijn geverifieerd als deel van de oplevering van de VELO detector door de ruiskarakteristieken te onderzoeken. Verder heeft een onderzoek naar de verschillen in ruisniveaus tussen individueel en collectief gevoede modules geen significant effect opgeleverd.

Het laatste deel van dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de eerste injectie van een bundel in de LHC tegen de klok in. Door de data van 15 achtereenvolgende triggers te nemen, kon de VELO uitgelijnd worden in de tijd. Dit was de eerste keer sinds de installatie van de VELO dat sporen door de detector met succes gereconstrueerd konden worden.