

Presentazione del dott. Depaoli Davide
Dottorato di Ricerca in Fisica - XXXIV Ciclo
Università degli Studi di Torino

Dottorando: Davide Depaoli

Relatore: Andrea Chiavassa

Co-relatore: Federico Di Pierro

Titolo della tesi:

Development of a SiPM based camera for the Large Size Telescope of CTA and study of its performance

Durante il triennio di dottorato il dott. Depaoli Davide ha seguito e sostenuto l'esame relativo ai seguenti corsi della Scuola:

- Experimental techniques for neutron detection
- Cherenkov detectors for particle and astroparticle physics
- Data Analysis Techniques
- Numerical Simulation of Silicon Particle Detector
- Introduction to FPGA programming
- Python in the Lab (corso presso il Politecnico di Torino)

L'attività di ricerca del dott. Davide Depaoli si è svolta all'interno dell'esperimento CTA e rientra quindi nell'ambito della ricerca di sorgenti di fotoni di alta energia ($E > 100$ GeV) utilizzando la tecnica degli Atmospheric Imaging Cherenkov Telescopes. CTA sarà un osservatorio costituito di due siti, uno nell'emisfero Nord (sito a La Palma, Isole Canarie) e uno nell'emisfero Sud (che sarà realizzato in Cile). In ciascuno dei due siti verranno realizzati dei telescopi di diverse dimensioni, nel suo Dottorato Davide si è occupato dei telescopi di maggior diametro (Large Size Telescopes, LST). In questo momento è stato realizzato, ed è in fase di commissioning, il primo dei quattro grandi telescopi del sito Nord, mentre quelli del sito Sud sono tuttora in fase di progettazione. I quattro telescopi del sito Nord saranno realizzati con camere a fotomoltiplicatori, mentre per i quattro LST del sito Sud sono in fase di sviluppo delle camere basate su SiPM (Silicon PhotoMultiplier).

La principale attività di Davide è stata incentrata sullo sviluppo di un primo prototipo di uno degli elementi della camera del telescopio, che è composta da sette sensori (PMT o SiPM) disposti su una matrice esagonale.

All'inizio egli ha portato avanti il progetto dell'elettronica di gestione del segnale, sviluppando i progetti dei circuiti, realizzando gli schemi necessari alle ditte che hanno poi stampato i prototipi e testando, infine, i primi prototipi. Questo lavoro ha portato alla realizzazione della catena completa dell'elettronica di gestione dei segnali prodotti da ogni singolo modulo a SiPM ed alla costruzione del primo prototipo dell'elettronica di gestione dei segnali dell'elemento base della camera dei telescopi LST che racchiude sette moduli a SiPM. Oltre all'elettronica Davide ha anche sviluppato il software di controllo degli elementi della camera a SiPM.

Per valutare le prestazioni di una camera a SiPM per la misura della luce Cherenkov prodotta nello sviluppo di uno sciame atmosferico esteso (EAS) Davide si è inoltre inserito nel gruppo di lavoro di CTA che sta simulando le prestazioni di un telescopio attrezzato con una siffatta camera. Questo lavoro sta occupando la fase conclusiva della sua tesi e i primi risultati sono in fase di elaborazione.

In questo modo il lavoro svolto durante il dottorato risulta essere molto completo essendo partito con lo sviluppo hardware della camera a SiPM e proseguendo con la valutazione, attraverso una simulazione completa degli EAS, delle sue prestazioni.

Inoltre in questi tre anni, nonostante tutte le difficoltà negli spostamenti legati alla pandemia, Davide ha partecipato a diversi turni di presa dati del telescopio MAGIC, un esperimento di generazione precedente che utilizza la stessa tecnica di misura che verrà sfruttata da CTA. In questo modo egli ha avuto modo di partecipare a un esperimento in fase di presa dati, contribuendo a delle prese dati scientifiche e non solo a degli sviluppi di apparati futuri. Inoltre la partecipazione sia a MAGIC che a CTA gli ha permesso di partecipare allo sviluppo della catena dell'analisi delle osservazioni combinate dei due apparati. Tutto questo ha sicuramente completato l'esperienza di Davide permettendogli di vedere le diverse fasi di un'esperimento.

Durante la sua attività di ricerca il dott. Davide Depaoli ha mostrato una notevole indipendenza nel lavoro, proponendo frequentemente delle soluzioni originali per i problemi che si trovava ad affrontare, sia per quanto riguarda l'hardware che per quanto riguarda la simulazione. Inoltre è importante sottolineare come in questo periodo difficile (legato alla pandemia) Davide abbia trovato soluzioni originali per portare avanti il suo lavoro, anche per quanto riguarda l'hardware (realizzando a casa sua un laboratorio ben attrezzato). La sua intraprendenza e le sue capacità sono anche emerse nelle riunioni della collaborazione CTA, sia a livello italiano che internazionale (per quanto riguarda lo sviluppo di una camera basata su SiPM).

In questi tre anni Davide Depaoli è emerso come una figura di riferimento per lo sviluppo della camera a SiPM di CTA.

Il lavoro svolto da Davide Depaoli nei tre anni del Dottorato è stato estremamente proficuo e i risultati ottenuti vanno anche oltre le attese, sono molto interessanti e potranno avere sviluppi futuri nella realizzazione delle camere dei Large Size Telescopes del sito sud di CTA. Davide è molto ben inserito nel gruppo che porta avanti questo sviluppo all'interno di CTA e il suo ruolo è riconosciuto in tutta la collaborazione.

Sia io che tutto il gruppo di CTA Torino siamo molto soddisfatti del lavoro di Davide Depaoli che è sicuramente un dottorando che emerge per le capacità sia in campo hardware che nella simulazione delle prestazioni dell'esperimento. Inoltre, grazie alla partecipazione all'esperimento MAGIC, ha avuto la possibilità di confrontarsi con un apparato in presa dati, vivendo in prima persona dei turni di gestione dell'esperimento.

Pertanto si esprime grande apprezzamento per il lavoro svolto dal Dott. Davide Depaoli durante il triennio del Dottorato di Ricerca.

Torino, 28 Settembre 2021

Andrea Chiavassa

Firma

Partecipazione a scuole e conferenze

- VI Seminario Nazionale Rivelatori Innovativi, Bologna e Ferrara, 01 - 05/10/2018, <https://agenda.infn.it/event/15095/>
- SumTrigger Analysis Bootcamp, Max-Planck-Institut fur Physik, Monaco, Germania, 03 - 05/04/2019, <https://indico.mpp.mpg.de/event/6306/>
- Joint 9th IDPASC SCHOOL and XXXI INTERNATIONAL SEMINAR of NUCLEAR and SUBNUCLEAR PHYSICS "Francesco Romano", Serra degli Alimini, Otranto, 27/05 - 04/06/2019, Talk: "Development of a SiPM-based camera for LST-CTA", <https://agenda.infn.it/event/18060/>
- SENSE Detector School, Ringberg Castle, Schloßstrasse 20, 83708 Kreuth, Germania, 19 - 22/06/2019, Talk: "Development of a SiPM-based camera for LST-CTA", <https://indico.cern.ch/event/791832/>
- 105° Congresso Nazionale SIF 2019, Gran Sasso Science Institute, L'Aquila, 23 - 27/09/2019, Talk: "Development of a SiPM-based camera for LST-CTA", <https://congresso.sif.it/>
- 2019 IEEE Nuclear Science Symposium (NSS) and Medical Imaging Conference (MIC), Manchester (UK), 26/10 - 02/11/2019, Poster: "Status of the Development of a Silicon Photomultiplier based camera module for the Large Size Telescopes of the Cherenkov Telescope Array", <https://nssmic.ieee.org/2019/>
- F2F Meeting CTA-INFN, Padova, 18 - 19/11/2019, Talk: "LST-SiPM Update - Torino", <https://agenda.infn.it/event/20825/>
- XXIX Giornate di Studio sui Rivelatori, Cogne, 10 - 14/02/2020, <https://agenda.infn.it/event/17213/>
- CTA Consortium General Meeting, Remote, 11 - 22/05/2020, <https://indico.cta-observatory.org/event/2765/>
- MAGIC Collaboration Meeting, Remote, 22 - 26/06/2020, <https://indico.mpp.mpg.de/event/7227/>
- LST General Meeting, Remote, 08 - 12/06/2020, Talk: "Development of a SiPM-based Camera for CTA-LST - INFN Contribution", <https://indico.cta-observatory.org/event/2551/>

- LST General Meeting, Remote, 22 - 30/04/2021, Talk: “LST Advanced Camera - Summary of Hardware Activities”,
<https://indico.cta-observatory.org/event/3408/>
- CTA Consortium General Meeting, Remote, 10 - 21/05/2021,
<https://indico.cta-observatory.org/event/3475/>
- MAGIC Collaboration Meeting, Remote, 14 - 18/06/2021,
<https://indico.mpp.mpg.de/event/8154/>

Visite e stages

- Turno di presa dati per l’esperimento MAGIC con qualifica di Operatore, Observatorio del Roque de los Muchachos, La Palma, Spain, 23/11 - 17/12/2018
- Turno di presa dati per l’esperimento MAGIC con qualifica di Shift Leader, Observatorio del Roque de los Muchachos, La Palma, Spain, 01 - 21/10/2019
- Turno di presa dati per l’esperimento MAGIC con qualifica di Shift Leader, Observatorio del Roque de los Muchachos, La Palma, Spain, 04 - 25/09/2020
- Turno di presa dati per l’esperimento MAGIC con qualifica di Shift Leader, Observatorio del Roque de los Muchachos, La Palma, Spain, 28/03 - 16/03/2021

Elenco delle pubblicazioni

Articoli su rivista

- [1] V. A. Acciari et al. *Search for Very High-Energy Emission from the millisecond pulsar PSR J0218+4232*. Accepted for publication in *Astrophysical Journal Letters*. 2021. arXiv: 2108.11373 [astro-ph.HE].
- [2] V. A. Acciari et al. *Study of the GeV to TeV morphology of the γ -Cygni SNR (G78.2+2.1) with MAGIC and Fermi-LAT*. Accepted for publication in *Astronomy and Astrophysics*. Ott. 2020. arXiv: 2010.15854 [astro-ph.HE].

- [3] V. A. Acciari et al. *Investigation of the correlation patterns and the Compton dominance variability of Mrk 421 in 2017*. Accepted for publication in *Astronomy and Astrophysics*. 2021. arXiv: 2106.05516 [astro-ph.HE].
- [4] V. A. Acciari et al. “First detection of VHE gamma-ray emission from TXS 1515–273, study of its X-ray variability and spectral energy distribution”. In: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (lug. 2021). ISSN: 0035-8711. DOI: 10.1093/mnras/stab1994.
- [5] V. A. Acciari et al. “Multiwavelength variability and correlation studies of Mrk 421 during historically low X-ray and γ -ray activity in 2015–2016”. In: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 504.1 (2021), pp. 1427–1451. DOI: 10.1093/mnras/staa3727.
- [6] J. C. Algaba et al. “Broadband Multi-wavelength Properties of M87 during the 2017 Event Horizon Telescope Campaign”. In: *Astrophysical Journal Letters* 911.1 (2021). DOI: 10.3847/2041-8213/abef71.
- [7] H. Abdalla et al. “H.E.S.S. And magic observations of a sudden cessation of a very-high-energy γ -ray flare in PKS 1510-089 in May 2016”. In: *Astronomy and Astrophysics* 648 (2021). DOI: 10.1051/0004-6361/202038949.
- [8] V. A. Acciari et al. “VHE gamma-ray detection of FSRQ QSO B1420+326 and modeling of its enhanced broadband state in 2020”. In: *Astronomy and Astrophysics* 647 (2021). DOI: 10.1051/0004-6361/202039687.
- [9] C. B. Adams et al. “Detection of the Crab Nebula with the 9.7 m prototype Schwarzschild-Couder telescope”. In: *Astroparticle Physics* 128 (2021). DOI: 10.1016/j.astropartphys.2021.102562.
- [10] V. A. Acciari et al. “MAGIC Observations of the Nearby Short Gamma-Ray Burst GRB 160821B”. In: *Astrophysical Journal* 908.1 (2021). DOI: 10.3847/1538-4357/abd249.
- [11] H. Abdalla et al. “Sensitivity of the Cherenkov Telescope Array for probing cosmology and fundamental physics with gamma-ray propagation”. In: *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 2021.2 (2021). DOI: 10.1088/1475-7516/2021/02/048.
- [12] A. Acharyya et al. “Sensitivity of the Cherenkov Telescope Array to a dark matter signal from the Galactic centre”. In: *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 2021.1 (2021). DOI: 10.1088/1475-7516/2021/01/057.

- [13] V. A. Acciari et al. “An intermittent extreme BL Lac: MWL study of 1ES 2344+514 in an enhanced state”. In: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 496.3 (2021), pp. 3912–3928. DOI: 10.1093/mnras/staa1702.
- [14] V. A. Acciari et al. “Detection of the Geminga pulsar with MAGIC hints at a power-law tail emission beyond 15 GeV”. In: *Astronomy and Astrophysics* 643 (2020). DOI: 10.1051/0004-6361/202039131.
- [15] V. A. Acciari et al. “MAGIC observations of the diffuse γ -ray emission in the vicinity of the Galactic center”. In: *Astronomy and Astrophysics* 642 (2020). DOI: 10.1051/0004-6361/201936896.
- [16] V. A. Acciari et al. “Studying the nature of the unidentified gamma-ray source HESS J1841-055 with the MAGIC telescopes”. In: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 497.3 (2020), pp. 3734–3745. DOI: 10.1093/mnras/staa2135.
- [17] V. A. Acciari et al. “Testing two-component models on very high-energy gamma-ray-emitting BL Lac objects”. In: *Astronomy and Astrophysics* 640 (2020). DOI: 10.1051/0004-6361/202037811.
- [18] V. A. Acciari et al. “Bounds on Lorentz Invariance Violation from MAGIC Observation of GRB 190114C”. In: *Physical Review Letters* 125.2 (2020). DOI: 10.1103/PhysRevLett.125.021301.
- [19] V. A. Acciari et al. “Unraveling the Complex Behavior of Mrk 421 with Simultaneous X-Ray and VHE Observations during an Extreme Flaring Activity in 2013 April”. In: *Astrophysical Journal, Supplement Series* 248.2 (2020). DOI: 10.3847/1538-4365/ab89b5.
- [20] V. A. Acciari et al. “A search for dark matter in Triangulum II with the MAGIC telescopes”. In: *Physics of the Dark Universe* 28 (2020). DOI: 10.1016/j.dark.2020.100529.
- [21] V. A. Acciari et al. “New Hard-TeV Extreme Blazars Detected with the MAGIC Telescopes”. In: *Astrophysical Journal, Supplement Series* 247.1 (2020). DOI: 10.3847/1538-4365/ab5b98.
- [22] V. A. Acciari et al. “MAGIC very large zenith angle observations of the Crab Nebula up to 100 TeV”. In: *Astronomy and Astrophysics* 635 (2020). DOI: 10.1051/0004-6361/201936899.
- [23] V. A. Acciari et al. “Monitoring of the radio galaxy M 87 during a low-emission state from 2012 to 2015 with MAGIC”. In: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 492.4 (2020), pp. 5354–5365. DOI: 10.1093/mnras/staa014.

- [24] V. A. Acciari et al. “Testing emission models on the extreme blazar 2WHSP J073326.7+515354 detected at very high energies with the MAGIC telescopes”. In: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 490.2 (2019), pp. 2284–2299. DOI: 10.1093/mnras/stz2725.
- [25] V. A. Acciari et al. “Observation of inverse Compton emission from a long γ -ray burst”. In: *Nature* 575.7783 (2019), pp. 459–463. DOI: 10.1038/s41586-019-1754-6.
- [26] V. A. Acciari et al. “Teraelectronvolt emission from the γ -ray burst GRB 190114C”. In: *Nature* 575.7783 (2019), pp. 455–458. DOI: 10.1038/s41586-019-1750-x.
- [27] V. A. Acciari et al. “Constraints on Gamma-Ray and Neutrino Emission from NGC 1068 with the MAGIC telescopes”. In: *Astrophysical Journal* 883.2 (2019). DOI: 10.3847/1538-4357/ab3a51.

Proceeding come primo autore o autore principale

- [28] Hyuga Abe et al. “Development of an advanced SiPM camera for the Large Size Telescope of the Cherenkov Telescope Array Observatory”. In: *Proceedings of 37th International Cosmic Ray Conference — PoS(ICRC2021)*. Vol. 395. 2021, p. 889. DOI: 10.22323/1.395.0889.
- [29] Yoshiki Ohtani et al. “Cross-calibration and combined analysis of the CTA-LST prototype and the MAGIC telescopes”. In: *Proceedings of 37th International Cosmic Ray Conference — PoS(ICRC2021)*. Vol. 395. 2021, p. 724. DOI: 10.22323/1.395.0724.
- [30] A. Berti et al. “Development and test of a SiPM cluster for a SiPM version of the Cherenkov Telescope Array LST camera”. In: *Nucl. Instrum. Meth. A* 982 (2020), p. 164373. DOI: 10.1016/j.nima.2020.164373.
- [31] D. Depaoli et al. “Status of the Development of a Silicon Photomultiplier based camera module for the Large Size Telescopes of the Cherenkov Telescope Array”. In: *2019 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC)*. Ott. 2019, pp. 1–4. DOI: 10.1109/NSS/MIC42101.2019.9059747.
- [32] Shunsuke Sakurai et al. “The calibration of the first Large-Sized Telescope of the Cherenkov Telescope Array”. In: *Proceedings of 36th International Cosmic Ray Conference — PoS(ICRC2019)*. Vol. 358. 2019, p. 780. DOI: 10.22323/1.358.0780.

- [33] Federico Di Pierro et al. “Monte Carlo Studies of Combined MAGIC and LST1 Observations”. In: *Proceedings of 36th International Cosmic Ray Conference — PoS(ICRC2019)*. Vol. 358. 2019, p. 659. DOI: 10.22323/1.358.0659.
- [34] Jan Ebr et al. “Characterization of atmospheric properties at the future sites of the Cherenkov Telescope Array”. In: *Proceedings of 36th International Cosmic Ray Conference — PoS(ICRC2019)*. Vol. 358. 2019, p. 667. DOI: 10.22323/1.358.0667.