

De Onderzoeksgroep
High Energy Physics

nodigt U graag uit op de openbare verdediging van het proefschrift van

Mitja Desmet

ter behaling van de graad van Doctor in de wetenschappen

Titel van het proefschrift:

**Synthesis Modelling the In-air radio Emission
from particle cascades using Templates**

Promotor:

Prof. dr. Stijn Buitink

Co-promotor:

Prof. dr. Tim Huege

De verdediging heeft plaats op

**Dinsdag 14 oktober 2025 om 16u in
de U-residence, Groene zaal** (Campus
Etterbeek VUB, Pleinlaan 2, 1050 Elsene)

De verdediging is ook te volgen via [Zoom](#) (Meeting
ID: 813 3666 8849 - Passcode: 0vQzQG).

Samenstelling van de jury

Prof. dr. Steven Lowette (VUB, voorzitter)

Prof. dr. Krijn de Vries (VUB)

Prof. dr. Ann Dooms (VUB)

Prof. dr. Ralph Engel (Karlsruhe Institute of
Technology, DE)

Dr. Matías Tueros (Instituto de Física La Plata, AR)

Dr. Katharine Mulrey (Radboud Universiteit
Nijmegen, NL)U-

Curriculum vitae

Mitja behaalde zijn master in de fysica en sterrenkunde aan de VUB in 2021. Voor zijn master thesis werkte hij met data van de LOFAR telescoop, waaraan hij verbonden bleef voor zijn doctoraat. Zijn onderzoek verplaatste zich echter richting het simuleren van de radio golven van kosmische stralen.

Als doctoraatsstudent aan het IIHE instituut was Mitja betrokken bij het organiseren van seminars en probeerde hij een brug te bouwen tussen studenten en onderzoekers. Hij volbracht onderwijs opdrachten en begeleidde meerdere scripties.

Abstract van het doctoraatsonderzoek

In de astrodeeltjesfysica trachten we het universum te bestuderen aan de hand van de deeltjes die op Aarde toekomen. De neutrinos en γ -stralen zijn twee leden van deze kosmische familie. In deze thesis zal ik me echter toeleggen op de derde boodschapper, de kosmische stralen. Dit zijn atoomkernen die, ontdaan van hun elektronen, versneld worden tot de hoogste energieën die de mensheid ooit gemeten heeft. Verschillende elementen bereiken ons op deze manier, met energieën van 10^9 eV tot wel 10^{20} eV. Hun oorsprong is ons nog altijd een mysterie.

Om dit vraagstuk op te lossen, moeten we de kosmische stralen heel precies meten. Bij lage energie kunnen we gebruiken maken van detectoren op satellieten die de deeltjes direct meten. Echter, bij hogere energieën daalt de flux bijzonder snel. Boven $\sim 10^{14}$ eV maken we gebruik van de deeltjescascade die ontstaat wanneer de kosmische straal in de atmosfeer binnendringt. Deze cascade zendt radio golven uit die we boven de achtergrond kunnen waarnemen voor energieën boven 10^{16} eV. De eenvoud waarmee radio antennes te plaatsen en onderhouden zijn, maakt hen een aantrekkelijke optie om kosmische stralen te bestuderen.

Om de kosmische straal die de atmosfeer is binnengedrongen te reconstrueren aan de hand van de radiostraling, maken we gebruik van simulaties. Deze maken gebruik van Monte-Carlo methodes, waarbij de emissie van elk deeltje wordt gesimuleerd. Dankzij deze simulaties hebben we vandaag veel beter inzicht in de processen die de straling produceren. Desalniettemin hebben ze een belangrijke keerzijde: ze gebruiken veel rekenkracht. Hierdoor kunnen we onze data niet ten volle benutten. Bovendien vergroten we daarmee de ecologische voetafdruk van ons onderzoek.

In mijn thesis stel ik een nieuw model voor, die ontworpen is om dit probleem aan te pakken. Deze methode heet template synthesis en maakt gebruik van een enkele Monte-Carlo simulatie om de straling van andere deeltjes cascades te synthetiseren. Het synthese proces duurt slechts een paar seconden. Template synthesis past schalingen toe op de amplitudes die afgeleid zijn van een grote verzameling Monte-Carlo simulaties. Om de fase aan te passen, maakt het gebruik van de geometrische afstanden. Ik licht toe hoe het model opgebouwd is en test het model in verschillende scenario's. Door het model te toetsen concludeer ik dat het een nauwkeurigheid heeft van 6%, met een bias van 5%. Daarna implementeer ik template synthesis in een Python pakket, die beschikbaar is voor iedereen, waarmee ik verschillende toepassingen van de methode bestudeer.