

De Onderzoeksgroep
High Energy Physics

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

Alexandre De Moor

ter behaling van de graad van Doctor in de wetenschappen

Titel van het proefschrift:

Deep learning for Jet Algorithms

Curriculum vitae

Promotor:
Prof. dr. Jorgen D'Hondt

De verdediging heeft plaats op

**Woensdag 11 december 2024 om
16u30 in auditorium D.0.08**

Samenstelling van de jury

Prof. dr. Michael Tytgat (VUB, voorzitter)
Prof. dr. Alberto Mariotti (VUB, secretaris)
Prof. dr. Sophie de Buyl (VUB)
Prof. dr. Dominique Maes (VUB)
Prof. dr. Loukas Gouskos (Brown University, USA)
Prof. Pascal Vanlaer (ULB)

Alexandre De Moor behaalde in 2019 het diploma van Master of Science in de Fysica met onderscheiding aan de ULB. Vervolgens trad hij in 2020 toe tot de VUB als doctoraatsstudent onder promotorschap van Prof. dr. Jorgen D'Hondt. Tijdens zijn doctoraatsonderzoek bestudeerde hij de ontwikkeling van Deep Learning-technieken voor jet-algoritmen binnen het CMS-experiment bij CERN. Daarnaast nam hij tijdens zijn doctoraat een leidinggevende rol op als convener van de groep verantwoordelijk voor de ontwikkeling van jet flavour tagging algoritmes van 2021 tot 2023.

Abstract van het doctoraatsonderzoek

De ontwikkeling en verbetering van deep learning-technieken in de afgelopen decennia hebben nieuwe mogelijkheden gecreëerd voor algoritmische methoden in de hoge-energiefysica. In het bijzonder heeft deep learning geleid tot een aanzienlijke vooruitgang in de prestaties van algoritmen voor de smaakidentificatie van jets, de structuren die worden gevormd door de fragmentatie van een quark of gluon wanneer deze worden geproduceerd in een deeltjesversneller zoals de CERN Large Hadron Collider.

In dit doctoraat richten we ons op deep learning-methoden om de prestaties van algoritmen voor de smaakidentificatie van jets te verbeteren bij het CMS experiment. We streven ernaar hun mogelijkheden uit te breiden door de robuustheid van de modellen te vergroten tegen veranderingen toegepast op de variabelen die door de algoritmen worden gebruikt. Daarnaast creëren we door het uitbreiden van hun initiële taken nieuwe perspectieven voor toekomstig onderzoek. Eerst onderzoeken we de Transformer-architecturen in de context van de creatie van diepe neurale netwerken die de structuur van jets behouden. We ontwikkelen twee modellen waarvan de prestaties en computationele kost een nieuwe state-of-the-art in het veld vestigen. Vervolgens introduceren we een data-agnostische trainingmethode gebaseerd op adversariële aanvallen, die de robuustheid van het model verbetert tegen veranderingen in de distributie van input variabelen. Het vergroten van de robuustheid is noodzakelijk om de prestaties van onze modellen na kalibratie te optimaliseren. Ten slotte breiden we de taken van de algoritmen met succes uit om hadronische tau leptonen te identificeren en om jet-energiecorrecties en resoluties te schatten. Ook introduceren we de identificatie van strange jets, een primeur voor een experiment bij de LHC.

Het resultaat van dit doctoraat is de creatie van een nieuwe klasse van modellen met verbeterde architectuur, trainingmethoden, en een uitgebreidere omvang van wat een kunstmatig neuraal netwerk kan bereiken. Het finale model, genaamd UParT, vertegenwoordigt de state-of-the-art in jet-identificatie voor het CMS experiment bij de LHC. Met de identificatie van jets afkomstig van strange quarks, een primeur voor de LHC, kunnen nu nieuwe analyses worden uitgevoerd die zich richten op eindtoestanden met dit type jet, zodra het nieuwe model is gekalibreerd.