

Campagne 2020 Contrats Doctoraux Instituts/Initiatives

Proposition de Projet de Recherche Doctoral (PRD)

Appel à projet IPhyInf - Initiative Physique des infinis 2020

Intitulé du Projet de Recherche Doctoral : Étude et réalisation du détecteur de temps hautement granulaire (HGTD) pour le détecteur ATLAS en préparation de la phase de haute luminosité du LHC

Directeur de Thèse porteur du projet (titulaire d'une HDR) :

NOM : **TRINCAZ-DUVOID** Prénom : **Sophie**
Titre : Maître de Conférences des Universités
OU
e-mail : trincaz@lpnhe.in2p3.fr
Adresse professionnelle : LPNHE- Tour 12-22-1^{er} étage- 4 Place Jussieu- 75005 PARIS
(site, adresse, bât., bureau)

Unité de Recherche :

Intitulé : LPNHE
Code (ex. UMR xxxx) : UMR 7585

ED560-STEP'UP

Ecole Doctorale de rattachement de l'équipe & d'inscription du doctorant :

Doctorants actuellement encadrés par le directeur de thèse (préciser le nombre de doctorants, leur année de 1^{ere} inscription et la quotité d'encadrement) : 0

Co-encadrant :

NOM : **BEAU** Prénom : **Tristan**
Titre : Maître de Conférences des Universités HDR
OU
e-mail : beau@in2p3.fr

Unité de Recherche :

Intitulé : LPNHE
Code (ex. UMR xxxx) : UMR 7585

ED560-STEP'UP

Ecole Doctorale de rattachement : Ou si ED non Alliance SU :

Doctorants actuellement encadrés par le co-directeur de thèse (préciser le nombre de doctorants, leur année de 1^{ere} inscription et la quotité d'encadrement) : 0

Cotutelle internationale : Non Oui, précisez Pays et Université :

Description du projet de recherche doctoral (en français ou en anglais)

3 pages maximum – interligne simple – Ce texte sera diffusé en ligne

Détailler le contexte, l'objectif scientifique, la justification de l'approche scientifique ainsi que l'adéquation à l'initiative/l'Institut.

Le cas échéant, préciser le rôle de chaque encadrant ainsi que les compétences scientifiques apportées. Indiquer les publications/productions des encadrants en lien avec le projet.

Préciser le profil d'étudiant(e) recherché.

Le Large Hadron Collider est situé au CERN à Genève. Il a déjà permis de nombreuses avancées scientifiques dont la découverte du boson de Higgs en 2012. A partir de fin 2023, le LHC va encore être amélioré pour pouvoir délivrer une très haute luminosité, supérieure d'un facteur 5 au schéma initial. C'est ce qu'on appelle la phase HL-LHC (pour High Luminosity - LHC). Le but est d'obtenir une luminosité de $5 \cdot 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ mais celle-ci pourrait atteindre $7 \cdot 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$. Dans ce scénario, le nombre moyen de collisions par croisement de faisceaux serait de 200 (à comparer par exemple à 25 en 2012). Le collisionneur fournirait alors une luminosité intégrée de 250fb^{-1} par an, soit 3000fb^{-1} en 12 ans.

Le but de telles performances techniques est bien sûr d'accroître le potentiel de mesure des expériences, notamment en ce qui concerne les mécanismes de production du boson de Higgs ou la brisure de symétrie électrofaible, mais aussi l'exploration des processus de physique au-delà du modèle standard avec, par exemple, la recherche de particules supersymétriques légères.

Pour faire face à cet afflux de signaux et à un taux de radiations plus important, les détecteurs du LHC vont, eux aussi, être modifiés. Parmi eux, le détecteur ATLAS (pour "A Toroidal LHC ApparatuS") va être amélioré à plusieurs niveaux : électronique plus rapide sur certains sous-systèmes, remplacement complet de certains sous-détecteurs ou encore ajout de nouvelles parties. Parmi celles-ci figure un nouveau sous-détecteur hautement granulaire permettant une mesure précise en temps du passage de traces dans le détecteur. Ce sous-détecteur appelé HGTD (High-Granularity Timing Detector) sera installé au cœur du détecteur ATLAS pour la phase à haute luminosité du LHC (HL-LHC).

Ce détecteur viendra compléter le nouveau détecteur de traces d'ATLAS, pour permettre de combiner les informations spatiales que celui-ci permettra d'obtenir, avec des informations temporelles, et ainsi de bien associer les traces au point de collision d'où elles auront été émises.

Ceci permettra de diminuer les effets d'empilement. En effet, à haute luminosité, il va y avoir beaucoup d'interactions entre partons lors des collisions et il importe de faire la différence entre des événements intéressants à étudier et ceux qui « s'empilent » lors du même croisement ou au croisement suivant.

Ce sous-détecteur devra être très résistant aux radiations qui pourront atteindre une fluence d'environ $8 \cdot 10^{15} \text{neutrons.cm}^{-2}$. En outre, pour s'assurer une haute granularité et donc une bonne résolution spatiale, les pixels devront avoir une taille de l'ordre du mm^2 . La technologie choisie pour ces pixels est récente et a été développée au Centre de Micro-Electronique de Barcelone. Il s'agit de capteurs appelés Low Gain Avalanche Diode (LGAD) qui présentent une bonne résistance aux radiations. Ils permettront d'assurer une résolution en temps comprise entre 30 et 50 ps, et leur taille sera suffisamment petite pour que l'occupation du détecteur n'excède pas 10 %.

Le Technical Design Report (TDR) du sous-détecteur auquel les deux co-encadrants ont participé est en cours de revue et sera disponible en juin 2020.

Le sujet de thèse proposé s'inscrit dans ce contexte et revêt plusieurs aspects :

- Le choix des caractéristiques des capteurs LGAD est encore en cours. Pour ce

faire, des capteurs construits par des entreprises différentes sont étudiés grâce à des faisceaux d'électrons ou de pions. La future directrice de thèse est impliquée dans l'analyse des données prises lors de ces tests en faisceaux. Un article et le Technical Proposal ont déjà été publiés et deux articles sur le sujet sont en cours de préparation. L'étudiant.e aura un engagement important sur ce thème. Elle/il participera aux tests en faisceau effectués auprès d'accélérateurs au CERN (Genève) et à DESY (Hambourg) et il/elle travaillera sur l'analyse des données ainsi collectées.

- Le LPNHE est impliqué dans la conception et la production des unités de support du détecteur. Il s'agit tout d'abord d'effectuer la R&D mécanique pour cette réalisation, en cherchant des solutions pour la disposition des modules, leur collage et l'intégration des câbles flexibles qui envoient le signal vers l'électronique d'acquisition.

Le LPNHE sera ensuite en charge de la réalisation d'environ un quart des unités de détection constituées des modules assemblés sur les supports. Il faudra au préalable élaborer les protocoles de construction et de test. Le futur co-encadrant est responsable de ce projet pour le laboratoire. L'étudiant.e sera étroitement associé.e à cette partie du projet. Et il/elle contribuera dès le début de la thèse à la validation d'un démonstrateur prototype qui sera réalisé courant 2020 pour aider au choix final des options techniques.

- Par ailleurs, l'étudiant.e sera engagé.e dans les activités de simulation du détecteur afin d'en optimiser les caractéristiques et d'en connaître les performances futures pour les analyses de physique. Des algorithmes mettant en œuvre la très bonne résolution en temps attendue, de l'ordre de 30 ps, seront développés.

L'étudiant.e sera amené.e à présenter régulièrement ses travaux dans les réunions de travail de la collaboration avec CERN. Il/elle devra avoir des compétences de programmation en C++ et Python.

** Lieu de travail : LPNHE (Campus Pierre et Marie Curie) – Paris Ve arrondissement.

** Déplacements éventuels : principalement au CERN à Genève.

** Documentation :

- <http://atlas.web.cern.ch/Atlas/Collaboration/>

- <https://atlas.cern/updates/atlas-news/scientific-potential-high-luminosity-lhc>

- Publication sont les 2 co-encadrants sont signataires :

Technical Proposal : A High-Granularity Timing Detector for the ATLAS Phase-II Upgrade

CERN-LHCC-2018-023 ; LHCC-P-012 (2018)

- Publication dont Sophie Trincaz-Duvoid est signataire :

Beam test measurements of Low Gain Avalanche Detector single pads and arrays for the ATLAS High Granularity Timing Detector

Published in JINST 13 (2018) no.06, P06017

**Merci de nommer votre fichier pdf :
«ACRONYME de l'institut/initiative_2_NOM Porteur Projet_2020 »**

**à envoyer simultanément par e-mail à l'ED de rattachement et au programme :
cd_instituts_et_initiatives@listes.upmc.fr avant le 30 mars.**