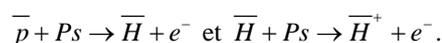


## « MESURE DE SECTIONS EFFICACES DE PRODUCTION D'ATOMES ET D'IONS ANTIHYDROGENE PAR REACTIONS SUR LE POSITRONIUM »

### DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

Cette thèse se place dans le cadre de l'expérience GBAR au CERN dont l'objectif est de mesurer l'accélération de la pesanteur sur l'antihydrogène. La spécificité de l'expérience est d'utiliser des ions antihydrogène positifs pour produire des atomes d'antihydrogène ultra-froids, permettant une mesure précise de leur chute libre. Pour produire les ions antihydrogène, il faut faire interagir des antiprotons ( $\bar{p}$ ) sur un nuage de positronium ( $Ps$ ), état lié d'un électron et d'un positron. Deux réactions successives sont utilisées :



**La section efficace de ces réactions n'a jamais été mesurée.**

Seule la contrepartie matière de la première réaction,  $p + Ps \rightarrow H + e^+$ , a été observée avec 211 événements. Il n'existe donc que des estimations théoriques du taux de production d'ions antihydrogène pour l'expérience. Ces estimations sont entachées de grandes incertitudes, s'agissant d'interactions à trois et quatre corps à basse énergie.

**L'objet de la thèse est de mesurer les sections efficaces en fonction de l'énergie incidente des antiprotons et du niveau d'excitation du positronium cible, car les calculs indiquent une forte dépendance dans ces deux paramètres.** Ces mesures permettront de valider les calculs théoriques et d'optimiser les conditions expérimentales pour GBAR.

La mesure de la contrepartie matière de la première réaction est en préparation à Saclay comme étape préliminaire. Elle fait l'objet d'une thèse en cours. Le sujet de thèse couvre donc la mesure de la contrepartie matière de la seconde réaction,  $H + Ps \rightarrow H^- + e^+$ , puis la mesure des réactions avec l'antimatière, le tout au CERN.

### GROUPE/LABO/ENCADREMENT

L'équipe d'accueil comprend six physiciens dont le porte-parole de la collaboration, et deux étudiants en thèse. Les mesures proposées sont financées partiellement par l'ANR ANTION. GBAR est une

collaboration internationale rassemblant une cinquantaine de physiciens de seize laboratoires.

### TRAVAIL PROPOSE

Au démarrage de la thèse, l'expérience sera en cours d'installation au CERN. L'étudiant participera à la préparation de l'expérience (octobre 2016 mi 2017). Ce travail couvrira le montage des détecteurs ainsi que des calculs de simulation de l'expérience. Les mesures avec des protons et leur analyse suivront : estimation des efficacités, des bruits de fond, calcul des sections efficaces et comparaison avec les mesures à Saclay et les prédictions théoriques. Ces mesures s'étaleront sur 2017 et 2018. Les mesures systématiques avec les antiprotons démarreront à partir du deuxième semestre 2018 quand le faisceau d'antiprotons sera opérationnel. Les résultats seront présentés en conférence et publiés.

### FORMATION ET COMPETENCES REQUISES

L'étudiant doit avoir une formation en physique corpusculaire expérimentale. Il devra acquérir des compétences en programmation et en instrumentation, et saura travailler en équipe.

### COMPETENCES ACQUISES

À l'issue de la thèse, l'étudiant aura acquis des connaissances en physique fondamentale (physique des particules et physique atomique), en instrumentation (techniques d'ultra-vide, détecteurs de traces, lasers, électronique) et en programmation. Il aura travaillé dans un milieu international très compétitif.

### COLLABORATIONS/PARTENARIATS

La réalisation de l'expérience est conduite comme un projet international. Une grande partie du travail sera effectué au CERN.

### CONTACTS

Scientifique :

P. Debu (direction de la thèse), L. Liskay (coordinateur de l'ANR ANTION), P. Pérez (porte-parole de l'expérience).