

Le texte ci dessous comprend 2 parties distinctes :

- 1) l'une est relative à une activité menée actuellement sur HADES à GSI par un groupe de physiciens de l'IPN, qui s'étendra jusque 2010 et qui peut être poursuivie sur une problématique similaire, dans le cadre de l'expérience PANDA sur la nouvelle machine de GSI
- 2) L'autre décrit l'éventail des possibilités de physiques ouvertes par l'utilisation de faisceau d'antiprotons, toujours dans le cadre de la nouvelle machine de GSI avec les détecteurs PANDA, ASSIA et PAX. Les programmes de ces expériences sont complémentaires de ceux menés actuellement par des physiciens de l'IN2P3 et du CEA sur la structure du nucléon, en particulier sous l'aspect des distributions de partons généralisées et pourraient constituer une voie possible pour le futur.

### **Groupe de physique HADES de l'IPN d'Orsay.**

Situation actuelle de l'équipe: 5 personnes à plein temps, soit 4 physiciens permanents CNRS + 1 thésarde

Equivalent plein temps sur HADES : 2.5 personnes (le reste étant distribué sur des activités d'analyse d'expériences anciennes).

2 physiciens sur 4 partiront à la retraite d'ici 4 ans ou moins. Une seule physicienne sera concernée par l'horizon au delà de dix ans.

Engagements pris sur HADES: construction de 6 chambres représentant 21 m<sup>2</sup> de détection sur 6 plans. 4 chambres installées aujourd'hui, construites sur la période 2000-2003, 2 à construire d'ici fin 2005. Nos activités de simulation de réactions induites par des projectiles légers (pion et ions légers) et de dépouillement des expériences ont démarré cette année. Les activités de l'équipe liées à d'anciennes expériences se transfèrent progressivement vers les activités HADES.

Le programme de mesures physiques a démarré depuis 2002, ne permettant d'accumuler que des statistiques très faibles. Les premières campagnes de physique avec une statistique correcte commencent cette année 2004 avec des attributions de faisceau pour des expériences en faisceau de pions et en  $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ .

#### Programme de physique.

Le programme de physique est particulièrement vaste. Déclenché par l'incapacité des modèles théoriques à reproduire les données en collision ion-ion issues de la collaboration DLS et le souhait de refaire une expérience dans des conditions d'acceptance et de précision au moins un ordre de grandeur supérieur, le programme s'est considérablement enrichi et diversifié aujourd'hui. De nombreux calculs théoriques ont été réalisés au cours des 10 dernières années tant pour tenter d'expliquer les résultats de DLS que ceux des expériences à beaucoup plus haute énergie (HELIOS et CERES), où un excès de section efficace de production de dileptons dans les réaction entre systèmes lourds est observé dans la région se situant juste en dessous des mésons  $\rho$  et  $\omega$ . Après un travail pionnier de Brown et Rho qui proposait de relier une modification des propriétés spectrales des mésons vecteurs dans la matière nucléaire dense et chaude à une restauration de la symétrie chirale, de nombreux groupes de théoriciens ont proposé des approches alternatives, basées sur les règles de somme de QCD, des modèles effectifs ou les relations de dispersion, avec d'ailleurs des effets parfois opposés quand au signe de la variation de masse. Dans les modèles qui prévoient une diminution de la masse des mésons vecteurs, associée à une diminution de la valeur du condensat de quark-antiquark du vide de QCD, les changements de masse prédits peuvent aller jusqu'à des valeurs de plusieurs dizaines de MeV, aisées à mettre en évidence avec un détecteur de haute résolution tel qu'HADES. Au travers de l'ensemble des développements théoriques est également apparue la nécessité d'une compréhension fine des processus de base ( excitation de résonances baryoniques et couplage à la voie dilepton, couplage

Vecteur Dominance Model, rôle joué par les particules à vie longue se propageant dans le noyau, tel que le pion, rôle des processus en plusieurs étapes, rôle du neutron, rôle des effets hors couche en présence de résonances larges, etc.). L'obtention de statistiques importantes permettant de faire des coupures cinématiques, les études à des énergies différentes et avec des sondes différentes constituent l'épine dorsale du programme sur HADES. Sur cette base, nous souhaitons exploiter le détecteur sur les 5 ans à venir (2004 à 2008) à plein temps sur le complexe SIS 18 de GSI avec des prolongements sur le dépouillement prévisibles jusqu'en 2010 au moins.

Ce programme d'étude comprend plusieurs points : en sus de l'étude des collisions symétriques noyau-noyau déjà amorcée, nous avons des perspectives d'étude des réactions pp, avec en particulier des variations en énergie permettant de découpler la contribution des différents mésons, d'analyser les effets d'interférence et les effets hors couche. En faisceau de pions, négatifs et positifs, tous deux disponibles à GSI dans une gamme d'énergie tout à fait appropriée, l'étude des réactions élémentaires permettra de mieux cerner le rôle de certaines résonances de façon plus sélective qu'en pp en même temps qu'elle constituera, grâce à une cinématique différente, un outil plus adapté au méson  $\omega$  dont la durée de vie est sensiblement plus grande que celle du méson  $\rho$ .

Des simulations faites récemment au sein de la collaboration HADES montrent qu'il sera possible d'utiliser HADES avec la nouvelle machine au moins jusqu'à 8 GeV par nucléon en ions lourds, une fois que la réalisation de la couverture des petits angles par des RPC avec la granularité requise aura été menée à bien (échéance 2006, entrant dans le cadre du projet de GSI futur). Dans ce contexte, notre groupe envisage que son activité sur HADES pourrait se prolonger sur la nouvelle machine, en biseau, avant d'aborder un projet futur à GSI, avec un autre détecteur.

#### Possibilités futures ouvertes au delà de HADES à GSI

Ouverture possible vers le futur détecteur PANDA de GSI: un des domaines de PANDA permet de continuer l'étude des modifications des propriétés des mésons dans la matière nucléaire, toujours lié à la structure du vide de QCD, mais cette fois sur son contenu gluonique. Dans ce cas, un faisceau d'antiprotons de quelques GeV interagissant avec un noyau permet de créer les mésons charmés. Dans le secteur des mésons charmés, des effets de déplacement de masse analogues, quoique plus petits, à ceux prédits pour les mésons vecteurs sont tout à fait détectables en utilisant les voies de décroissance peu perturbées par la distorsion, paire de leptons seule ou associée à un photon. Ici aussi, les prédictions théoriques diffèrent très largement et il est important de les tester. Compte tenu des faibles largeurs de ces résonances et de la zone de masse concernée, un déplacement, même petit, est relativement aisé à mettre en évidence. Ce programme constitue un prolongement tout à fait naturel des activités qui sont menées aujourd'hui avec HADES, tant sur le plan de la problématique de physique que des méthodes expérimentales utilisées. Celles-ci sont en effet directement transposables à partir de celles mises au point et utilisées sur HADES (chambre à dérive à petit gap, trajectographie magnétique, détection des leptons en environnement hadronique, etc. ).

Dans le cadre de la nouvelle machine, les premières expériences sur PANDA ne démarreraient au plus tôt qu'en 2013, mais la participation à celles-ci impliquerait de pouvoir dégager progressivement du temps pour faire des simulations, construire des détecteurs, participer à des réunions de collaboration. Dans l'état actuel de notre groupe, compte tenu du fait que nous ressentons déjà cruellement l'insuffisance de nos forces vis à vis des engagements pris, des potentialités importantes de physique ouvertes par HADES et du travail restant encore à réaliser avant d'atteindre une pleine exploitation de celles-ci, nous considérons qu'il n'est pas raisonnable de nous lancer dans un nouveau projet avant au moins 5 ans. Seul, l'apport très rapide de sang neuf, ou la déclaration d'intérêt d'autres physiciens pour le détecteur PANDA, permettrait d'envisager une déclaration d'intention de participation, qui devrait logiquement se concrétiser par un début d'implication au niveau de la prise de responsabilité dans des détecteurs ou des simulations.

Les compétences reconnues de l'IPN, du RDD en particulier avec lequel nous entretenons une très forte et fructueuse collaboration depuis de nombreuses années sur le programme HADES, sont tout à adaptées et constituent un excellent atout pour rentrer dans la collaboration PANDA. Une implication au niveau de l'électronique est aussi possible.

### **Autres possibilités ouvertes à GSI**

Outre l'étude des effets de milieu, le détecteur PANDA ouvre des perspectives dans plusieurs autres domaines accessibles par des collisions antiproton-proton :

#### 1) La spectroscopie des mésons

L'étude des mésons comportant des gluons (hybrides) ou composés de glue exclusivement, peut être abordé avec le même dispositif et paraît également attractif. Il faut noter cependant que ceci constituerait une reconversion, aucun physicien français de la communauté de physique hadronique n'ayant participé à ce genre d'expérience dans le passé.

#### 2) l'étude des processus électromagnétiques

Plusieurs types de réaction peuvent être étudiés

- En  $\bar{p} p \rightarrow e^+e^-$ , l'extraction des facteurs de forme électrique et magnétique du nucléon dans la région temps est possible, complétant les nombreuses mesures actuellement réalisées dans la région espace. Ainsi, dans le domaine temps, l'électrique et le magnétique n'ont jamais été séparés, les seules mesures actuellement disponibles montrent des effets inattendus, etc... PANDA pourra aborder la mesure précise (et leur séparation) de ces facteurs de forme dans un très large domaine cinématique jamais couvert par une seule expérience.
- En  $\bar{p} p \rightarrow \gamma\gamma$ . Ce processus correspond à la réaction croisée de la diffusion Compton. De même qu'il a été montré récemment l'intérêt des mesures de DVCS pour l'extraction de nouvelles fonctions de structure, les distributions de partons généralisées, la mesure dans le domaine temps de ce processus permettrait encore d'élargir la problématique. Il faut toutefois noter que les fondements théoriques ne sont pas encore aussi bien étayés que pour le DVCS.
- En  $\bar{p} p \rightarrow e^+e^-X$ . Par mesure de la distribution azimutale de la paire de lepton, on peut, sans faisceau ni cible polarisé, accéder à certaines contributions de la structure en spin du nucléon, comme la distribution des quarks polarisés transversalement (transversité)

Ces 3 types de réactions ont fait l'objet de simulations qui montrent leur faisabilité. Une détection des photons ou des  $e^+/e^-$  par un calorimètre de haute résolution sur la base de cristaux de  $PbWO_4$  est envisagée. L'équipe de l'IPN Orsay, qui a construit un détecteur similaire pour l'expérience DVCS à JLAB, pourrait ainsi contribuer au détecteur PANDA.

Pour être complet sur les possibilités ouvertes sur la nouvelle machine de GSI dans le domaine des expériences avec les antiprotons, il faut aussi mentionner deux autres dispositifs, ASSIA et PAX :

ASSIA propose une mesure approfondie des distributions de partons via la mesure des fonctions de structure du nucléon. La détection de paires de muons dans une région libre de résonances, ou de paires  $\Lambda$  anti- $\Lambda$  et la polarisation des particules incidentes sont les principales caractéristiques de cette expérience. Elle demande toutefois des modifications notables du complexe accélérateur de GSI, en particulier pour l'obtention d'un faisceau polarisé extrait de plus de 40 GeV. Une seule physicienne française s'est déclarée intéressée par ce projet presque exclusivement dominé par des italiens et des russes.

PAX, expérience très complémentaire des mesures réalisées à COMPASS, JLAB ou HERMES est axée sur les distributions en transversité via l'utilisation de la sonde dilepton et d'une cible polarisée. Aucune manifestation d'intérêt connue à ce jour de la communauté française.