

# Spectroscopie baryonique à GRAAL

D. Rebreyend, J.-P. Bocquet, A. Lleres.

LPSC Grenoble, IPN Orsay, INFN Italie, INR Moscou, KIAE Moscou.

*During fifteen years, GRAAL has been one of the important programs in hadronic physics at LPSC. This activity has come to an end with the official withdrawal of the laboratory from the collaboration, at the end of 2004. Our activity of the last two years has been mostly devoted to the analysis of photoproduction reactions on proton and neutron and their publication. Finalized results have been obtained for  $\pi^0 p$  and  $\eta p$  (beam asymmetries  $\Sigma$  and differential cross sections) as well as for  $K^+ \Lambda$  and  $K^+ \Sigma^0$  ( $\Sigma$  and recoil polarizations  $P$ ) final states. We have also started to investigate photoproduction reactions on the neutron (deuterium target) and preliminary results have been extracted for  $\pi^0 n$  and  $\eta n$  channels. This latter work was performed in close connection with the search for exotic resonances, impelled by the observation of the  $\Theta^+$  pentaquark in 2003. No evidence of a narrow pentaquark state has been found in channels with strangeness production ( $\gamma d \rightarrow \Lambda \Theta^+ \rightarrow K^+ \Lambda n$  and  $\gamma n \rightarrow N_5^* \rightarrow K^0_s \Lambda$  or  $K^+ \Sigma^-$ , where  $N_5^*$  is the non-strange partner of the  $\Theta^+$ ). However, an interesting resonant structure has been observed in  $\eta n$  which is not present in  $\eta p$ .*

L'ensemble expérimental GRAAL, installé auprès de l'ESRF à Grenoble, est constitué d'un faisceau de photons polarisés et d'énergie maximale 1,5 GeV, associé à un dispositif de détection  $4\pi$  de particules chargées et neutres. Cet appareillage est destiné à la mesure d'observables liées à la photoproduction de mésons ( $\pi$ ,  $\eta$ ,  $\omega$  et  $K$ ) sur le proton et le neutron. Le but de cette expérience est l'étude des propriétés des états excités (résonances baryoniques) du nucléon. Pour y parvenir, il est nécessaire de disposer d'un grand nombre de données de qualité. En particulier, les observables reliées à la polarisation du faisceau, peu mesurées jusqu'à présent, sont très contraignantes pour les modèles théoriques.

## Photoproduction sur le proton

Les asymétries faisceau  $\Sigma$  associées à la photoproduction de mésons  $\pi^0$ ,  $\eta$  et  $K^+$  ont été mesurées jusqu'à 1,5 GeV ainsi que les sections efficaces différentielles des voies  $\pi^0 p$  et  $\eta p$ . Pour les réactions  $\gamma p \rightarrow K^+ \Lambda$  et  $\gamma p \rightarrow K^+ \Sigma^0$ , la polarisation  $P$  du  $\Lambda$  et du  $\Sigma^0$  a pu être extraite. Une partie de ces résultats a déjà été publiée [1,2], la suite le sera dans un proche avenir ( $K\Lambda$ ,  $K\Sigma$  et résultats complémentaires de  $\eta p$ ). Le résultat marquant de ces deux dernières années est la mesure originale dans ce domaine d'énergie de l'asymétrie faisceau des réactions  $K\Lambda$  (Figure 1) et  $K\Sigma$ . Ces données très attendues viennent d'être incorporées dans la base de données générale et sont en cours d'exploitation théorique.

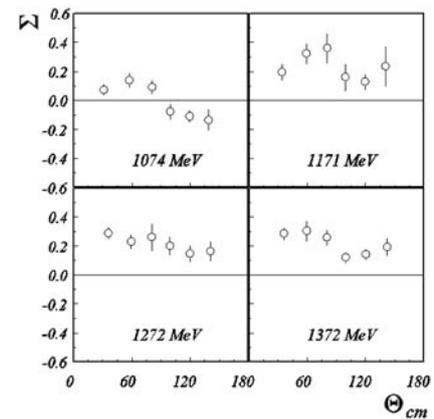


Figure 1 : Asymétries faisceau mesurées pour la réaction  $\gamma p \rightarrow K^+ \Lambda$  à différentes énergies  $E_\gamma$ .

## Photoproduction sur le neutron et recherche d'états exotiques

L'étude des réactions de photoproduction de mésons sur le neutron faisait partie du programme initial de GRAAL. Cette étude est devenue prioritaire suite à l'observation en 2003 d'un état exotique étroit ( $\leq 10$  MeV), le pentaquark  $\Theta^+$  (de masse 1540 MeV), par la collaboration LEPS [3]. Afin de rechercher d'éventuels signaux, nous avons analysé différentes réactions :  $\gamma d \rightarrow \Lambda \Theta^+$  pour la recherche directe du  $\Theta^+$ ;  $\gamma n \rightarrow N_5^* \rightarrow K^0_s \Lambda$ ,  $K^+ \Sigma^-$  ou  $\eta n$  pour la recherche du partenaire non étrange  $N_5^*$  du  $\Theta^+$  (de masse 1700 MeV environ). Ces trois dernières réactions ont été suggérées dans le cadre du modèle de soliton chirale [4] comme étant particulièrement sensibles à la contribution de cet état. Dans la limite de la statistique disponible, aucun signal positif n'a été observé pour les différents canaux avec production d'étrangeté. Ce résultat négatif est en accord avec les résultats les plus récents obtenus par la collaboration CLAS du Jefferson Laboratory [5], qui, grâce à des expériences comportant une statistique plus importante, a infirmé son résultat précédent [6].

En ce qui concerne le canal  $\eta n$ , nous avons pu mesurer les sections effi-

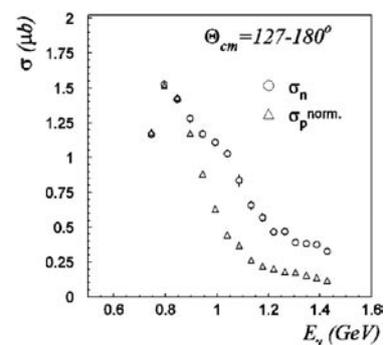


Figure 2 : Sections efficaces intégrées sur le domaine angulaire  $\Theta_{cm} = 127-180^\circ$ , mesurées pour les réactions  $\gamma n \rightarrow \eta n$  ( $\circ$ ) et  $\gamma p \rightarrow \eta p$  ( $\Delta$ ). Les sections efficaces sur le proton sont normalisées à celles du neutron ( $\sigma_n/\sigma_p = 0,6$ ).

caces différentielles grâce à la bonne efficacité au neutron de l'appareillage. La comparaison avec les données obtenues sur le proton montre une structure résonnante aux alentours de 1700 MeV forte sur le neutron et totalement absente sur le proton (Figure 2). En l'état actuel de l'analyse, la contribution du mouvement de Fermi ne nous permet pas d'accéder directement à la largeur de cette résonance. Toutefois, les analyses préliminaires montrent que la structure de cet état semble inhabituelle pour une résonance baryonique standard.

### ◆ Isotropie de la vitesse de la lumière

Dans un tout autre domaine de physique, non prévu initialement, l'expérience GRAAL a permis d'améliorer de manière importante la limite supérieure de l'isotropie de la vitesse de la lumière. À partir des données GRAAL et en collaboration avec des physiciens de Yerevan, nous avons analysé la stabilité du front Compton mesuré par le système d'étiquetage. On peut montrer que la position du front Compton est directement proportionnelle à l'énergie du faisceau.

De ce fait, on peut écrire  $\delta x/x = \delta\gamma/\gamma$  où  $\gamma = (1-\beta^2)^{-1/2}$  et par conséquent  $\delta c/c = (1/\gamma^2) \delta x/x \approx 10^{-8} \delta x/x$  ( $\gamma_{\text{ESRF}} = 6000 / 0,5 \approx 10^4$ ). Les fronts Compton enregistrés au cours des prises de données GRAAL (1997-2002) ont été étudiés en fonction de l'angle entre la direction des électrons et l'apex du dipôle de la radiation CMB. Les résultats ont ainsi permis d'obtenir une contrainte conservative sur l'anisotropie des variations de la vitesse de la lumière  $\Delta c/c < 3 \cdot 10^{-12}$ , qui améliore de deux ordres de grandeur la précédente limite. Ce dispositif, associant de façon unique machine circulaire et système d'étiquetage interne, est le seul actuellement à permettre une telle précision.

### ◆ Bilan

Dans le programme initial, il était prévu de poursuivre les mesures de photoproduction en utilisant la cible polarisée HD (HYDILE) développée par l'IPN d'Orsay. Après plusieurs tentatives infructueuses de transfert d'un échantillon HD polarisé d'Orsay au site expérimental de Grenoble, il a été décidé d'abandonner ce projet, ce qui a entraîné le retrait de notre laboratoire. Le dispositif expérimental GRAAL va toutefois continuer à fonctionner pendant quelques années dans le cadre d'une collaboration réduite Italie-Russie afin de compléter les mesures sur le neutron.

Ce rapport clôt quinze années d'activité du groupe de Grenoble au sein de la collaboration GRAAL, au cours desquelles nous avons contribué aux différentes étapes du projet : conception/simulation, mise en œuvre et maintenance du dispositif, analyse des données et publication des résultats. Ce travail s'est accompagné d'une très forte contribution des services techniques du laboratoire : installation de la ligne à l'ESRF, contrôle du faisceau, détecteurs de traces, électronique ASIC, système d'acquisition de données...

Les résultats obtenus par GRAAL sont complémentaires de ceux obtenus par les groupes CLAS (JLab), LEPS (Spring-8), Bonn (CB-ELSA et SAPHIR) et Mayence (TAPS-MAMI). La spécificité de GRAAL réside dans la mesure de l'asymétrie faisceau  $\Sigma$  dans le domaine d'énergie allant de 500 à 1500 MeV. Un ensemble de données de grande qualité est dorénavant disponible et permettra de mieux caractériser les différentes résonances baryoniques présentes dans ce domaine d'énergie grâce, en particulier, à l'analyse théorique globale de la base de données expérimentale.

[1] F. Renard et al., Phys. Lett. B528 (2002) 215.

[2] O. Bartalini et al., à paraître dans Eur. Phys. J. A.

[3] T. Nakano et al., Phys. Rev. Lett. 91 (2003) 012002.

[4] D. Diakonov, V. Petrov and M. Polyakov, Z. Phys. A359 (1997) 303.

[5] V. Burkert, International workshop on the physics of excited baryons (NSTAR2005), 12-15 October 2005, Tallahassee, Florida USA.

[6] S. Stepanyan et al., Phys. Rev. Lett. 91 (2003) 25001.