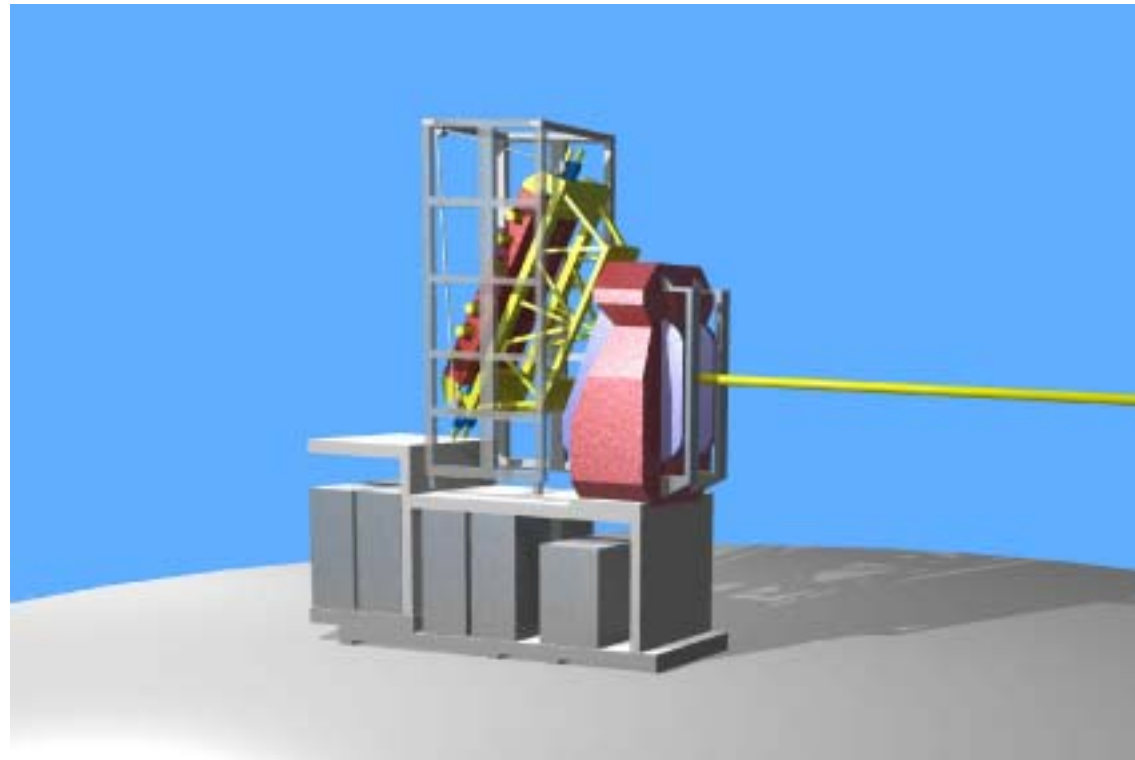


BigBite: un troisième œil pour le Hall A

Olivier Gayou

*Massachusetts Institute of
Technology*

Séminaire DAPNIA/SPhN
24 Janvier 2003



- Jefferson Lab et le Hall A
- Les spectro et leurs limites
- L'utilité d'un troisième spectromètre de grande acceptance
- BigBite
- Les nouveaux détecteurs associés
- Les prochaines expériences

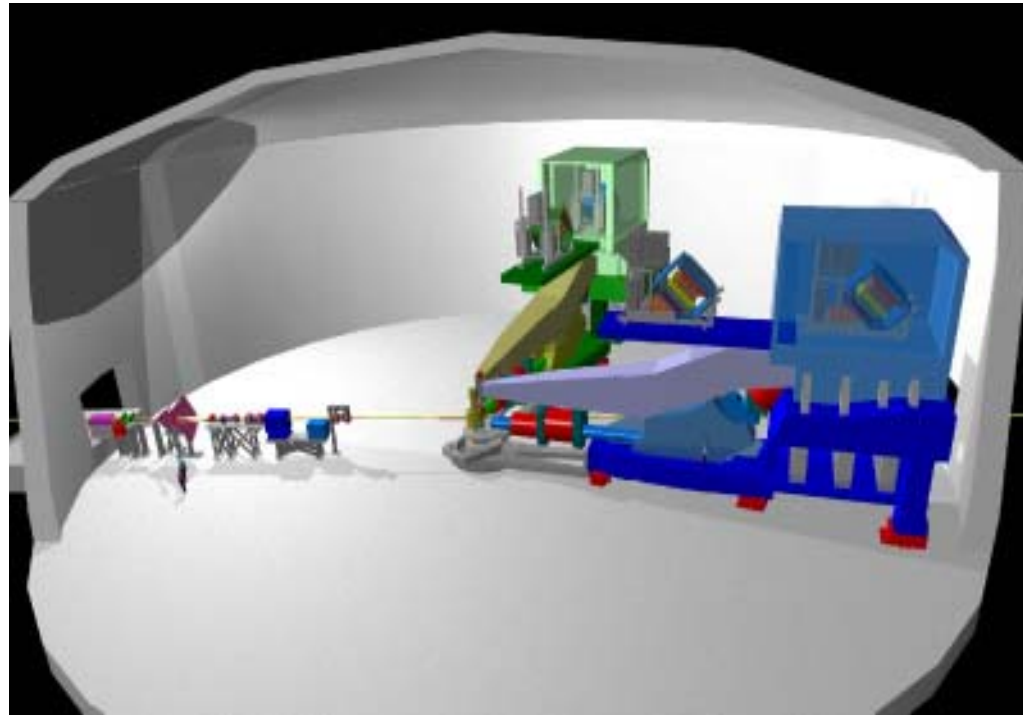
Accélérateur CEBAF

- 5.7 GeV max
- 5 passes
- Polar 80%
- 3 Halls



Hall A

- Cibles
 - LH2, LD2, LHe4
 - He3 polarisé (gaz)
 - Solides (C, BeO, Pb)



- Ligne de faisceau:
 - Mesure d'énergie
 - Mesure de polarisation
 - Diagnostic de faisceau (position, profile, courant, ...)

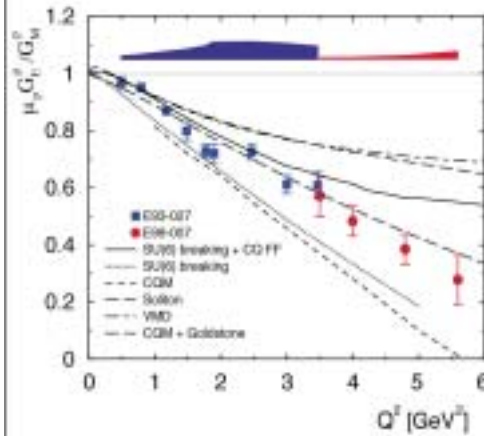
Spectromètres à haute résolution

- 2 spectro **identiques**:
 - QQDQ
 - 2 VDC, 2 scintillateurs
- Détecteurs **électrons**:
 - Gaz erenkov
 - Aérolog erenkov
 - Calorimètre E.M.
- Détecteurs **hadrons**
 - Gaz erenkov
 - Polarimètre

Impulsion	300-4000 MeV/c
Acceptance horizontale	± 30 mr
Acceptance verticale	± 60 mr
Angle solide	7,2 msr
p/p	10^{-4}
Résolution horizontale	0,6 mr
Résolution verticale	2,0 mr
Focusing	$\langle x x \rangle = 0$ $\langle y y \rangle = 0$

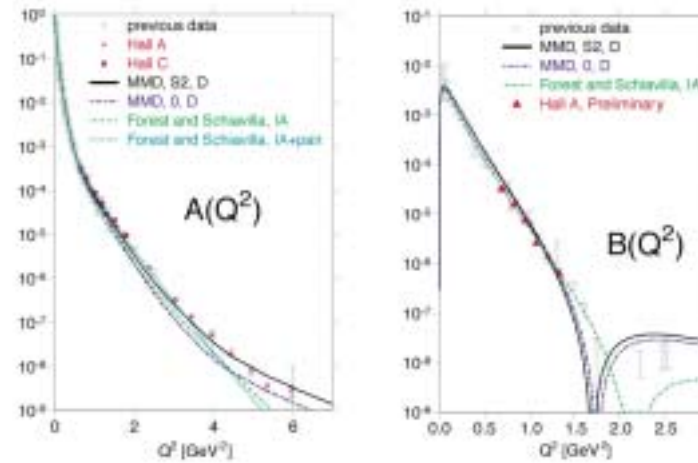
Hall A avec 2 spectros

Precision Measurement of the Proton's Charge Distribution

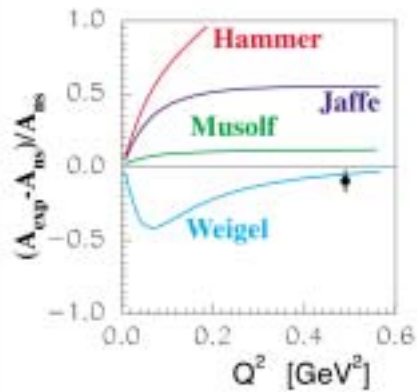


- Mesures exclusives
- Mesures inclusives

Deuteron Structure Functions

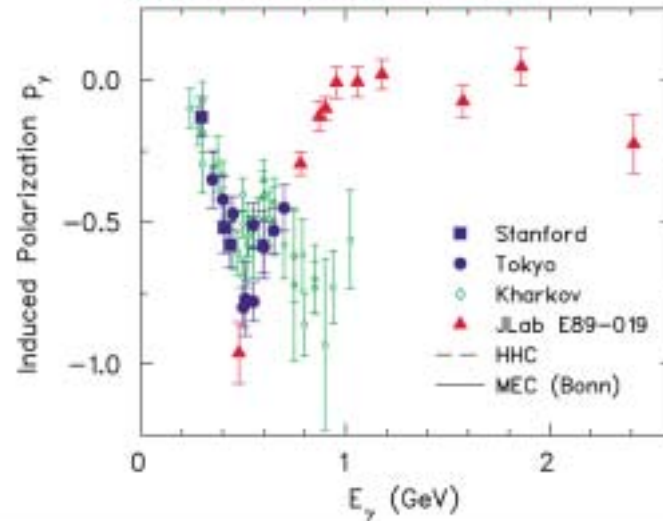


Parity Violation



- Haute résolution

Deuteron Photodisintegration



Limites des 2 HRS

- La haute résolution se paie au prix d'une **petite acceptance**
 - Limite aux mesures "in plane"
 - Limite en angle solide □ limite de **statistiques**
- Seulement **2 particules détectées**

Physique nucléaire

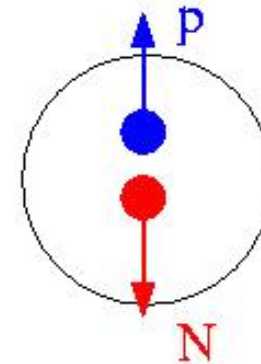
- Modèles décrivant l'agencement et la dynamique des nucléons dans le noyau
→ potentiels
- Prédisent l'état final d'une réaction de diffusion d'électrons sur noyaux, par exemple
- Expérimentalement, vérification de cette prédiction

Physique nucléaire

- Prédiction de l'état final de la réaction
- Estimation des effets en compétition
 - Rediffusion sur autres nucléons (FSI)
 - Interaction avec mésons
 - Interaction avec un delta (par exemple) dans le noyau

Corrélations à courte distance

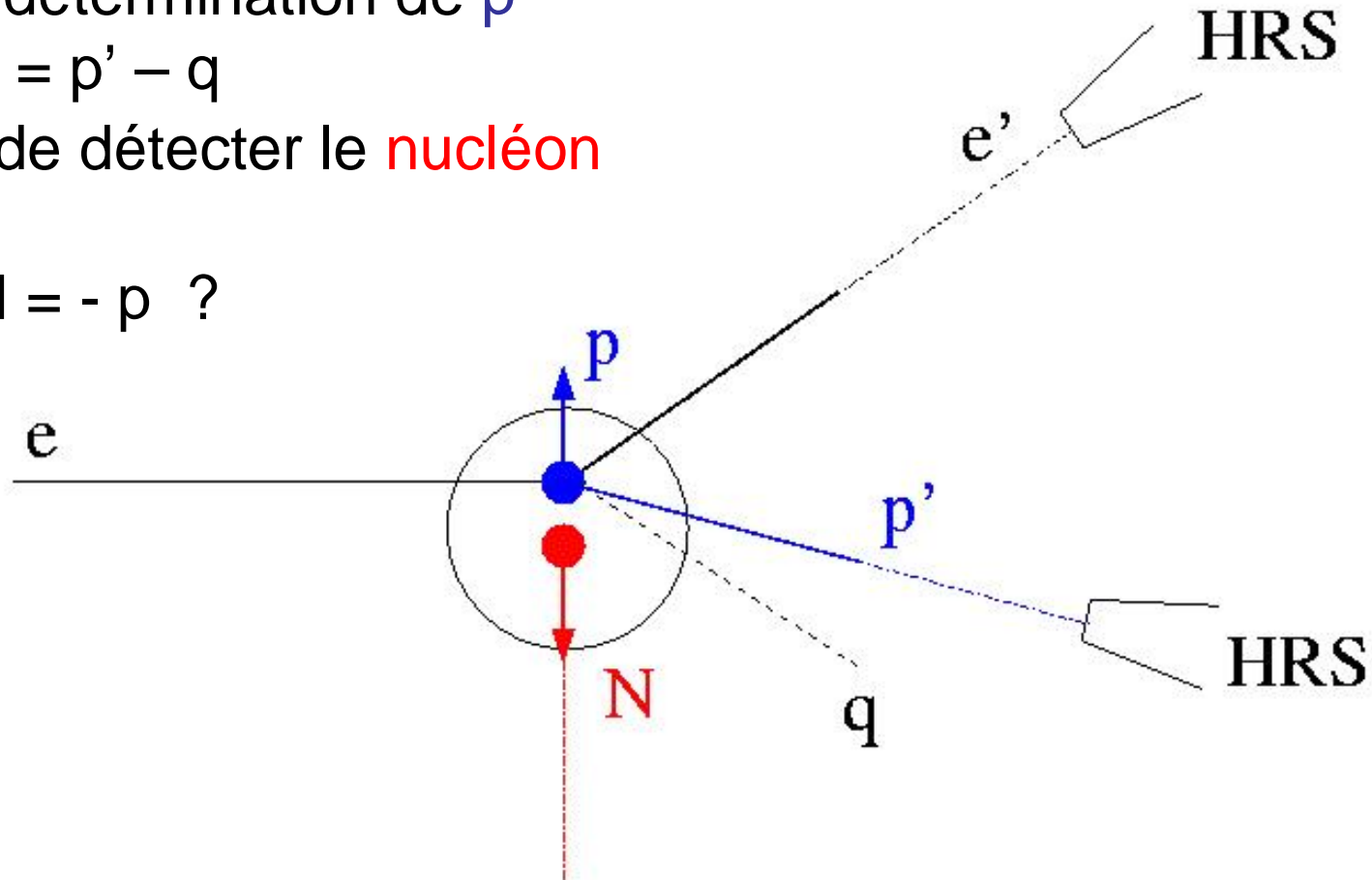
- Mesures de corrélations à courtes distances dans les noyaux lourds
- Recherche de 2 particules de hautes impulsions initiales opposées



Triple coincidence

- Electron: détermination de q
- Proton: détermination de p'
- Besoin de détecter le **nucléon** **corrélé**:

$$\Delta N = -p \quad ?$$



Réaction en triple coïncidence

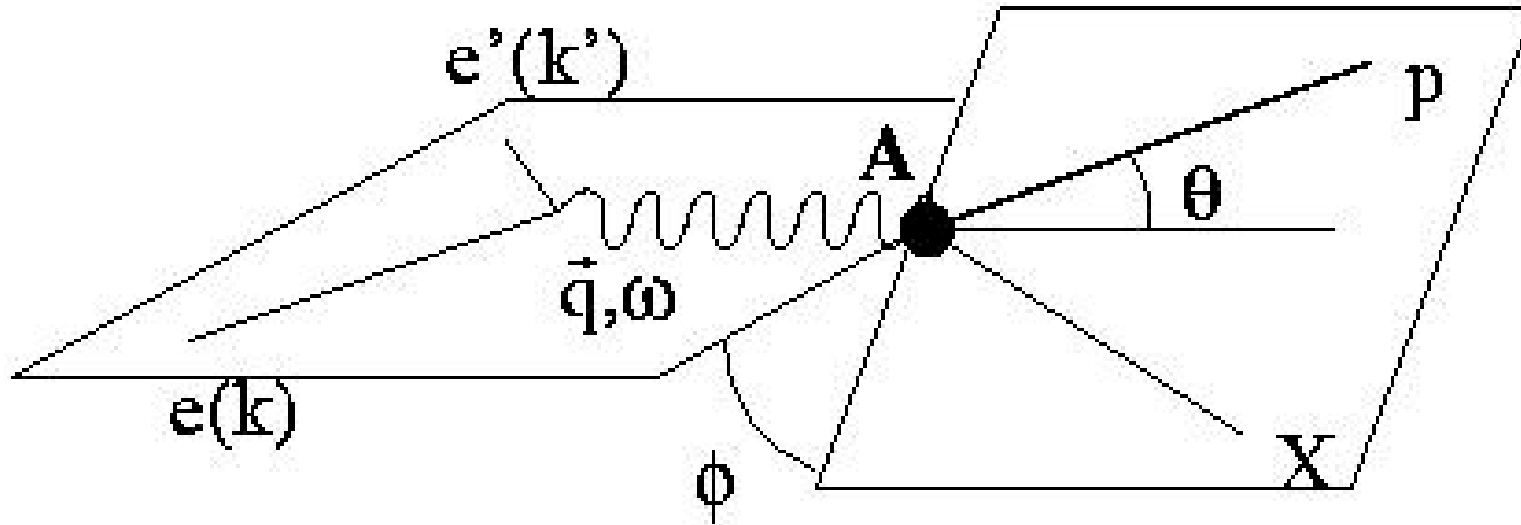
- Section efficace en triple coïncidence

$$\frac{d\sigma}{dE' d\Omega_e d^3(p_f/E_f) d^3(p_s/E_s)} \propto K_{d\text{ep}}(Q^2, \theta, E_m, p_m) D(E_m, \vec{p}_m, \vec{p}_s)$$

$$\int D(E_m, \vec{p}_m, \vec{p}_s) d^3 p_s \propto S(E_m, \vec{p}_m)$$

- Supprimer les autres effets en compétition
 - Géométrie “presque anti-parallèle” **FSI**
 - Grand Q^2 , $x > 1$ **MEC, IC**

La réaction $A(e, e'p)X$



$$Q^2 = -q^2 = 4EE' \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$E = E'$$

$$W = \sqrt{Q^2 + 2M^2} = M^2$$

Acceptance hors plan de diffusion

- Section efficace de la réaction ${}^2\text{H}(e, e' p)n$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega_e^{lab} dE_e'^{lab} d\Omega_{pq}^{cm}} = c \{ \sigma_L f_L + \sigma_T f_T + \sigma_{LT} f_{LT} \cos\theta + \sigma_{TT} f_{TT} \cos 2\theta + h\sigma'_{LT} f'_{LT} \sin\theta \}$$

- Nécessité de **mesures** à $\theta = 90^\circ$ pour accéder à f_{TT} et f'_{LT}

Fonctions de structure

$$f_{LT} = \frac{\sigma_{00} \sigma_{180}}{2c \sigma_{LT}}$$

$$f_{TT} = \frac{\sigma_{00} \sigma_{180} \sigma_{90}}{4c \sigma_{TT}}$$

$$f'_{LT} = \frac{\sigma_{90} \sigma'_{90}}{2c \sigma'_{LT}}$$

Courant électromagnétique

$$f_L \square f_{00} \square J_0^* J_0$$

$$f_T \square f_{11} \square J_{01}^* J_{01} \square J_{01}^* J_{01}$$

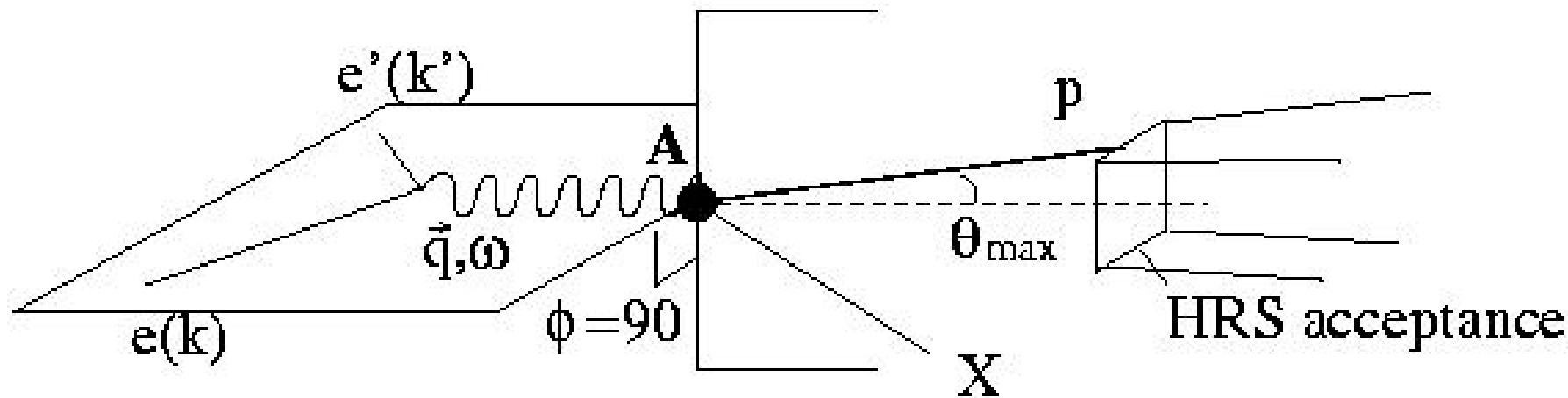
$$f_{TT} \square f_{101} \square \text{Re} \square J_{01}^* J_{01} \square$$

$$f_{LT} \square f_{01} \square \text{Re} \square J_0^* J_{01} \square J_{01}$$

$$f'_{LT} \square f'_{01} \square \text{Im} \square J_0^* J_{01} \square J_{01}$$

- Accès au courant hadronique

Limites dans le plan vertical



- Mouvement des HRS dans le plan horizontal
 $\varphi \in (0, 180)$

- Faible acceptance verticale

$\vartheta > 0$, très petit)

Grand angle solide

- Mesure de G_{en} par double polarisation

$${}^3\overset{\square}{He}(\overset{\square}{e}, \overset{\square}{e}'n)$$

- Mesure de l'assymétrie

$$A \square \frac{\square \square \square \square \square}{\square \square \square \square \square}$$

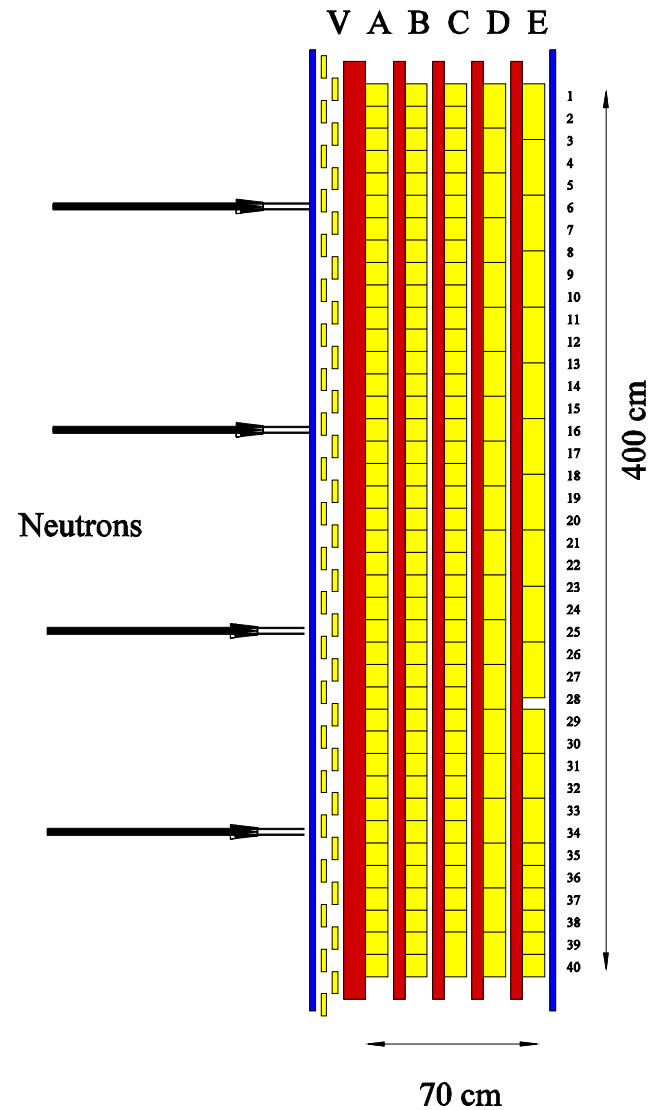
Assymétries

$$A_{\perp} = \frac{G_{En}}{G_{Mn}} \frac{2\sqrt{1 - \mu} \tan \frac{\mu}{2}}{\frac{G_{En}}{G_{Mn}} \left(\frac{G_{En}}{G_{Mn}} \right)^2 + 2(1 - \mu) \tan^2 \frac{\mu}{2}}$$

$$A_{//} = \frac{2\sqrt{1 - \mu} (1 - \mu)^2 \tan^2 \frac{\mu}{2} \tan \frac{\mu}{2}}{\frac{G_{En}}{G_{Mn}} \left(\frac{G_{En}}{G_{Mn}} \right)^2 + 2(1 - \mu) \tan^2 \frac{\mu}{2}}$$

Détecteur de neutrons

- > 150 détecteurs scintillateurs plastiques
- 100 msr à 8m de la cible
- PMT droite et gauche



Electrons en coincidence

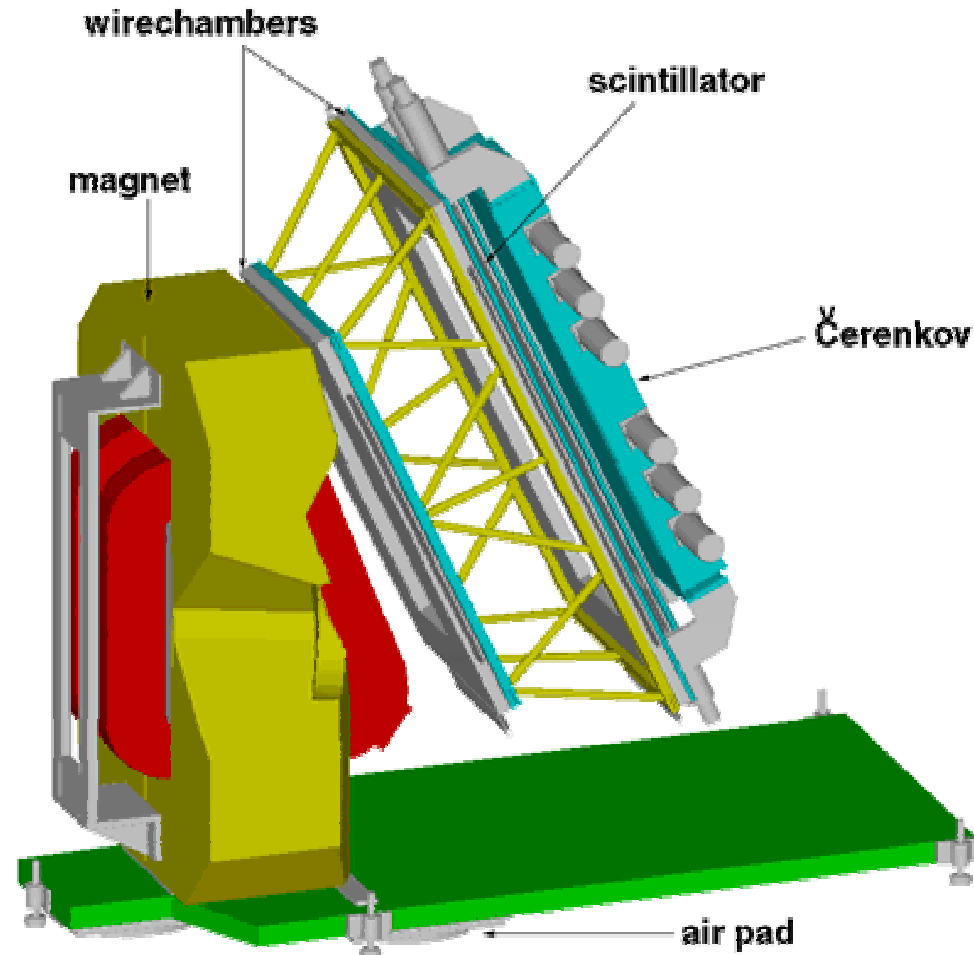
- Détection de l'électron en coincidence pour s'assurer de l'**élasticité** de la réaction
- Pour ne rien perdre de la grande acceptance du détecteurs de neutrons, nécessité d'un **large détecteur d'électrons**
- En moyenne, 76 msr **↳ HRS trop petit**
- Besoin de **tracking**

Troisième spectromètre

- Utilité d'un nouveau détecteur
 - de large acceptance
 - avec tracking
- Possibilité d'utiliser en simple, double ou triple coincidence
- Pas trop cher ?...

BigBite

- Importé de NIKHEF
- Utilisé dans les expériences en cible interne
- Un dipole
- Détecteurs
 - Scintillateur
 - Chambres à fils
 - Gaz Čerenkov



Dipole

Angle de déflexion: 25°

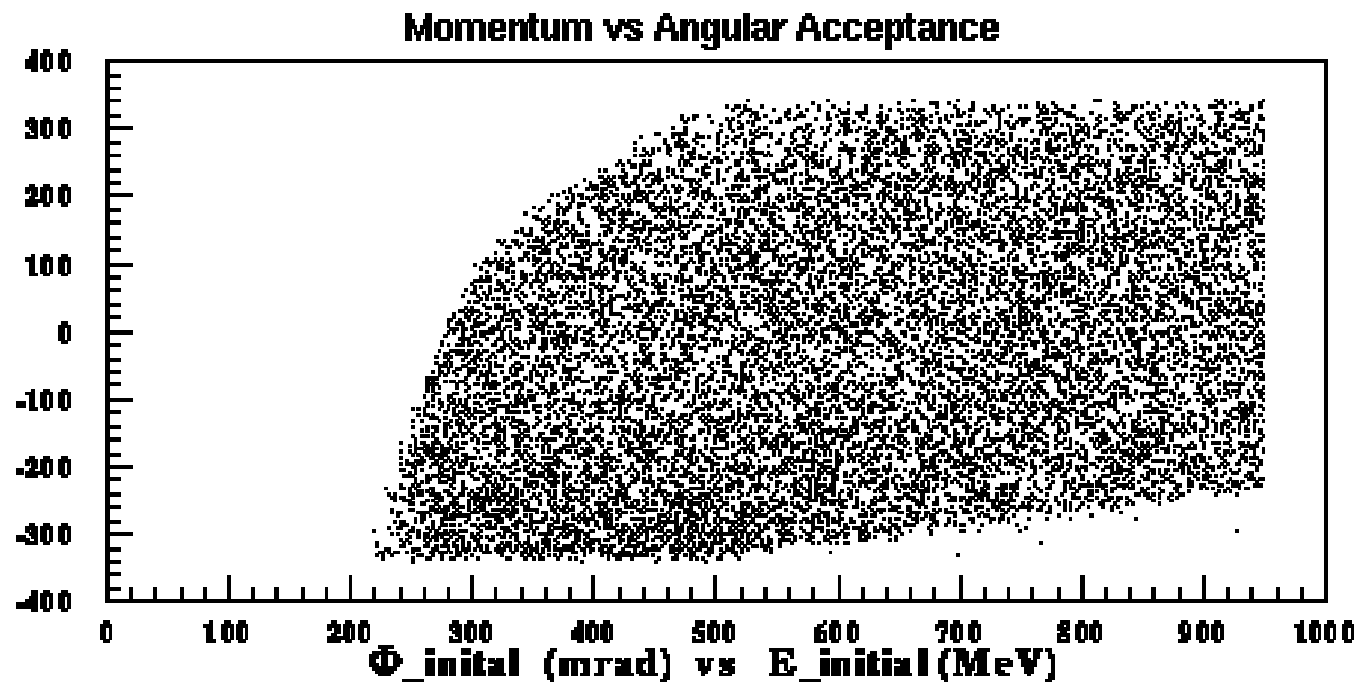
Champ maximal: 1,2 T

Acceptance à 1m de la
cible:

Horizontale: ± 80 mrd

Verticale: ± 300 mrd

Angle solide: 96 msr



Dipole



Le problème des détecteurs

- Construits pour supporter les taux de NIKHEF
- Luminosité à NIKHEF: 10^{32} - 10^{33} $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- Luminosité dans le Hall A: 10^{38} $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ à 100 μA sur 15 cm LH2
- Taux de comptage dans BigBite prévu:
3 MHz – 10 MHz

Remplacement des détecteurs



UNIVERSITY
of
GLASGOW



UNIVERSITY
of
VIRGINIA



TEL AVIV
UNIVERSITY

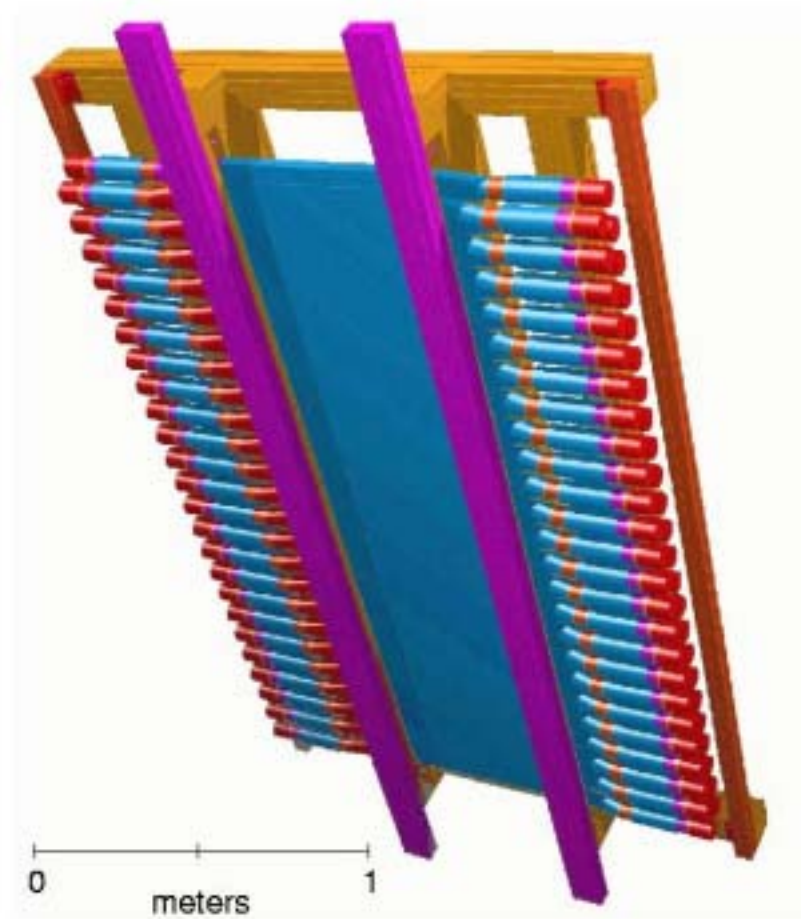


Différentes configurations

- Plan de trigger
- Plan auxiliaire de scintillateurs (SRC)
- Chambres à fils
- Calorimètre électromagnétique (G_{en})

Plan de trigger

- Scintillateur plastique EJ204
- 500x86 mm²
- 2 plans:
 - E : 3 cm
 - E: 3 mm
- 24 scintillateurs par plan [plus grand taux de comptage]

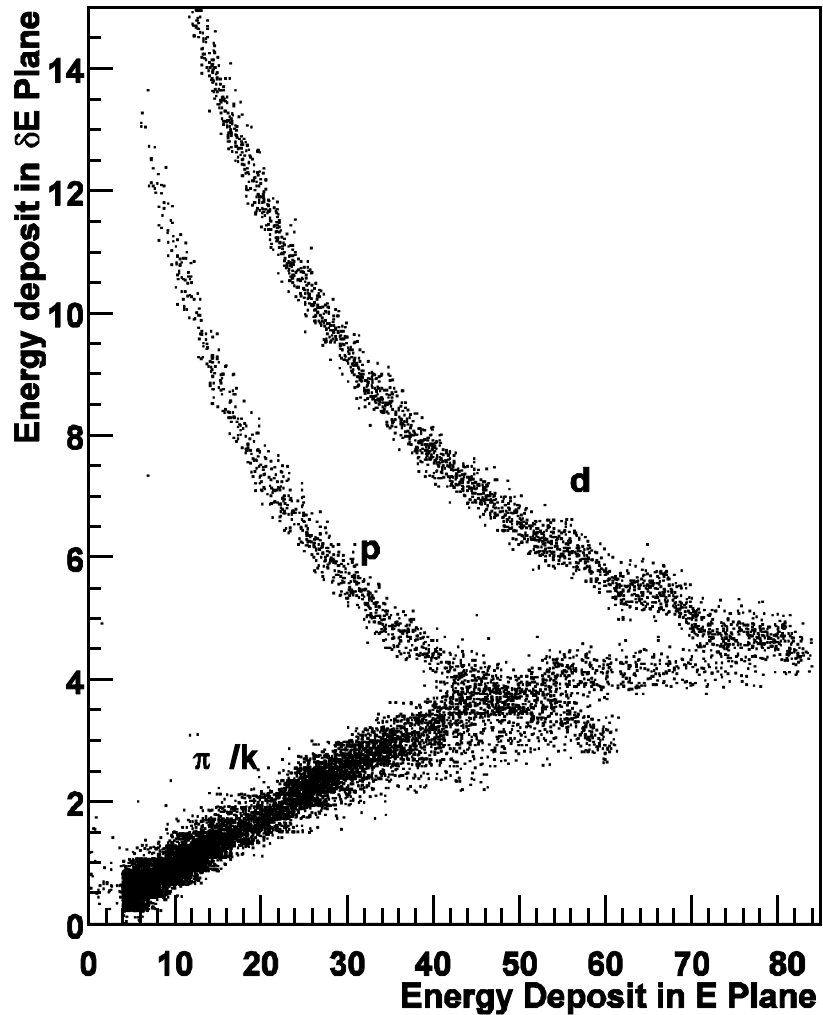


Résolution

- Photomultiplicateur XP2262B de chaque côté
- Résolution de 250 ps
- Différence droite – gauche \square résolution horizontale de 10 mrd

Identification de particules

δE -E PulseHeight Resolution d,p, π^+ , κ^+



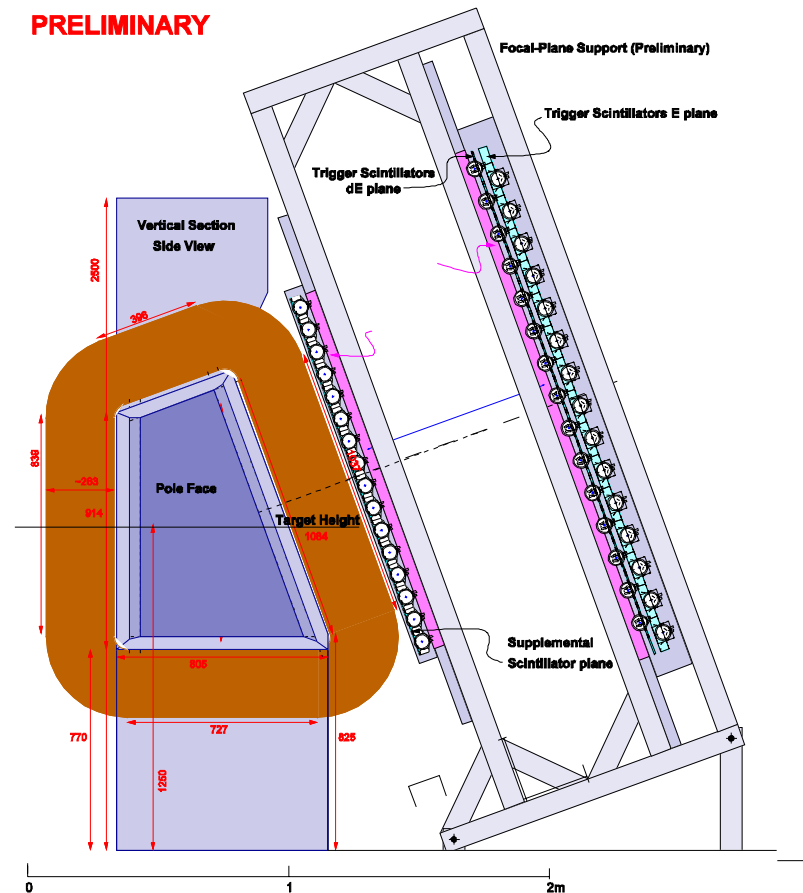
- $E/\delta E$ [bonne
séparation du
proton et du
deuton

Plan de trigger



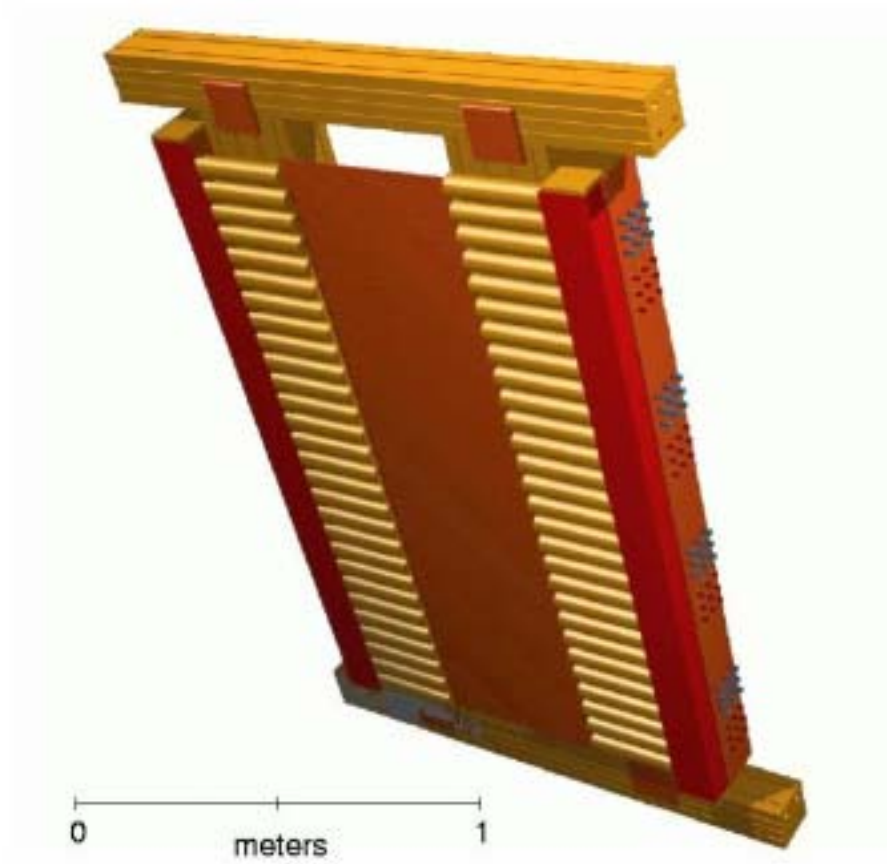
BigBite pour SRC

- Corrélations à courtes distances, **triple coincidence**, première expérience BigBite
- Besoin de **haut taux de comptage**, résolution modérée
- Pas de chambres, **plan auxiliaire** à la place



Plan auxiliaire

- Scintillateur plastique EJ204
- $350 \times 22 \times 2 \text{ mm}^3$
- 56 scintillateurs
- 1m en amont du plan de trigger



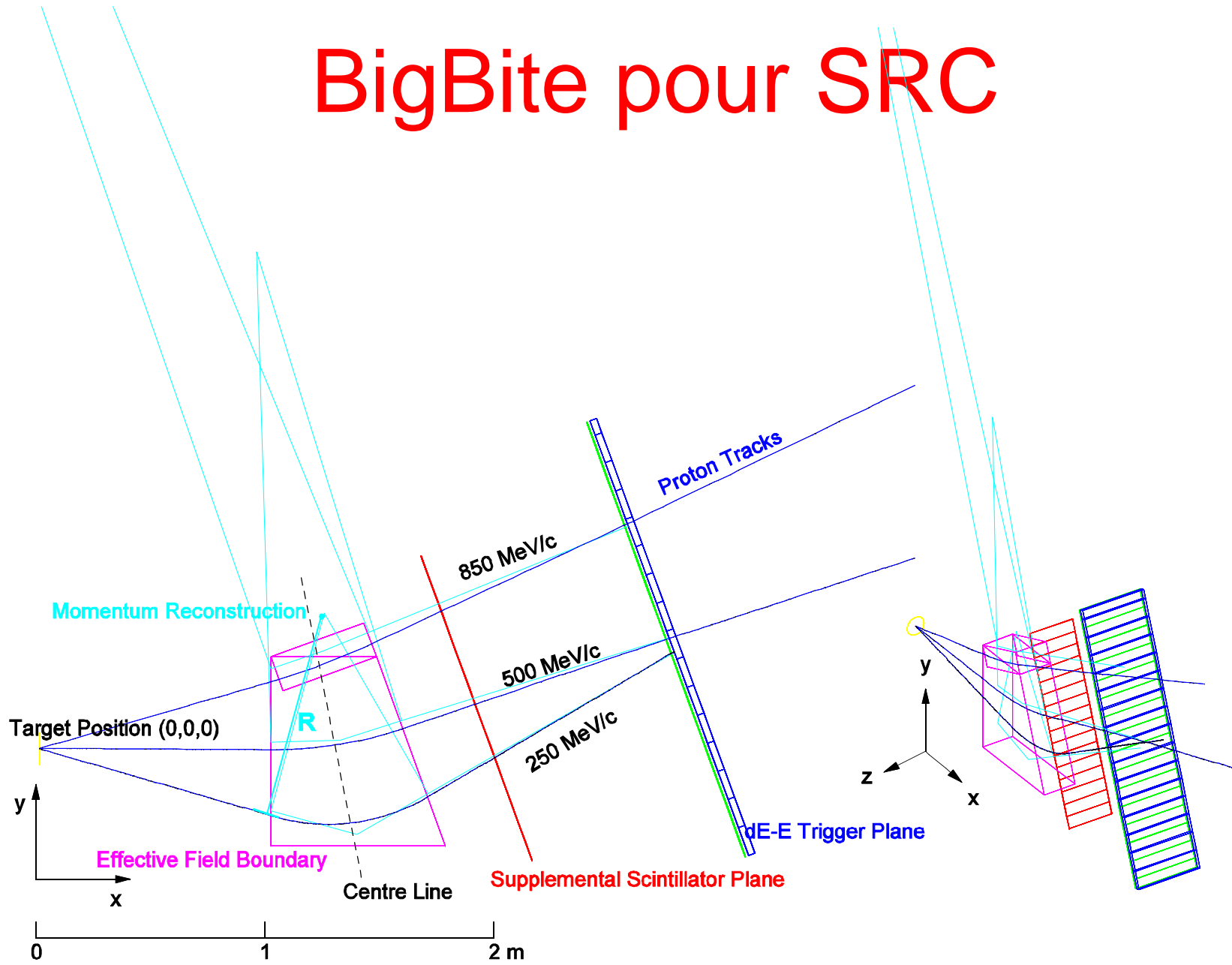
Résolution

- Un seul PM Hamamatsu-R1450
- Résolution temporelle de 600 ps

Plan auxiliaire

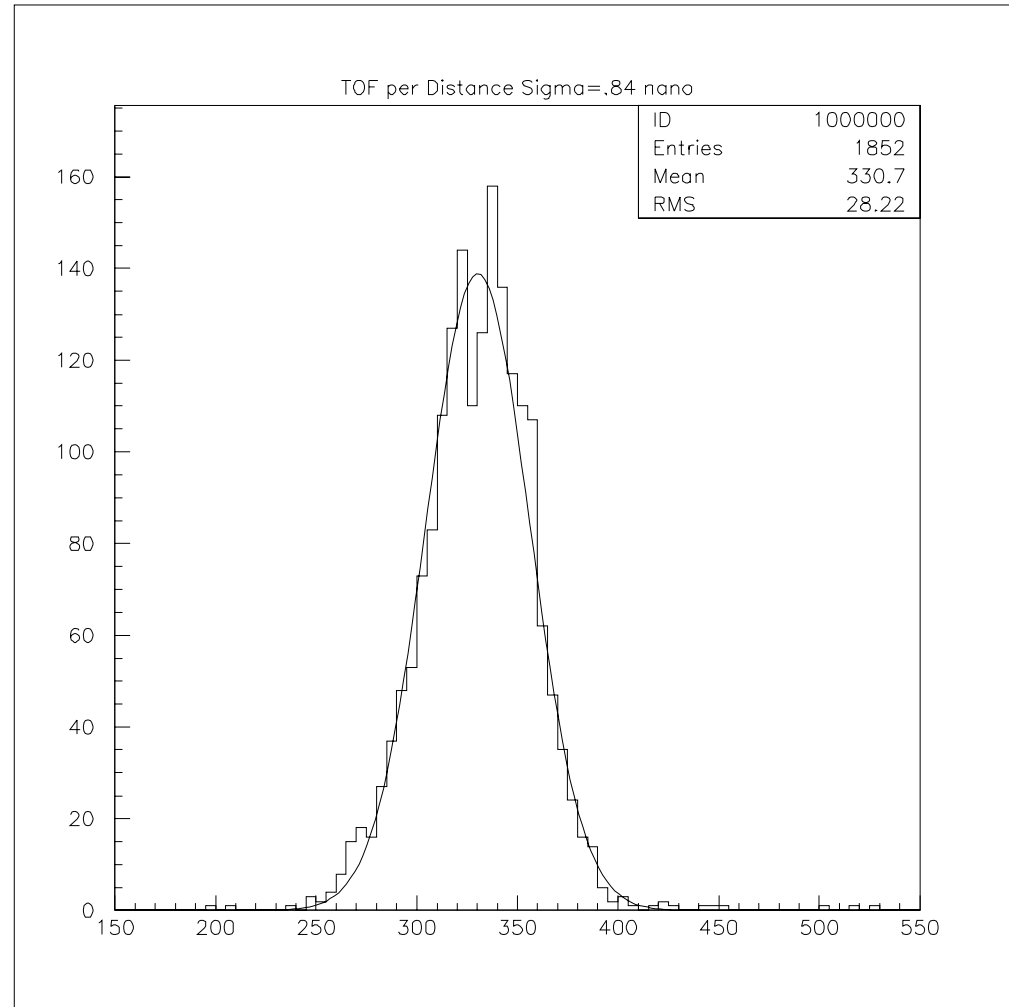


BigBite pour SRC



Impulsion

- Reconstruction de trajectoire
- Temps de vol (proton)
 - $p = 550 \text{ MeV}/c$
 - $\sigma = 0.5$
 - Résolution combinée:
840 ps
 - $\sigma = 12,5 \%$



BigBite pour SRC



Chambres à fils

- 3 chambres à dérives de 3 plans chacune, directions **u, v, x**
- Résolution sur **temps de dérive** < 10 ns
→ Taux de comptage jusqu'à **10 MHz** (incluant DT)
- Résolution **spatiale** **100-150 μm**
→ Résolution sur impulsion mieux que **1%**

Configuration pour G_{en}

- BigBite utilisé comme détecteur d'électrons
- Très fort taux de comptage
 - Autres chambres, résolution moindre
 - Calorimètre électromagnétique pour séparer électrons et pions
- En projet

Electronique

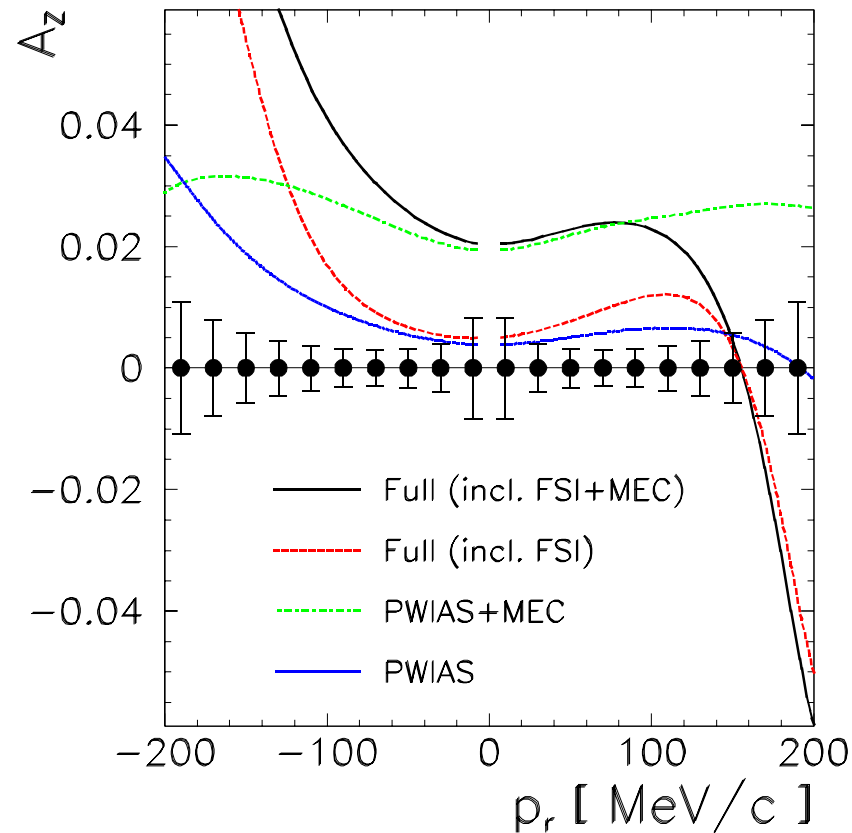
- Système d'acquisition en VME
- ADC Caen v792
 - 32 canaux
 - 12 bit pour 400 pC
 - 6 μ s de temps de conversion
- TDC Caen v775
 - 32 canaux
 - résolution programmable de 35 à 300 ps
 - 6 μ s de temps de conversion

SRC

- BigBite à 90° pour (e, e'p+p)
- Détecteur de neutrons derrière BigBite pour (e, e'p+n)
 - Mesure des rapports $(e, e'pp)/(e, e'p)$ et $(e, e'pn)/(e, e'p)$ en fonction de p_m
- Taux dans BigBite: 8 MHz
- Taux de triple coïncidence:
 - $2,2 \times 10^{-3}$ Hz (e, e'pn) et $1,25 \times 10^{-2}$ Hz (e, e'pp)

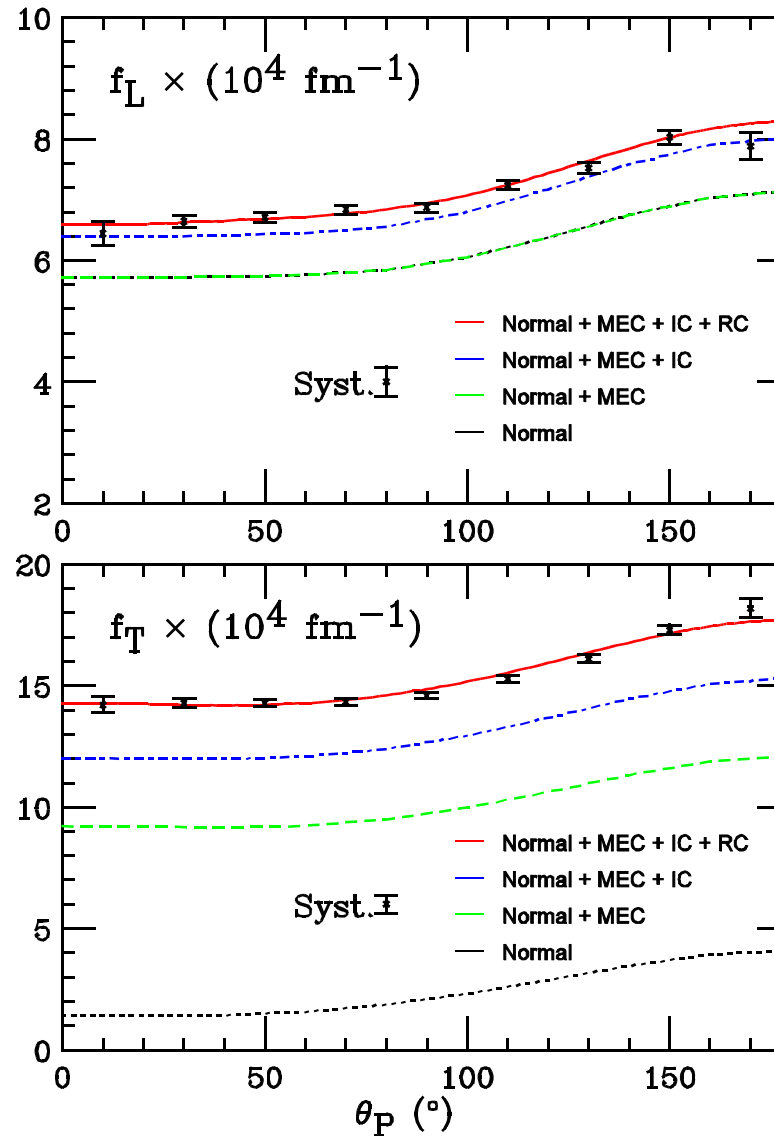
${}^3\text{He}(e,e'd)$

- Mesure des assymétries A et A_{\parallel}
- Vérification des calculs d'interactions dans l'état final \square
corrections nucléaires pour neutron
- BigBite pour d



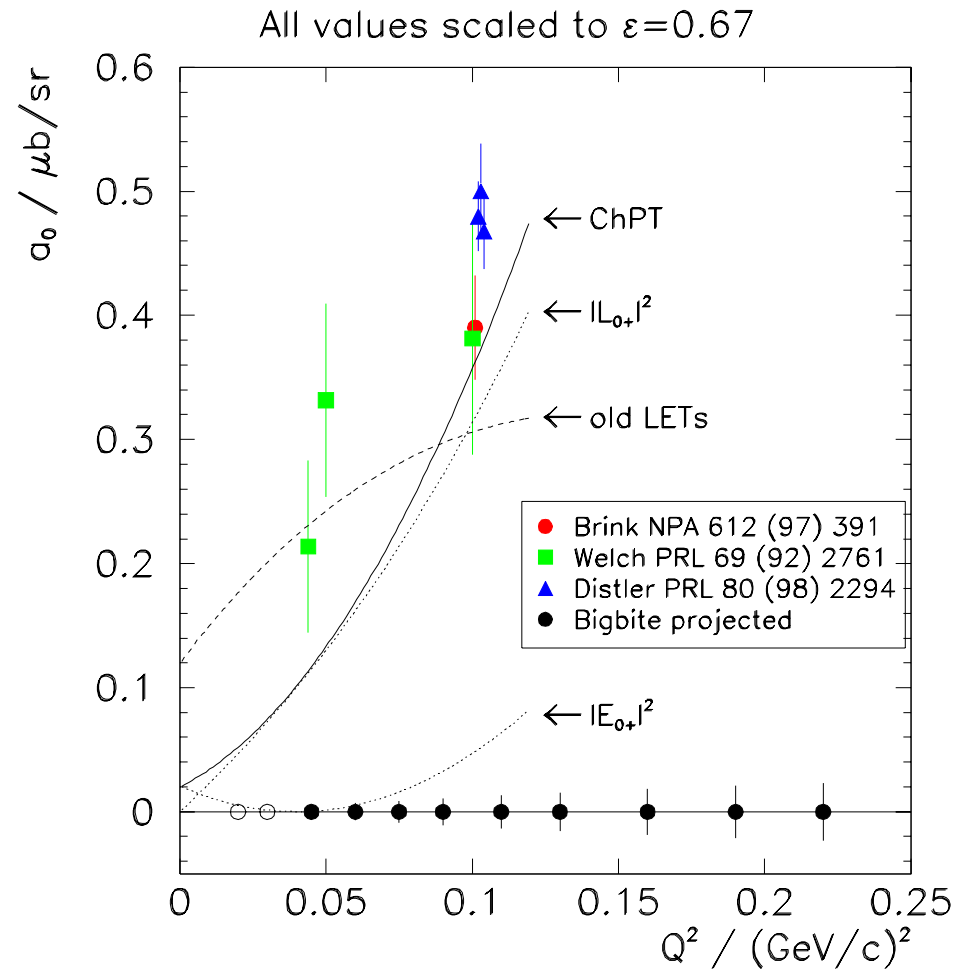
${}^2\text{H}(e,e'p)n$ au seuil

- Mesure des fonctions de structure f_{LT} , f_{TT} , et f'_{LT}
- Séparation de f_{T} et f_{L}
- Nécessité de grande acceptance
- Test des calculs d'interactions nucléon-nucléon



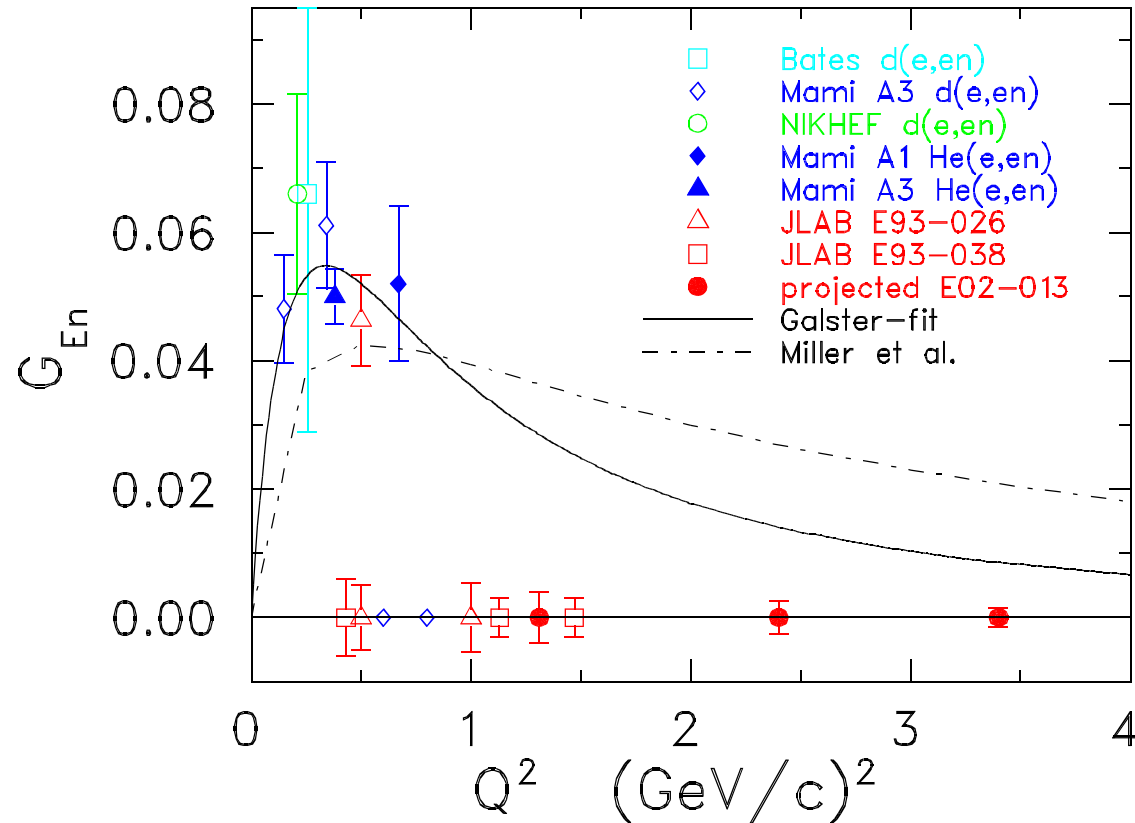
$H(e,e'p)$ 0 au seuil

- Principe des fonctions de réponses similaire à $^2H(e,e'p)n$
- Expansion de la transition en multipoles
- Test des calculs de perturbations chirales



G_{en}

- Premières mesures à grand Q^2
- Pas de HRS
- Grande acceptance pour neutrons et électrons



Conclusion

- Troisième spectromètre pour le Hall A
- Complément aux HRS par sa grande acceptance
- Permet
 - Des mesures complètes de $(e, e'p)$
 - Des mesures en triple coincidence
 - Détection d'électrons avec grand angle solide

Conclusion

- Intérêt considérable dans la communauté
- Plusieurs propositions d'expériences avec BigBite chaque année
- Production en 2004
- Premiers résultats en 2005 !