L'expérience COMPASS au CERN
Mesure de la polarisation des gluons

- Le spin du nucléon
- La mesure de ΔG, contribution du spin des gluons
- Chambres à dérive et détecteurs Micromégas dans COMPASS
- Perspectives pour 2002

Hugo Pereira Da Costa

Saclay - 25/01/0

La structure du nucléon

Quarks QCD :

$$\boxed{\text{N (p,n)} = \text{q}+\overline{\text{q}}+\text{g}}$$

avec q = u, d, s

- Contribution des quarks, des gluons, à l'impulsion ?
- Contribution des quarks, des gluons, au spin ?

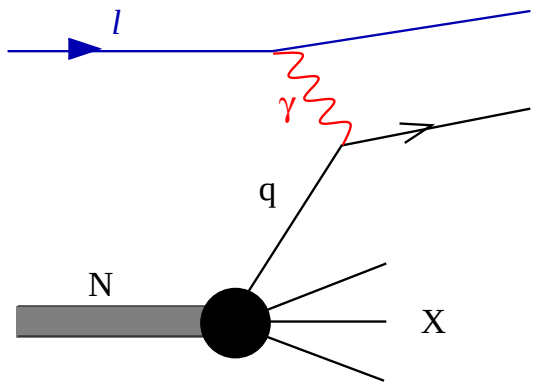
Règle de somme du moment angulaire :

$$\boxed{\frac{1}{2} = \frac{1}{2}\Delta\Sigma + \Delta G + L_z}$$

- $\Delta\Sigma = n_q^{\uparrow} - n_q^{\downarrow}$ contribution du spin des quarks
- $\Delta G = n_g^{\uparrow} - n_g^{\downarrow}$ contribution du spin des gluons
- L_z moment orbital

ΔG & fonctions de structure

Sonde du nucléon: Diffusion profondément inélastique



Fonctions de structure

- non polarisées F_1 et F_2 $\leftarrow$ impulsion
- polarisées g_1 et g_2 $\leftarrow$ spin

mesure de $\int g_1(x)dx$

$$\Downarrow$$

$$a_0 = \Delta\Sigma - 3\frac{\alpha_s(Q^2)}{2\pi}\Delta G(Q^2)$$

Valeur théo. Ellis-Jaffe

$a_0 = \Delta\Sigma = 0.675 \pm 0.024$

(hyp. $\Delta s = 0$, ΔG négligeable)

Valeur exp. SLAC-CERN-DESY

$a_0 = 0.19 \pm 0.05 \pm 0.04$

Motivations de la mesure de ΔG

La mesure de ΔG est nécessaire

- en tant que contribution directe au spin du nucléon;
- pour compléter la mesure de $\Delta\Sigma$ via a_0;
- comme explication à la violation de la règle de somme d'Ellis-Jaffe

Mesure de ΔG

Mesure indirecte:

- Analyse QCD de $g_1(x, Q^2)$ (équations DGLAP)

Mesure *directe*:

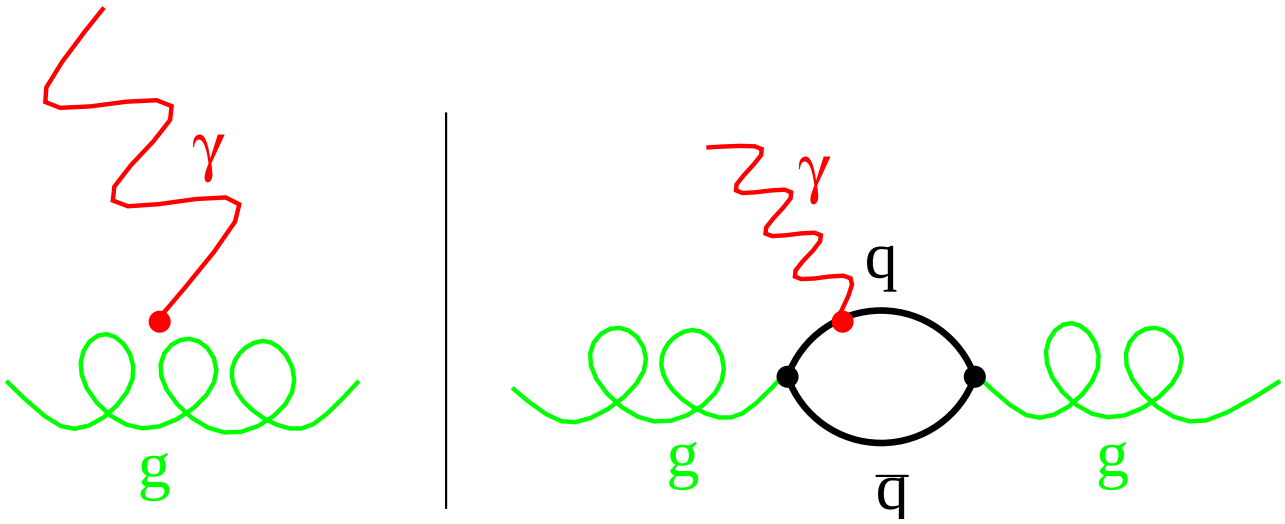
- Diffusion lp

  charme ouvert

  hadrons à grand P_T (impulsion transverse)

- Diffusion pp

Equation DGLAP
(Dokshitzer, Gribov, Lipatov, Altarelli, Parisi)

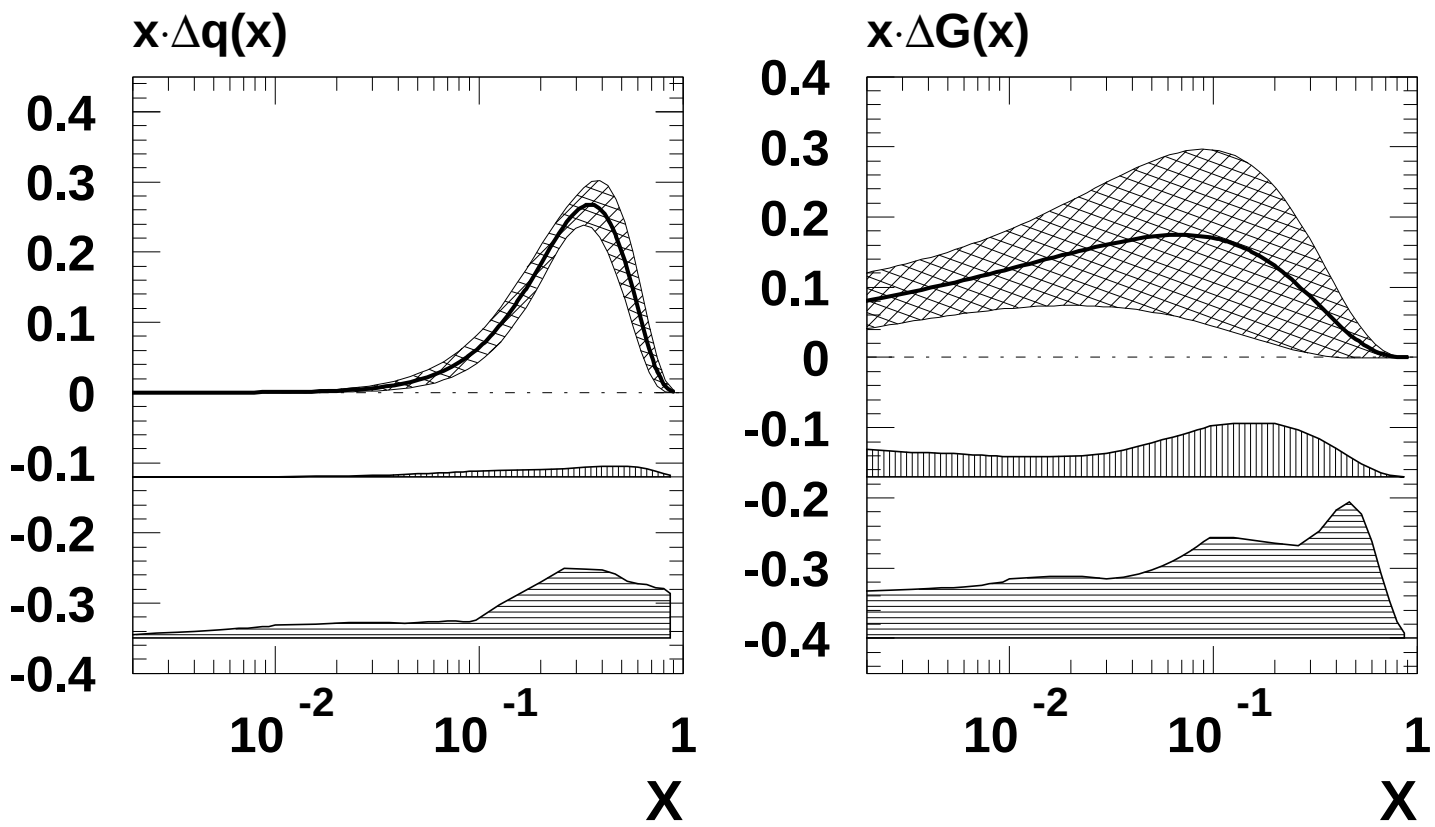


$$\boxed{\frac{\partial \Delta q(x,Q^2)}{\partial ln(Q^2)} \longrightarrow \Delta G(x,Q^2)}$$

avec $\Delta\Sigma = \int_0^1 \Delta q(x,Q^2)dx$
et $\Delta G(Q^2) = \int_0^1 \Delta G(x,Q^2)dx$

$$\boxed{\frac{\partial}{\partial lnQ^2}\begin{pmatrix}\Delta q(x)\\ \Delta G(x)\end{pmatrix} = \frac{\alpha_s}{2\pi}\begin{pmatrix}P_{qq} & n_f.p_{qg}\\ P_{gq} & P_{gg}\end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix}\Delta q(x)\\ \Delta G(x)\end{pmatrix}}$$

analyse QCD de $g_1(x, Q^2)$



erreur statistiqu

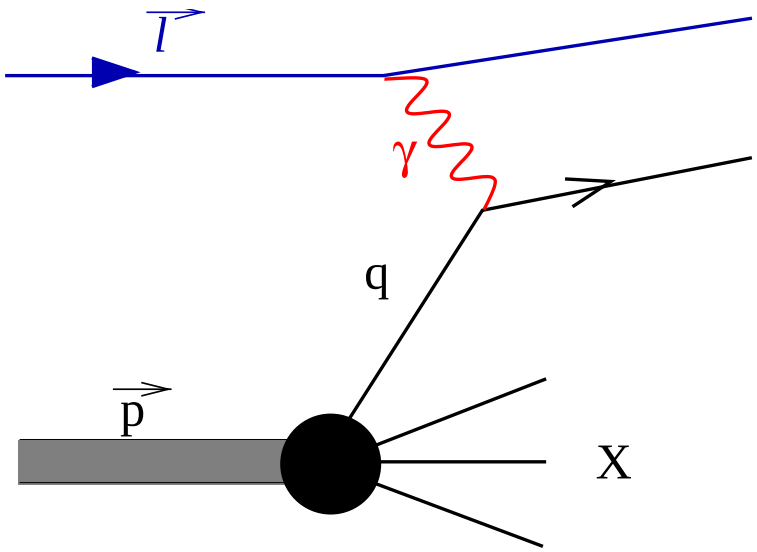
systematique

théorique

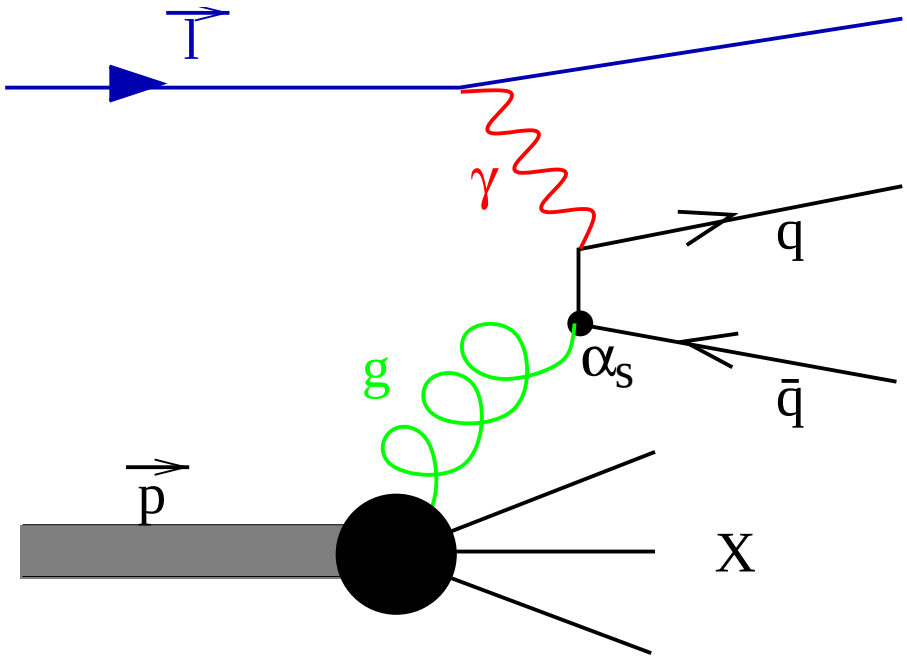
$$\Delta G = 0.99\ ^{+1.17}_{-0.31}(stat)\ ^{+0.42}_{-0.22}(syst)\ ^{+1.43}_{-0.45}(th)\ (Q^2 = 1\ \mathrm{GeV}^2)$$

Diffusion lp (ou γp) polarisée

Diffusion polarisée sur un quark $\Rightarrow \Delta\Sigma$

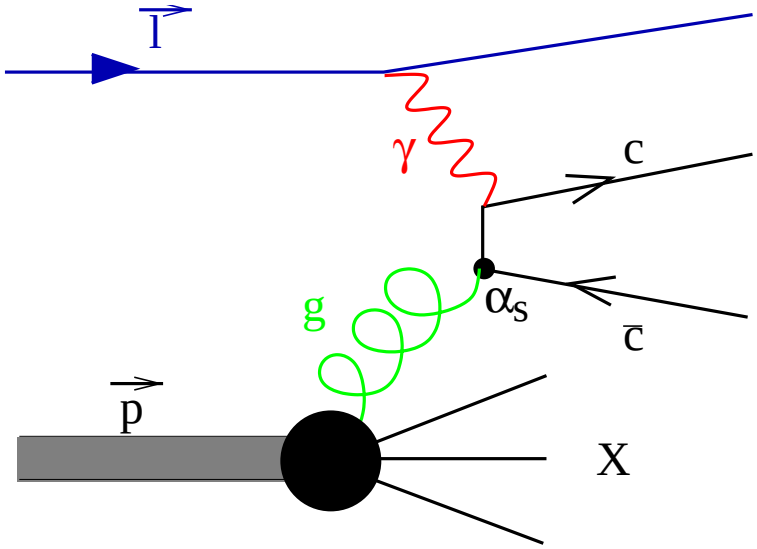


Diffusion polarisée sur un gluon (fusion photon-gluon) $\Rightarrow \Delta G$



Asymétrie de spin $\quad A^{ll}_{\gamma p} = \dfrac{\sigma^{\downarrow\uparrow} - \sigma^{\uparrow\uparrow}}{\sigma^{\downarrow\uparrow} + \sigma^{\uparrow\uparrow}}$

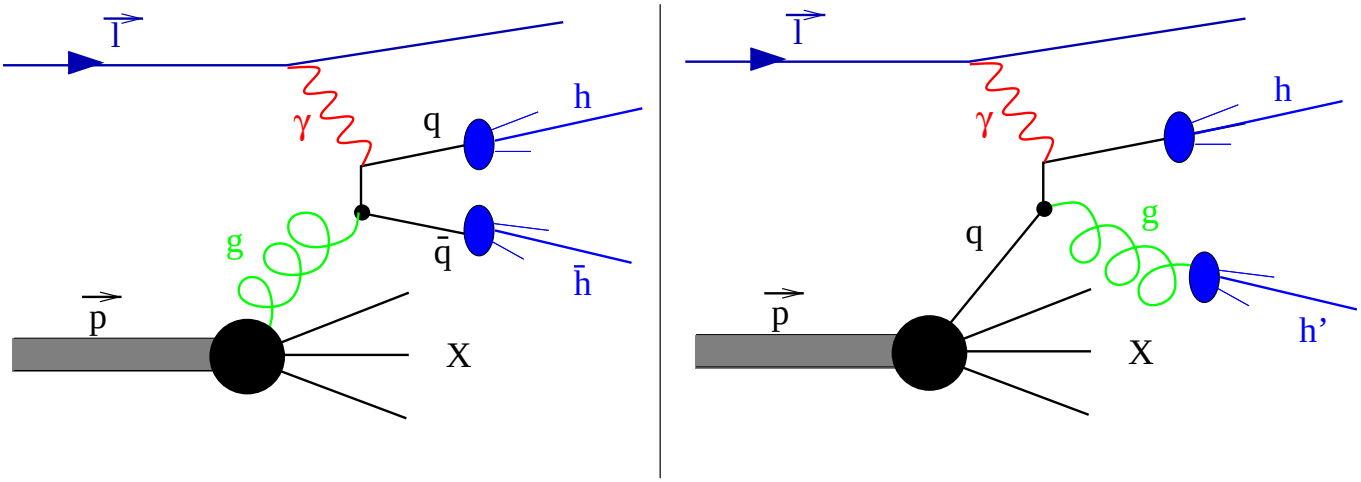
Fusion photon-gluon
production de charme ouvert



<u>Etat final</u>: détection d'un hadron *charmé*

$$A^{ll}_{\gamma p} = \left\langle \frac{\Delta G}{G}(x_g) a^{ll}_{\gamma g \to c\bar{c}} \right\rangle$$

Fusion photon-gluon
Hadrons à grand P_T

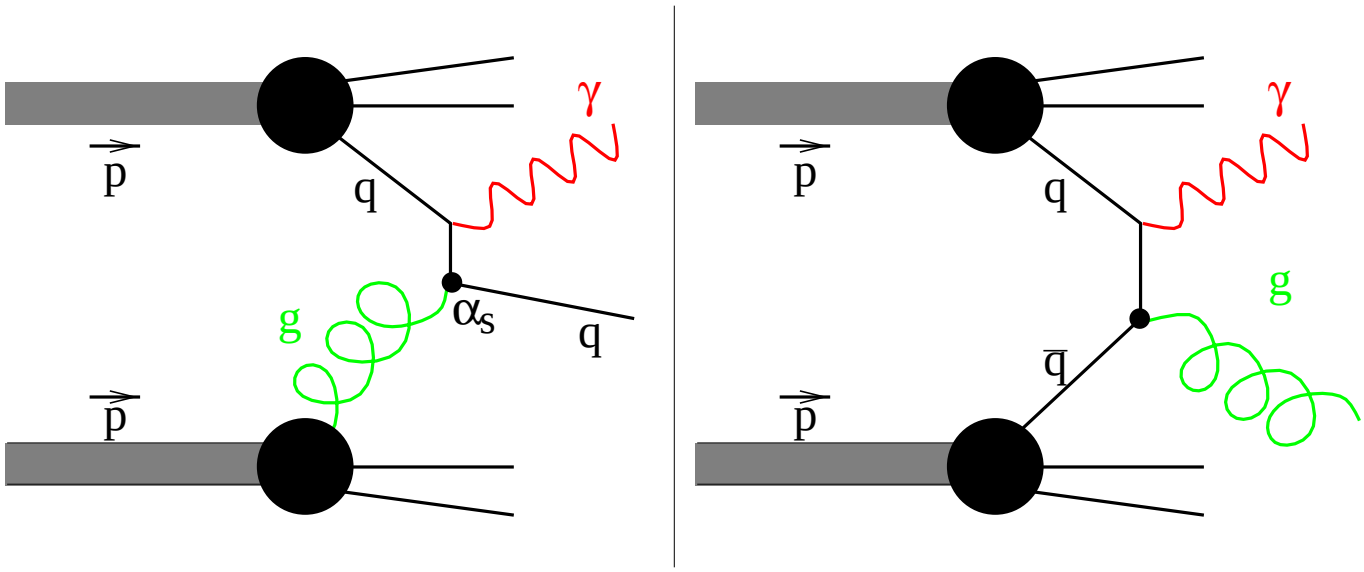


ΔG Δq

<u>Etat final</u>: détection de deux hadrons à grand P_T

$$A^{ll}_{\gamma p} = \left\langle \frac{\Delta G}{G}(x_g) a^{ll}_{\gamma g \to q\overline{q}} \right\rangle + \left\langle \frac{\Delta q}{q}(x_q) a^{ll}_{\gamma q \to qg} \right\rangle$$

Diffusion pp (RHIC)

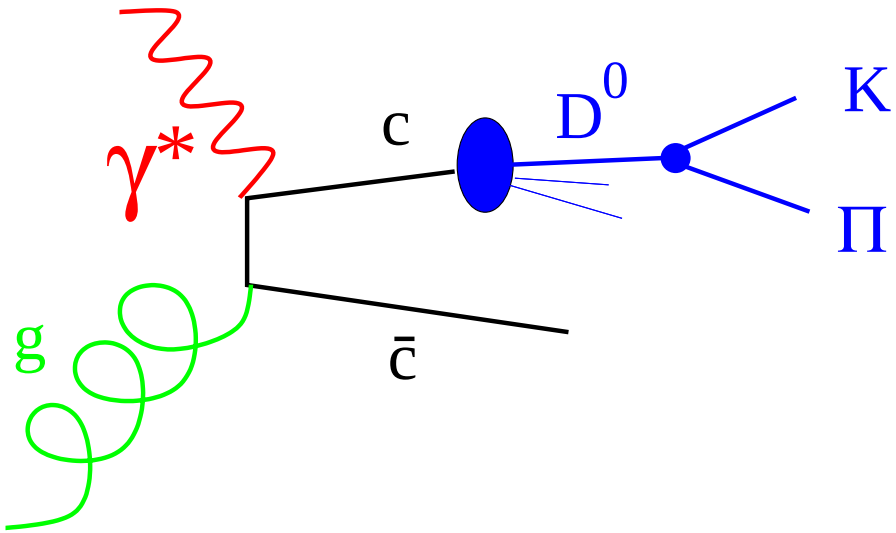


$\Delta G \otimes \Delta q$ $\qquad$ $\Delta q \otimes \Delta \overline{q}$

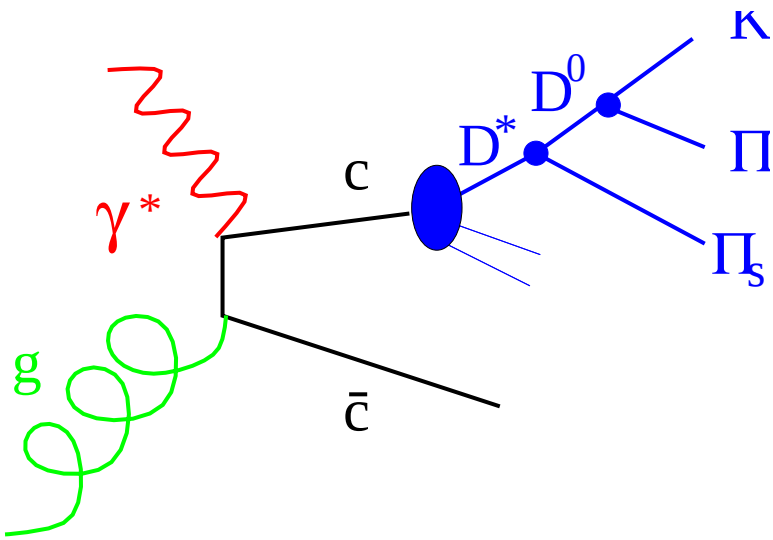
<u>Etat final</u>: détection du γ et du *jet*

$$\boxed{\begin{aligned} A_{pp}^{ll} &= \left\langle \frac{\Delta q}{q}(x_q) \otimes \frac{\Delta G}{G}(x_g) a_{qg\to\gamma q}^{ll} \right\rangle \\ &+ \left\langle \frac{\Delta q}{q}(x_q) \otimes \frac{\Delta \overline{q}}{\overline{q}}(x_{\overline{q}}) a_{q\overline{q}\to\gamma g}^{ll} \right\rangle \end{aligned}}$$

Production de D^0



Production de D^*



Mesure de ΔG dans COMPASS (II)

Asymétrie expérimentale

$$A_{\text{exp}} = \frac{N^{\uparrow\downarrow} - N^{\uparrow\uparrow}}{N^{\uparrow\downarrow} + N^{\uparrow\uparrow}} = \frac{P_b P_t f}{1 + B/S} D A^{ll}_{\gamma p}$$

avec

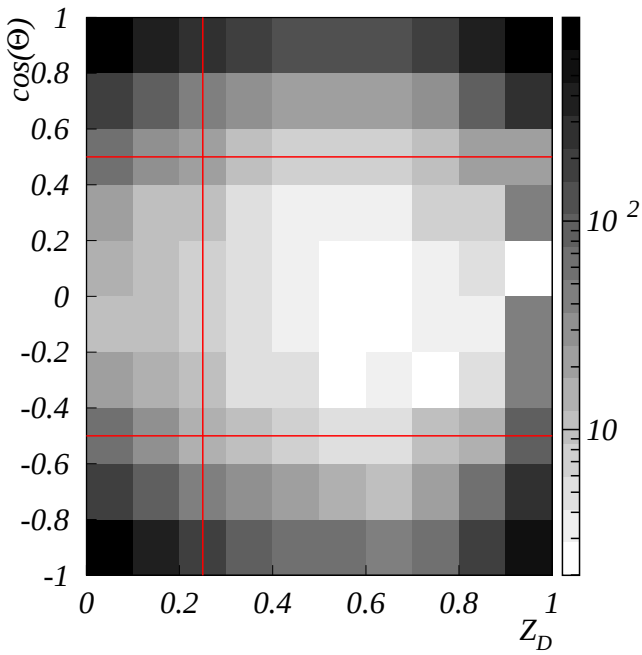
$$A^{ll}_{\gamma p} = \left\langle \frac{\Delta G}{G}(x_g) \times a^{ll}_{\gamma^* g \to c\bar{c}} \right\rangle$$

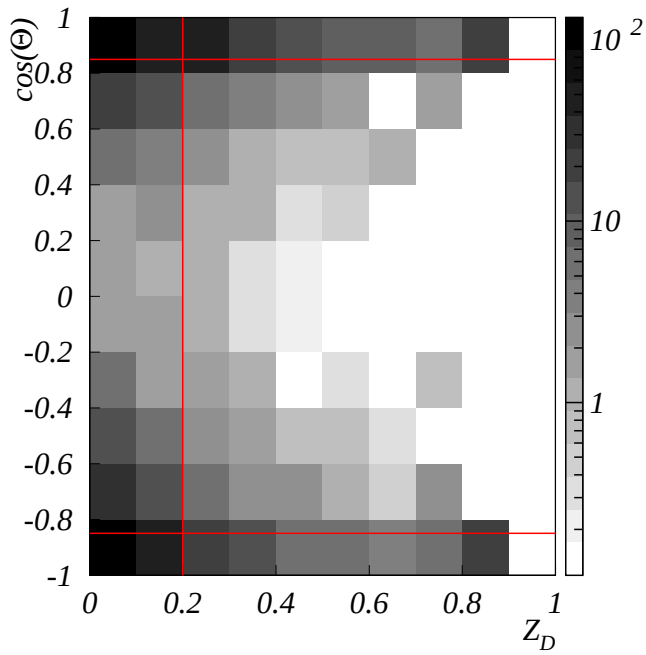
- P_b: polarisation du faisceau
- P_t: polarisation de la cible
- f: facteur de dilution
- D: facteur de dépolarisation
- B/S: rapport Bruit/Signal

Erreur statistique sur $\Delta G/G$

$$\delta\left(\frac{\Delta G}{G}\right) = \frac{1}{P_b P_t f} \frac{1}{D \left\langle a^{ll}_{\gamma^* g \to c\bar{c}} \right\rangle} \frac{1}{\sqrt{S}} \sqrt{1 + \frac{B}{S}}$$

Rapport signal/bruit





B/S ($D^0 \to K\pi$) B/S ($D^* \to K\pi\pi_s$)

avec:

- θ^*_K: Angle d'émission du K:
- z_D: Energie du D^0/énergie du γ

Coupures cinématiques

$D^0 \to K\pi$	$D^* \to K\pi\pi_s$
$\lvert\cos\theta^*_K\rvert < 0.5$ $z_D > 0.25$	$\lvert\cos\theta^*_K\rvert < 0.85$ $z_D > 0.2$

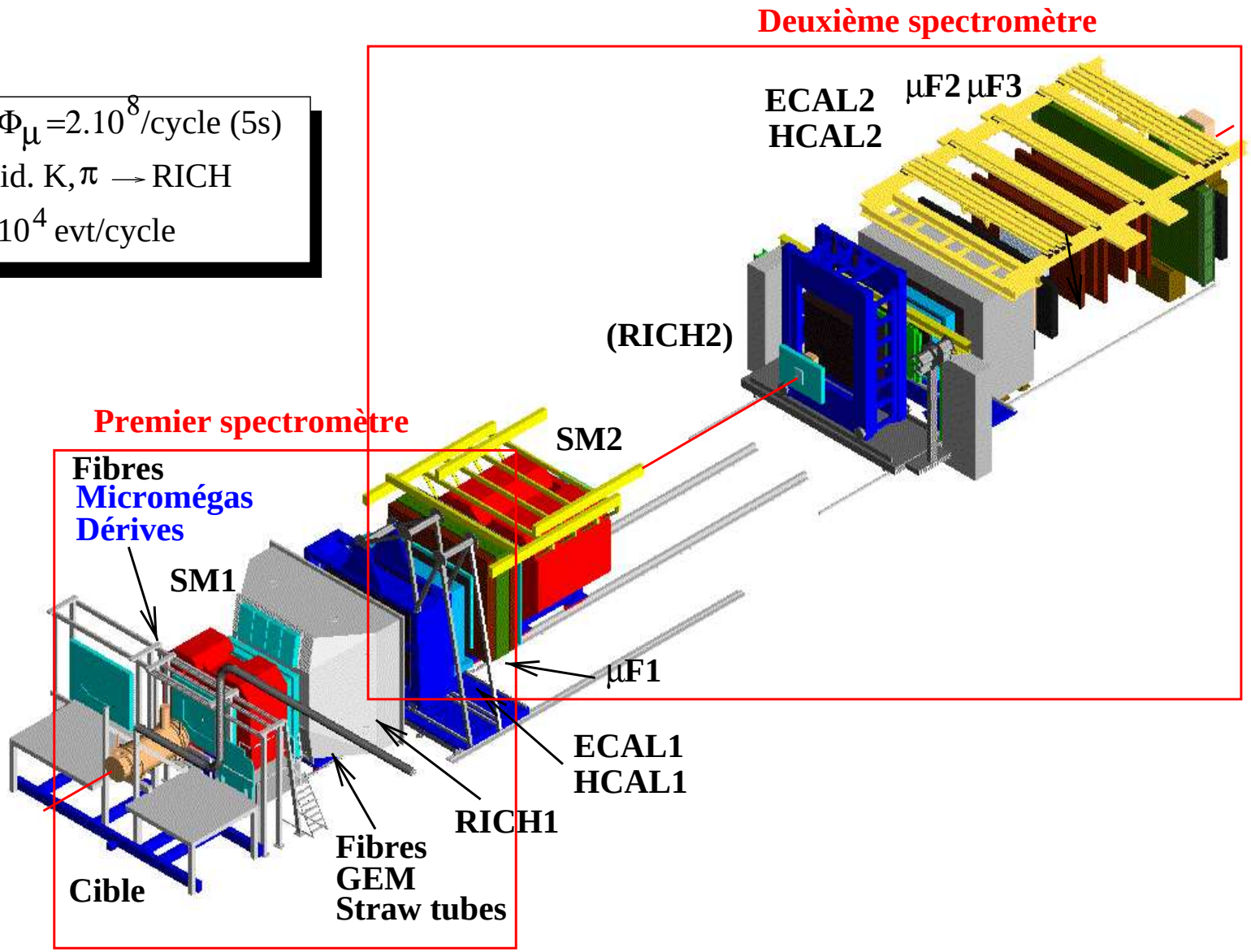
- Le spectromètre de COMPASS
- Caractéristiques et performances des **chambres à dérives**
- Caractéristiques et performances des **détecteurs Micromégas**

Le spectromètre de COMPASS

$\Phi_\mu = 2.10^8$/cycle (5s)

id. K, $\pi \longrightarrow$ RICH

10^4 evt/cycle



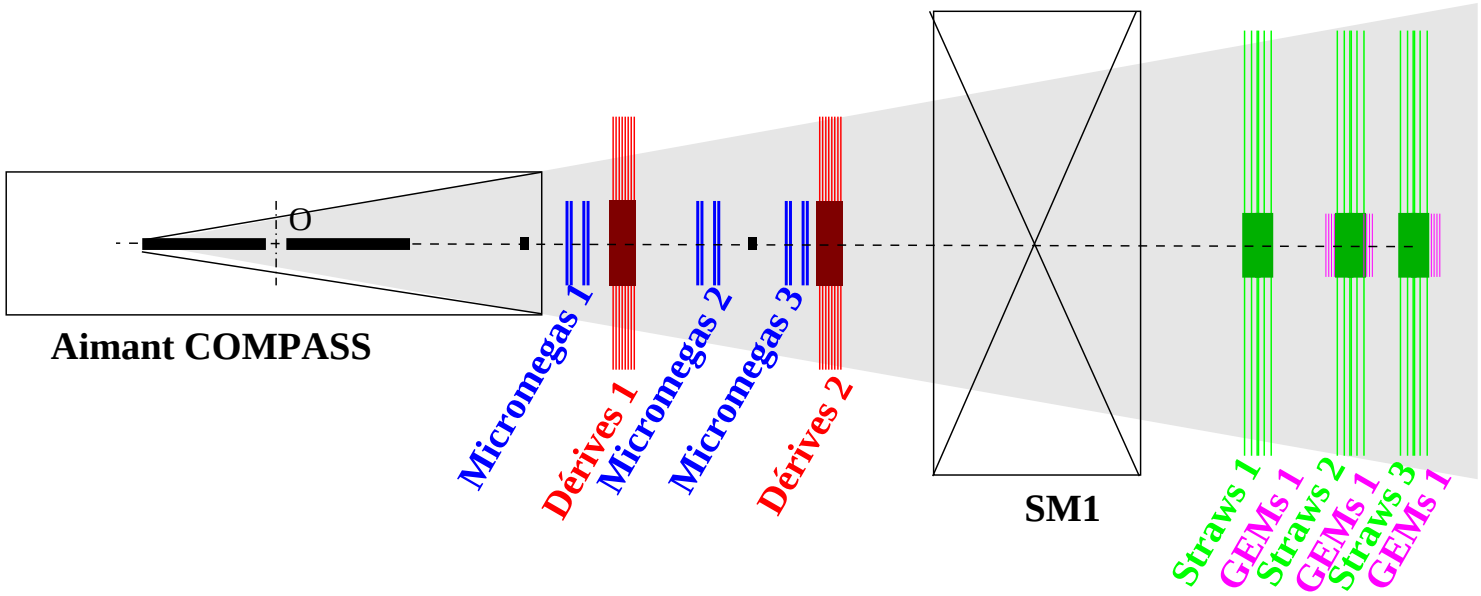
Environnement

- Acceptance 1200×1200 mm^2
- $\Phi_{\text{tot}} \sim 150$ MHz (faisceau + interactions)
- Champ magnétique de fuite de SM1 et du solénoïde de la cible (jusqu'à 0.3 T)

Contraintes

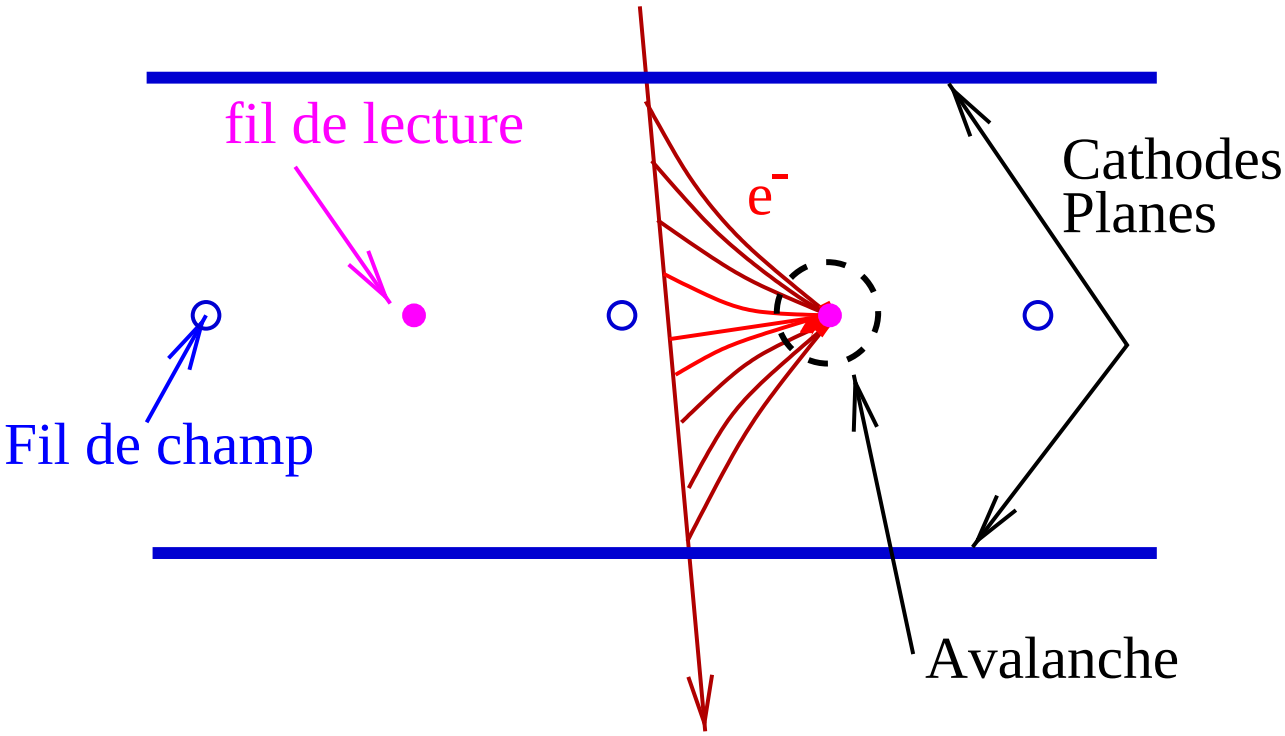
- Efficacité ~ 100 %
- Résolution < 100 μm sur la coordonnée x
- Quantité de matière dans l'acceptance la plus faible possible

Le premier spectromètre



	Sci-Fi	Micromégas	chambres à dérive
flux max (Hz/cm^2)	5.10^7	3.10^5	10^4
flux max (Hz/voie)		2.10^5	3.10^5
pas	400 μm	360 μm	7 mm
nombre de canaux		$\sim$ 14000	$\sim$ 3000
Zone morte		$\phi = 5$ cm	$\phi = 40$ cm

Fonctionnement d'une chambre à dérive



mesure du temps de dérive des *premiers* électrons

$\Downarrow$

distance de la trajectoire au fil

Caractéristiques des chambres à dérive

Nombre de chambres

2×8 chambres $\rightarrow$ 3×8 chambres

Configuration d'une station de chambres à dérive

	XX'	YY'	UU'	VV'
Inclinaison des Fils	H	V	$+20^o$	-20°

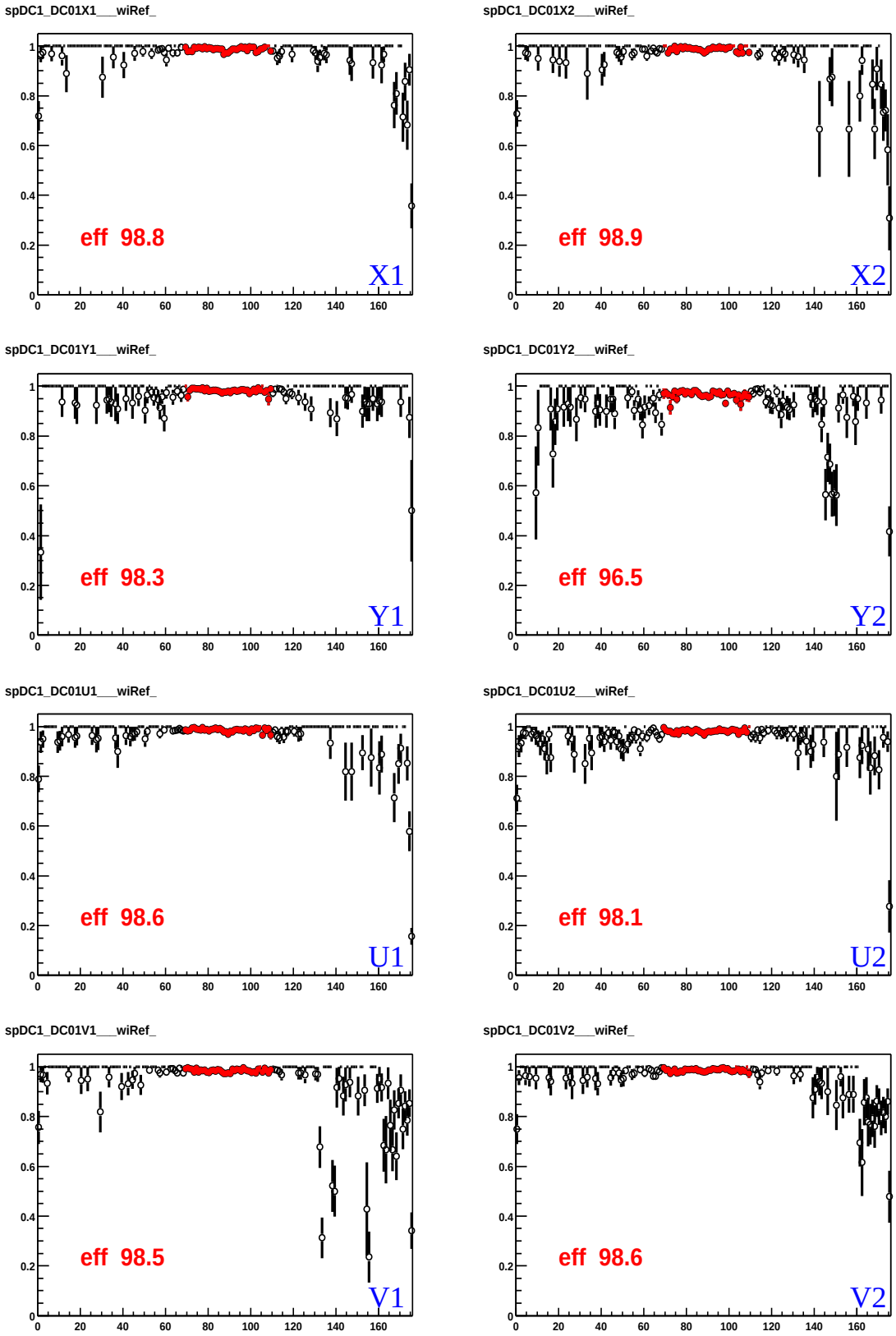
Géométrie

Longueur des fils	1.2 m
Cellule de dérive	7×8 mm^2

Point de fonctionnement

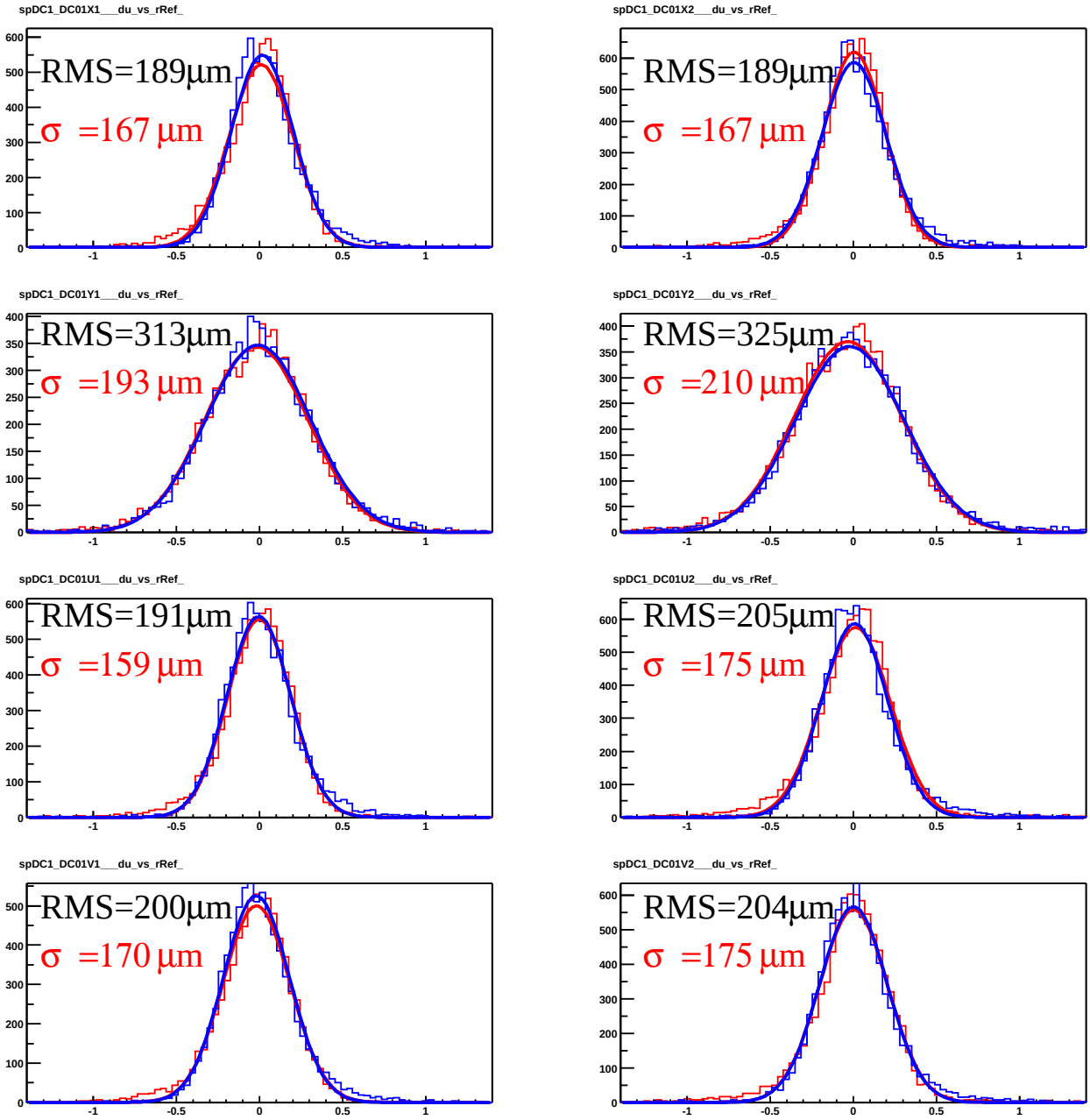
mélange gazeux	$Ar/C_2H_6/CF_4$ 45/45/10
électronique frontale	ASD8 + TDC F1
Gain	$G \simeq 20000$
Seuil	25000 e$^-$

Efficacité de détection chambres à dérive



Cercles noirs: pas de statistique

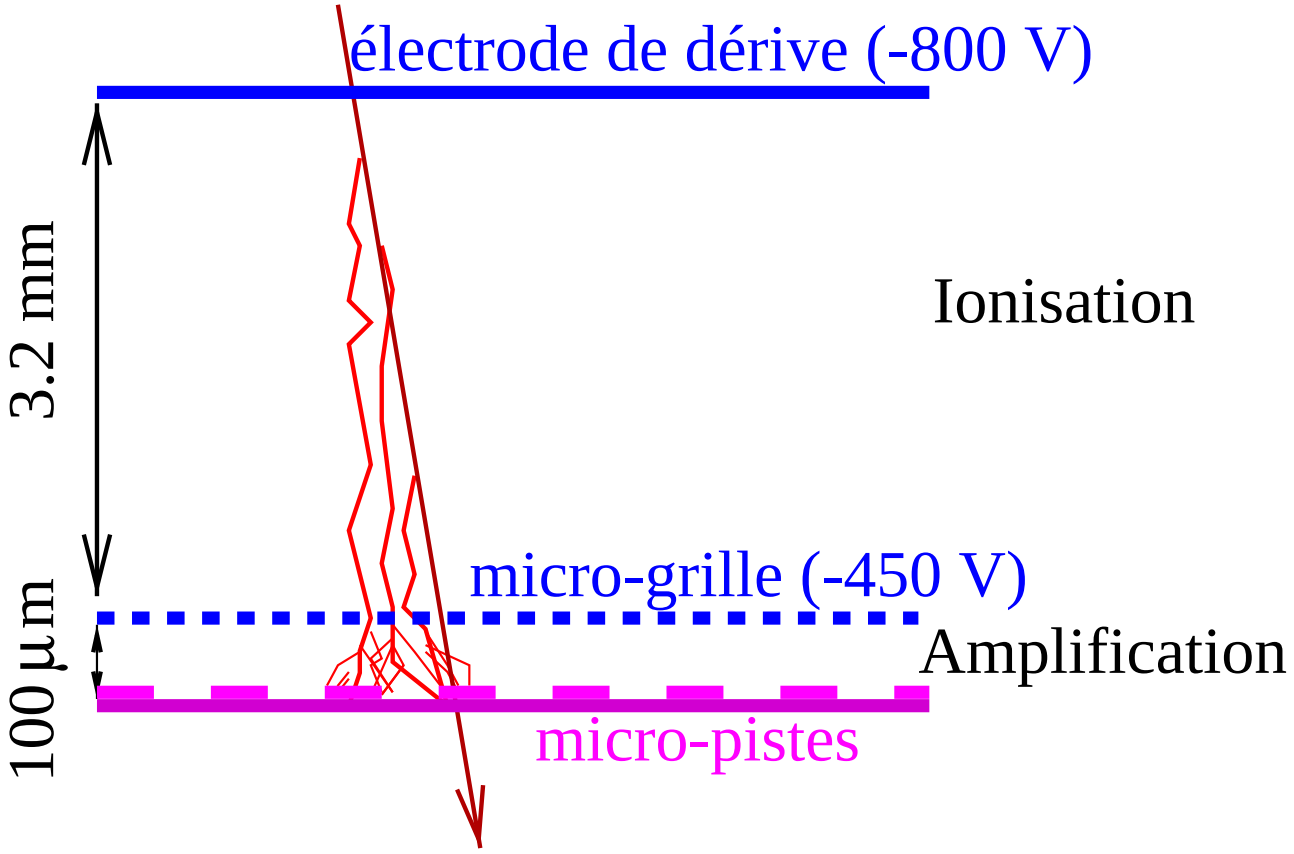
Résolution spatiale
chambres à dérive



Résolutions sur toute la station

résolutions spatiales	résolutions angulaires
$\sigma_x = 73\ \mu\mathrm{m}$	$\sigma_{\theta x} = 4.0$ mrad
$\sigma_y = 126\ \mu\mathrm{m}$	$\sigma_{\theta y} = 5.1$ mrad

Fonctionnement d'une chambre Micromégas



mesure des temps de début <u>et</u> fin de signal

$\Downarrow$

amplitude du signal/piste + temps moyen

$\Downarrow$

résolution spatiale et temporelle

Caractéristiques des chambres Micromégas

Nombre de chambres

3×4 chambres

Configuration d'une station de chambres Micromégas

	X	Y	U	V
Inclinaison des pistes	H	V	$+45^o$	-45°

Géométrie

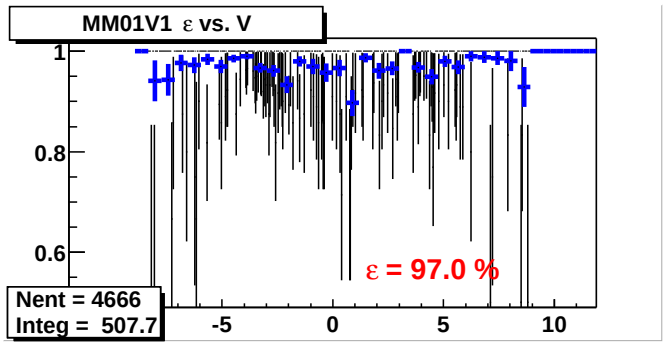
Longueur des pistes	40 cm
Pas	360 μm / 420 μm

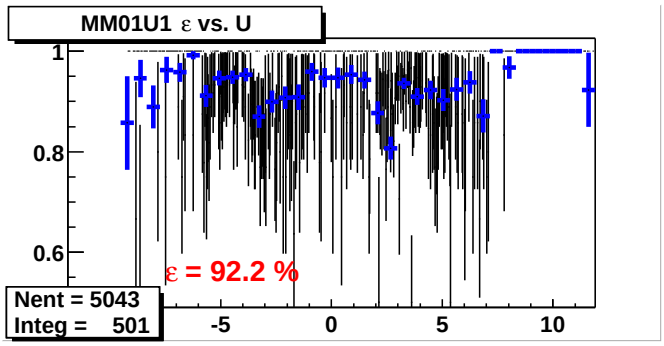
Point de fonctionnement

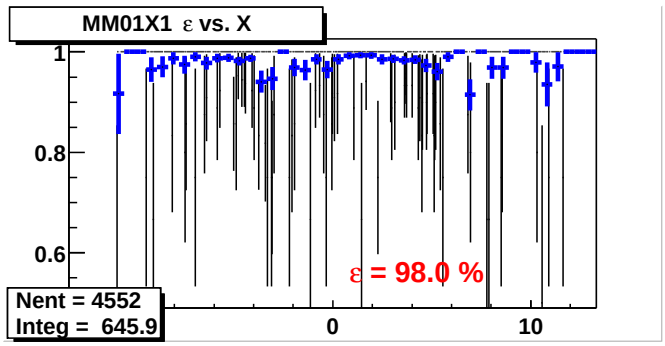
mélange gazeux	$Ne/C_2H_6/CF_4$ 79/11/10
électronique frontale	SFE16 + TDC F1
Gain	$G \simeq 4000$
Seuil	4000 e^-

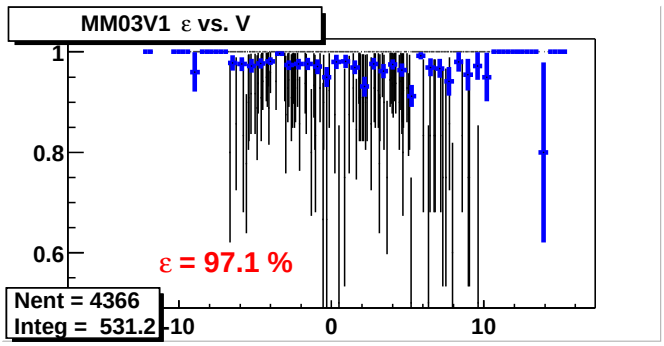
Efficacité de détection chambres Micromégas

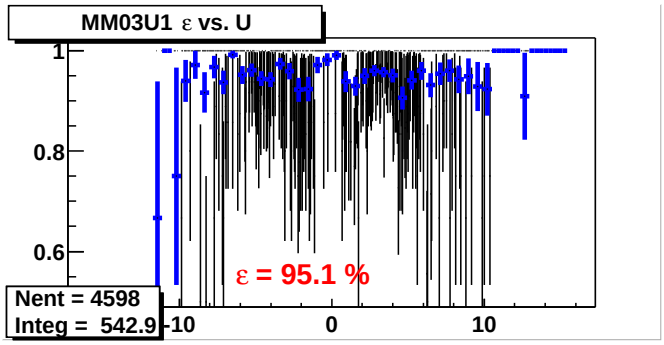
RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

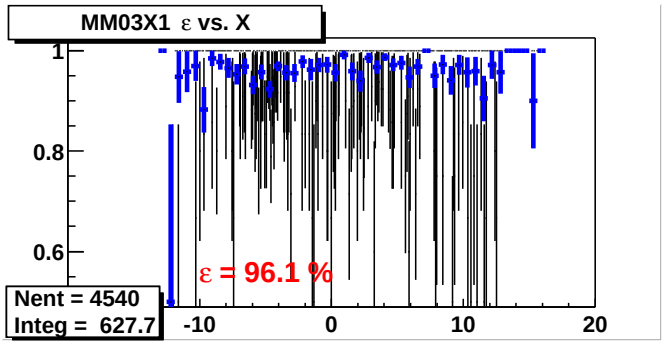






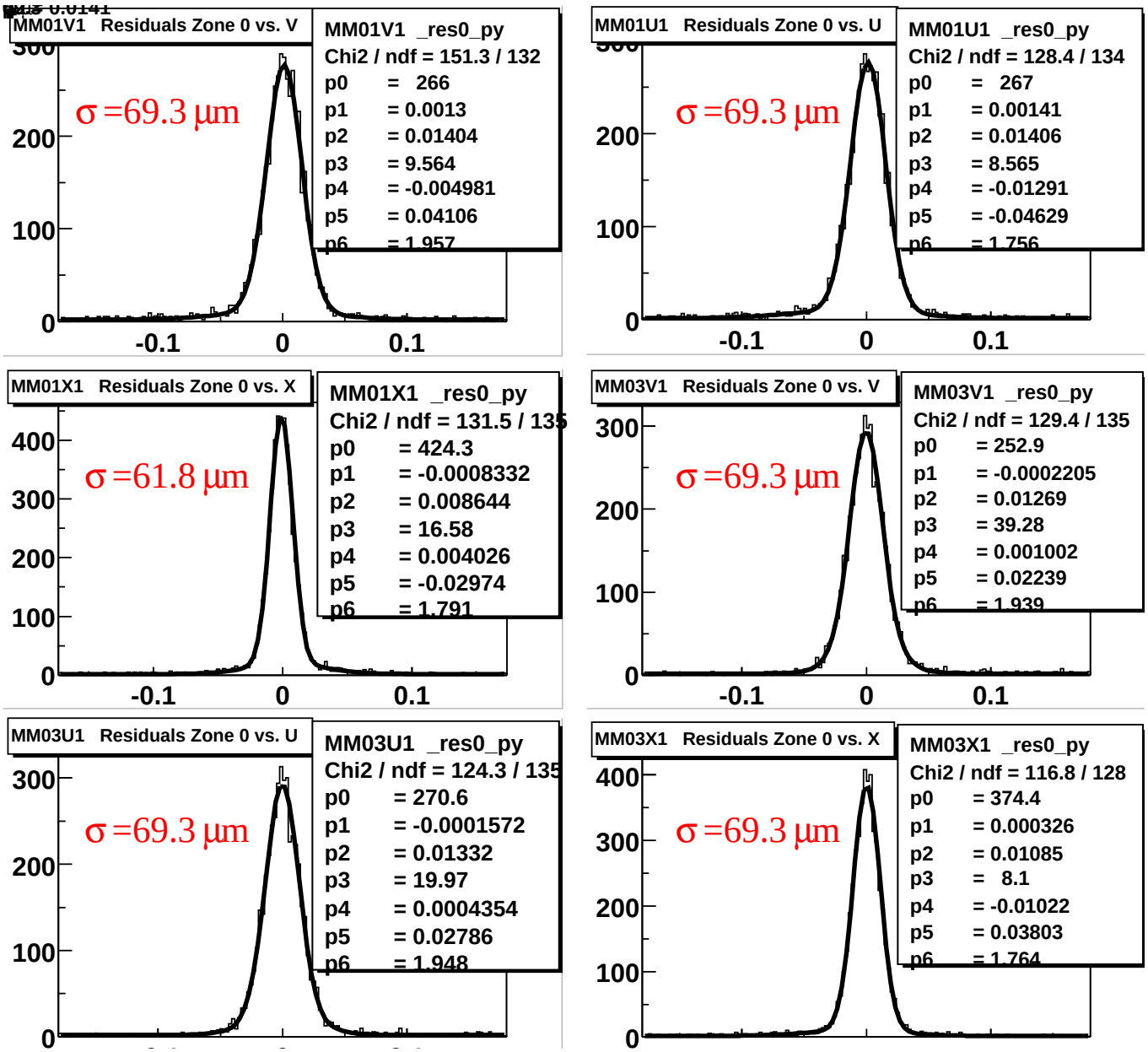






Résolution spatiale chambres Micromégas

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES



Perspectives

- Le dispositif expérimental en 2002
- conséquence sur l'acceptance

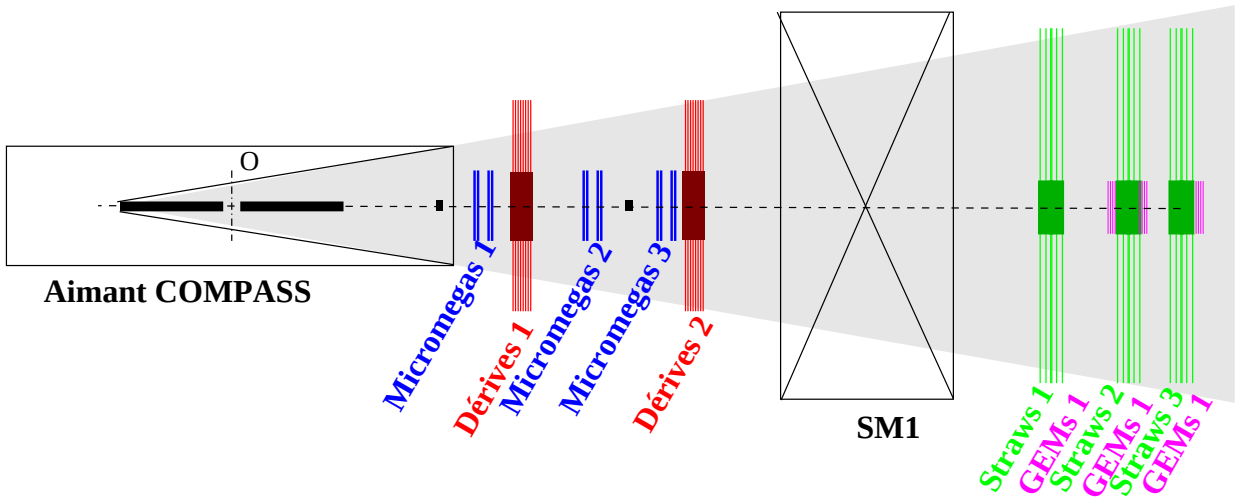
  rapports d'acceptance bruts

  pondération des événements

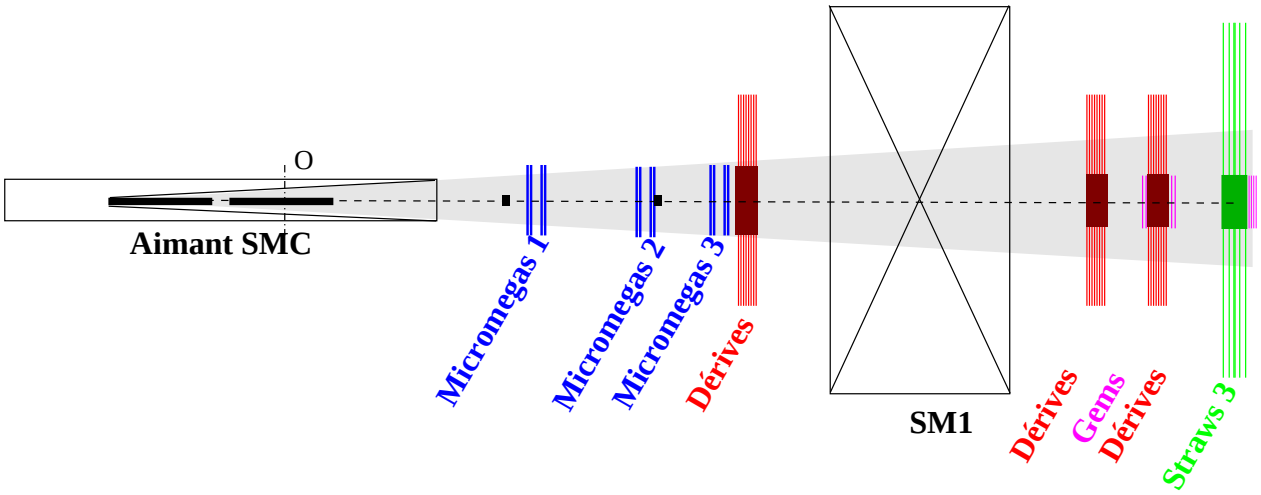
  erreur statistique sur $\Delta G/G$

Modifications du premier spectromètre

Dispositif nominal



Dispositif 2002



Rapports d'acceptance *bruts*

$$\alpha = \frac{\left(N^{\uparrow\downarrow} + N^{\uparrow\uparrow}\right)}{\left(N^{\uparrow\downarrow} + N^{\uparrow\uparrow}\right)_{\text{ref}}}$$

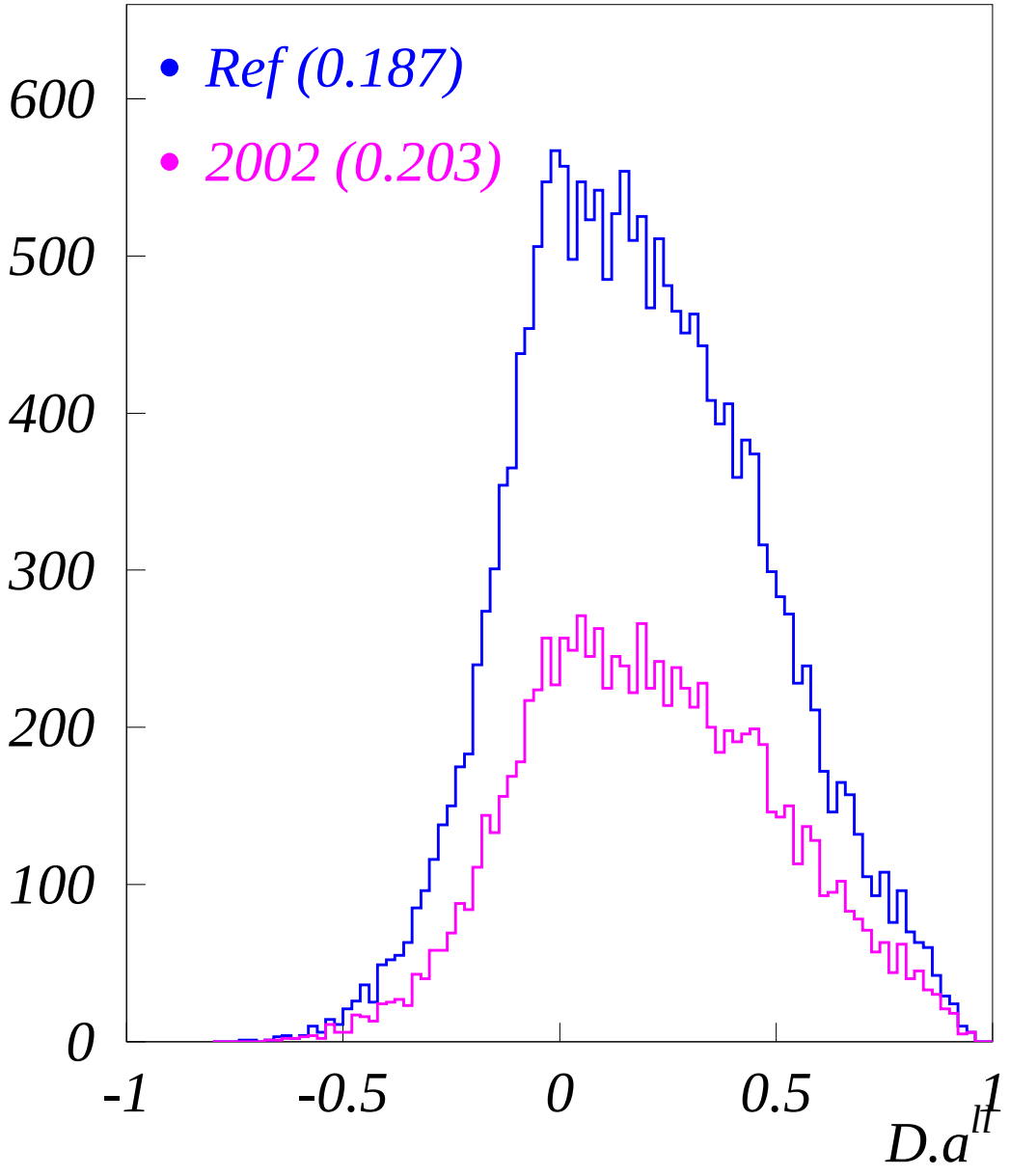
	$\alpha_{2002/\text{ref}}$	
	$D^0 \to K\pi$	$D^* \to K\pi\pi_s$
100 GeV	37 %	28 %
160 GeV	73 %	56 %
190 GeV	84 %	66 %

Pondération des événements [I]

Asymétrie

$$A_{\exp} = \frac{N^{\uparrow\downarrow} - N^{\uparrow\uparrow}}{N^{\uparrow\downarrow} + N^{\uparrow\uparrow}} = \frac{D P_b P_t f}{1 + B/S} \left\langle \frac{\Delta G}{G}(x_g) \times a^{ll}_{\gamma^* g \to c\bar{c}} \right\rangle$$

Distribution de $D.a^{ll}_{\gamma^* g \to c\bar{c}}$ (événements D^0)



Pondération des événements [II]

Poids : $$w = \frac{D a^{ll}_{\gamma^* g \to q\bar{q}}}{1 + B/S}$$

(!) Paramétrisation de $D.a^{ll}_{\gamma^* g \to q\bar{q}}(y, P_{T\ D^0}) \leftarrow$ MC

(!) Paramétrisation de $B/S(z_{D^0}, \cos\theta^*_K) \leftarrow$ mesure

Asymétrie *pondérée*

$$\widetilde{A}_{\text{exp}} = \frac{\Sigma^{\uparrow\downarrow} w - \Sigma^{\uparrow\uparrow} w}{\Sigma^{\uparrow\downarrow} w^2 + \Sigma^{\uparrow\uparrow} w^2} \simeq P_b P_t f \left\langle \frac{\Delta G}{G} \right\rangle$$

$\Rightarrow$ les coupures cinématiques ne sont plus nécessaires!

Erreur statistique *pondérée*

$$\delta \left(\frac{\Delta G}{G} \right)_w = \frac{1}{P_b P_t f \sqrt{\Sigma w^2}}$$

amélioration de $\delta(\Delta G/G)$ car:

$\rightarrow \Sigma w^2 \geq (\Sigma w)^2$

$\rightarrow a^{ll}_{\gamma p \to c\bar{c}}$ change de signe

Rapports d'acceptance pondérés

$$\widetilde{\alpha} = \frac{\left(\Sigma^{\uparrow\downarrow} w^2 + \Sigma^{\uparrow\uparrow} w^2\right)}{\left(\Sigma^{\uparrow\downarrow} w^2 + \Sigma^{\uparrow\uparrow} w^2\right)_{\mathrm{ref}}}$$

	$\widetilde{\alpha}_{2002/\mathrm{ref}}$	
	$D^0 \to K\pi$	$D^* \to K\pi\pi_s$
100 GeV	54 %	54 %
160 GeV	79 %	75 %
190 GeV	84 %	84 %

Erreur statistique sur $\Delta G/G$

	D^0	D^*	
2002 avec pondération	0.24	0.22	160 GeV
ref sans pondération	0.31	0.26	100 GeV $\leftarrow$ proposal
ref avec pondération	0.21	0.19	160 GeV

Conclusion

1998-2000

Etudes de prototypes chambres à dérive et Micromégas $\Rightarrow$ optimisation

2001

Prise de données de *commissioning*.

Décision de construction d'une troisième station DC.

2002

Prise de données ΔG avec un dispositif expérimental *réduit*