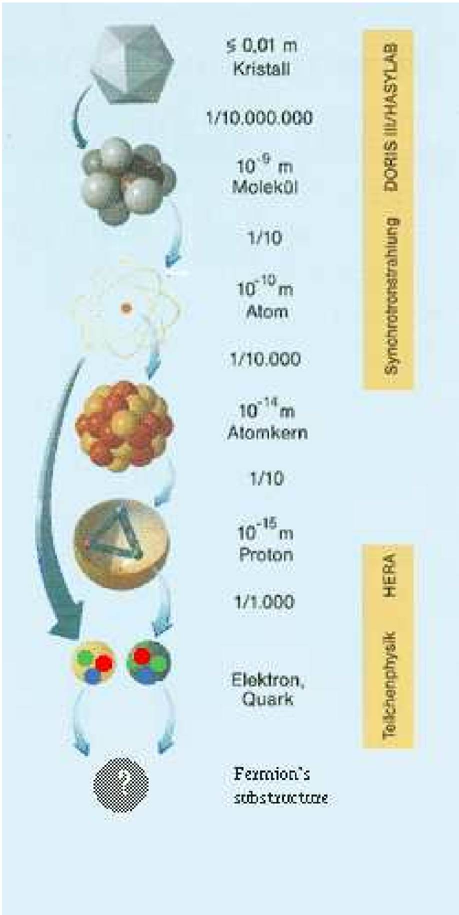
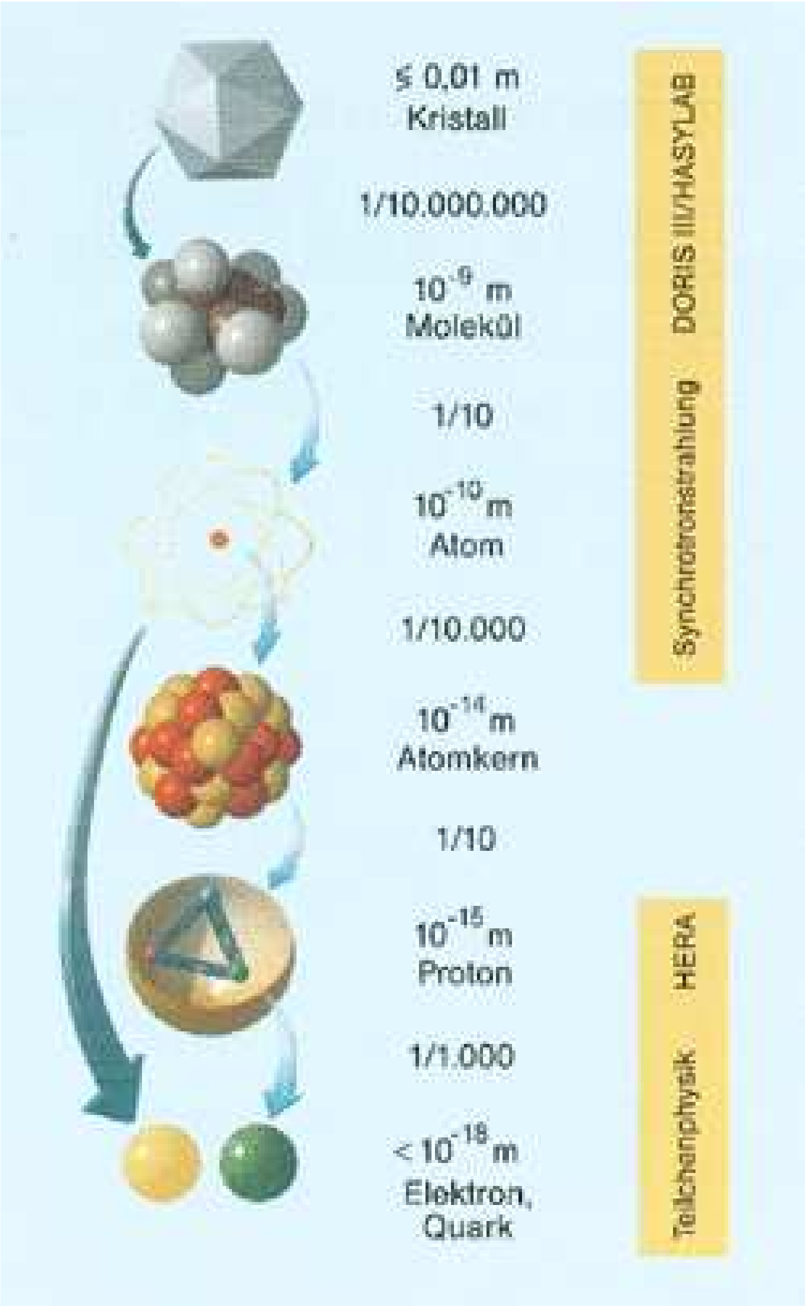
Les fermions ont-ils une sous-structure ? À la recherche des fermions excités

Nicolas Delerue

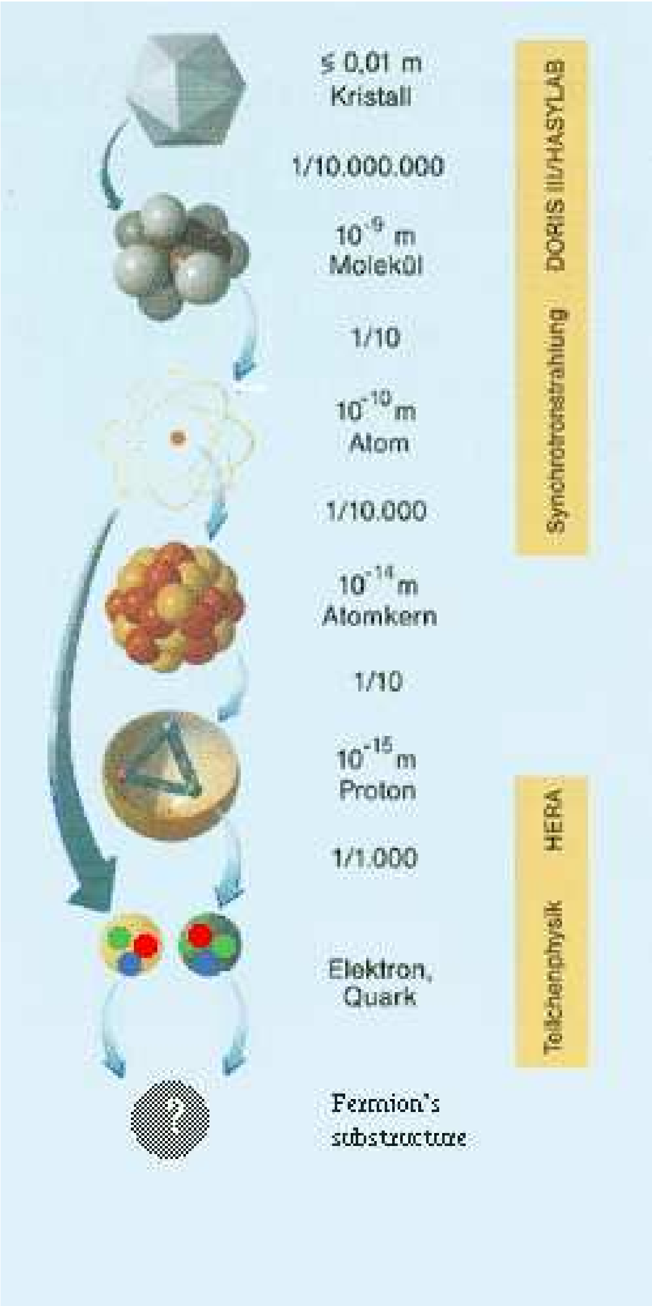


Décembre 2000

Du cristal aux quarks...



... et au-delà



La recherche de cette éventuelle sous-structure est le sujet de ma thèse.

Exemples de modèles théoriques

Les Rishons (H.Harari, Physics Letters, 86B(1979)83)

- 2 Rishons "T" et "V"
- Fermions et bosons sont faits de triplets de Rishons.
- ex.: $e^- \simeq (\bar{T}\bar{T}\bar{T})_{1,1}$

Les Haplons (H.Fritzsch et G.Mandelbaum, Physics Letters, 105B(1981)319)

- Les particules fondamentales sont:
  - le photon et les gluons
  - $n^2 - 1$ hypergluons
  - 2 fermions (α et β)
  - 2 scalaires (x and y)
- Fermions et bosons sont faits de paires de ces 2 fermions et ces 2 scalaires.
- ex.: $e^- \simeq (\bar{\beta}\bar{y})_1$

Mais n'est-il pas trop tôt pour suivre un modèle théorique précis?

Phénoménologie

- Une sous-structure autorise des états excités
- Nous pouvons chercher les produits de désintégration de ces états
- $\Rightarrow$ besoin d'un modéle phénoménologique pour la désintégration d'un f^*.
- Aucun indice en faveur d'un modèle particulier $\Rightarrow$ Lagrangien le plus général
- Ce Lagrangien doit décrire une transition magnétique $f^* \Rightarrow f$.
- Hagiwara, Komamiya and Zeppenfeld, Z.Phys C29(1995)115

Le Lagrangien effectif des fermions excités

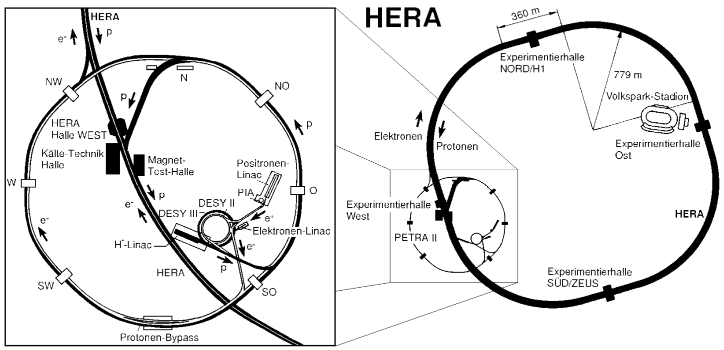
$$\mathcal{L}_{int} = \frac{1}{2\Lambda} F_R^* \sigma^{\mu\nu} \left[g f \frac{\tau^a}{2} W_{\mu\nu}^a + g' f' \frac{Y}{2} B_{\mu\nu} + g_s f_s \frac{\lambda^a}{2} G_{\mu\nu}^a \right] F_L + h.c$$

où $W_{\mu\nu}^a$, $B_{\mu\nu}$ et $G_{\mu\nu}^a$ sont les tenseurs associés aux champs de jauge $SU(\mathbf{2})$, $U(\mathbf{1})$ et $SU(\mathbf{3})_C$, Λ est l'echelle de la sous-structure et f, f' et f_s sont des facteurs de forme associés aux trois groupes de jauge.

En utilisant ce Langrangien, il est possible de simuler des fermions excités et de calculer les sections efficaces associées...

La traque peut commencer...

Le collisionneur HERA à DESY



Leptons (27,6 GeV)

1998-99: électrons

1994-97 et 1999-200: positrons

Protons:

920 GeV (dep. 1998), 820 GeV (1994-97)

$\sqrt{s} \simeq$ **318** GeV (**300** GeV avant 1998).

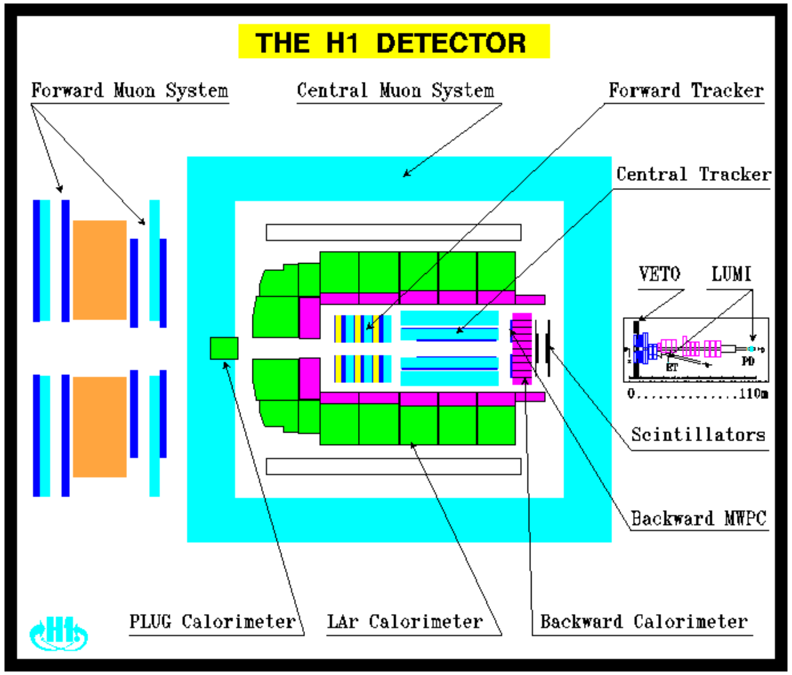
- HERA-B: Etudie la violation de CP lors de la désintégration d'états liés contenant un quark b.
- HERMES: Mesure la répartition du spin des quarks au sein de protons polarisés.
- ZEUS: Expérience généraliste. Analyses similaires à H1 pour une vérification indépendante des résultats.
- H1: Expérience généraliste, utilisée pour cette analyse.

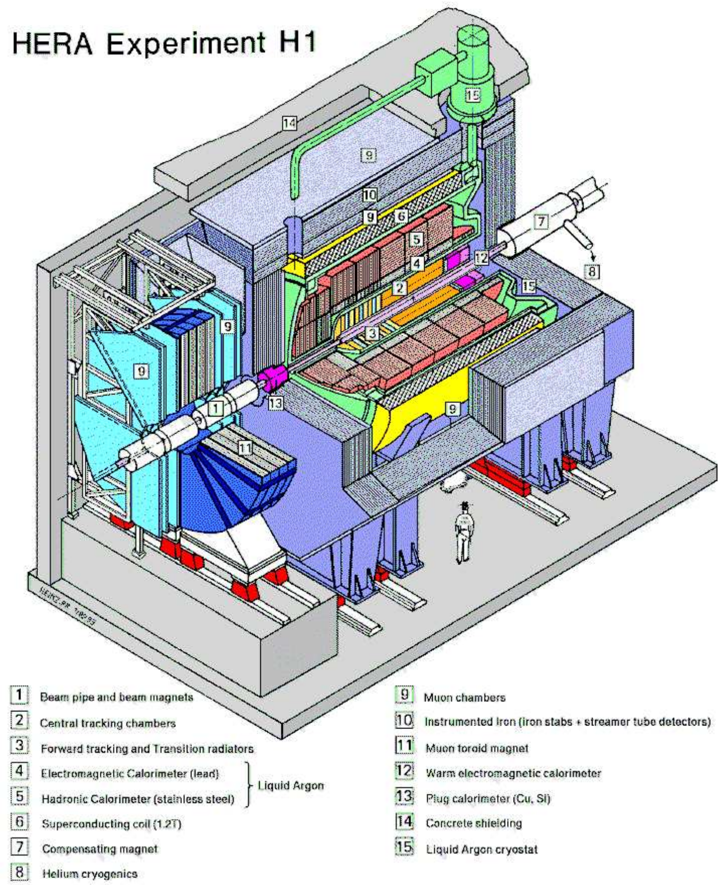
Électrons (27,6 GeV)

Protons (920 GeV)

$\sqrt{s} \simeq \boldsymbol{318\ GeV}$

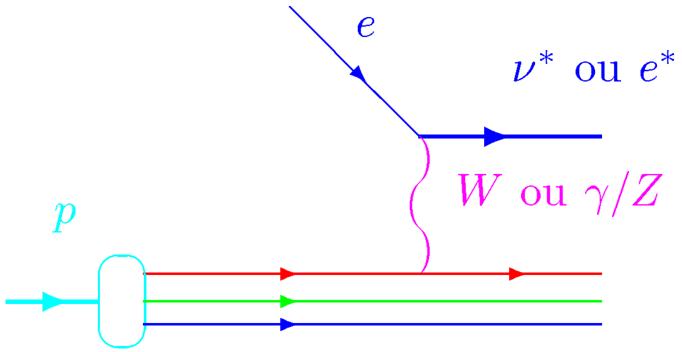
H1



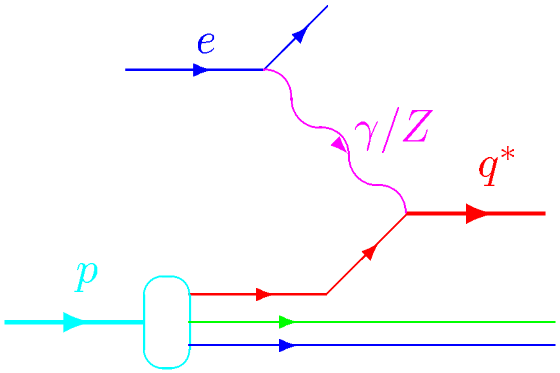


Production de fermions excités à HERA

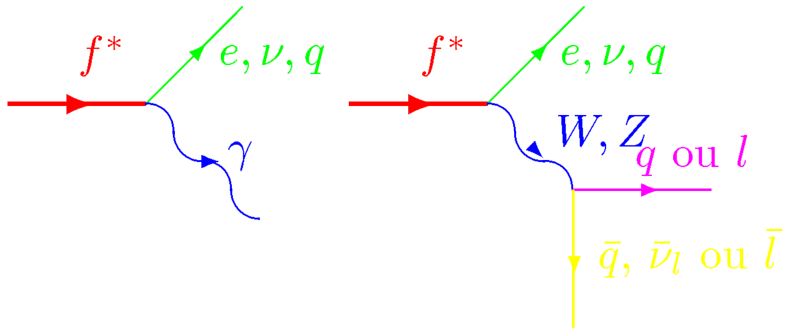
Lepton excité



Quark excité



Désintégration des fermions excités



Électromagnétique Faible

Tous ces canaux de désintegration ont été couverts pour les données 1994-97 (protons à 820 GeV, électron à 27,5 GeV, $\sqrt{s} \simeq 300$ GeV).

Pour les données plus récentes: 2 canaux ν^* présentés à Osaka en mode électron.

Les autres canaux vont être étudiés conjointement pour les deux modes (électron / positron).

L'analyse a commencé par les canaux ν^* car le potentiel de découverte y était plus fort.

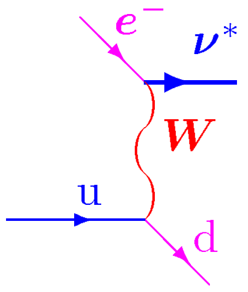
Sections efficaces en mode e^- et e^+

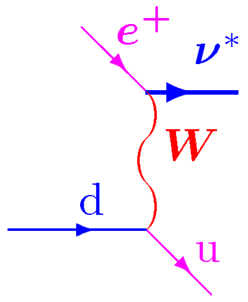
Section efficace de production du ν^* (en pb) en mode e^- est plus grande que en mode e^+.

Masse du ν^* (en GeV)	50	150	250
e^+ à 820 GeV	$\mathbf{3.\times 10^{-2}}$	$\mathbf{9.\times 10^{-4}}$	$\mathbf{9.\times 10^{-8}}$
e^- à 820 GeV	$\mathbf{9.\times 10^{-2}}$	$\mathbf{1.7\times 10^{-2}}$	$\mathbf{7.\times 10^{-5}}$
e^- à 920 GeV	$\mathbf{1.\times 10^{-1}}$	$\mathbf{2.\times 10^{-2}}$	$\mathbf{3.\times 10^{-4}}$

Pourquoi?

Interaction avec un quark différent

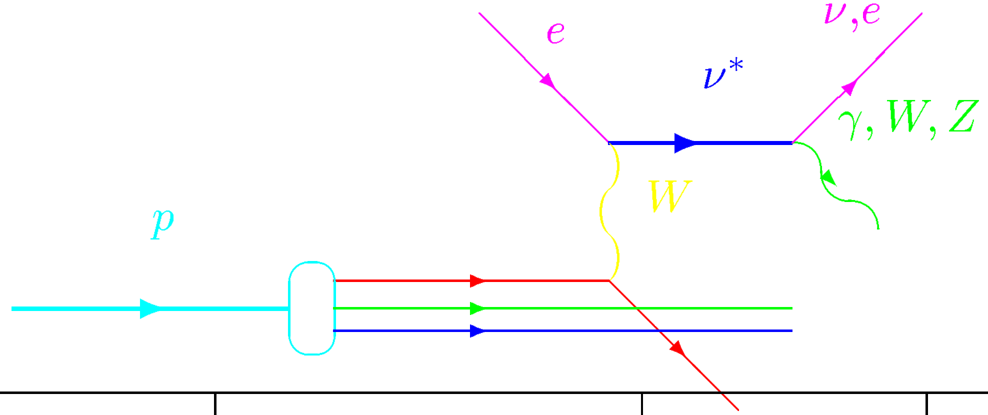




+ facteurs chiraux différents

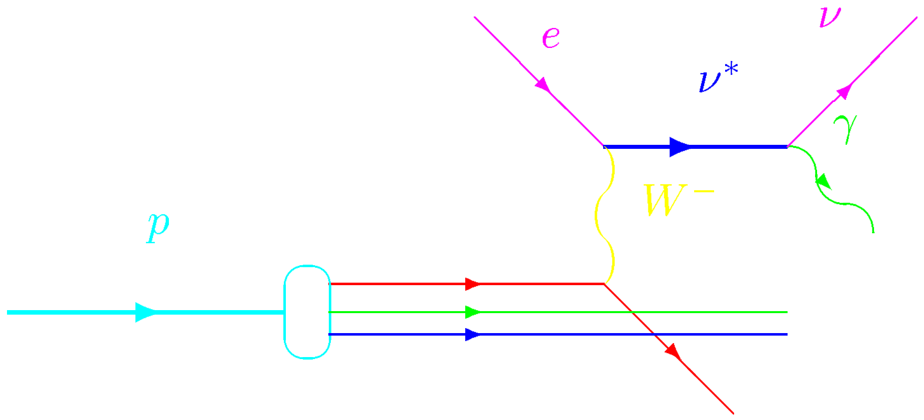
Donc données e^- : meilleures limites, même avec une luminosité inférieure!

Principaux canaux de désintégration ($\boldsymbol{\nu^*}$)



Canal	Topologie	événements	bruit de fond
$\nu^* \to \nu\gamma$	1 photon + $\not{P}_t$	2	$2.56 \pm 0.17 \pm 1.20$
$\nu^* \to eW_{\to q\bar{q}}$	2 jets + 1 électron	4	$7.74 \pm 1.38 \pm 1.63$
$\nu^* \to \nu Z_{\to q\bar{q}}$	2 jets + $\not{P}_t$	en cours	

Le canal $\nu^* \to \nu + \gamma$



Un photon et $\not{P}_t$ $\Rightarrow$ insuffisant pour déclencher l'acquisition des données

$\Rightarrow$ jet de recul demandé en plus.

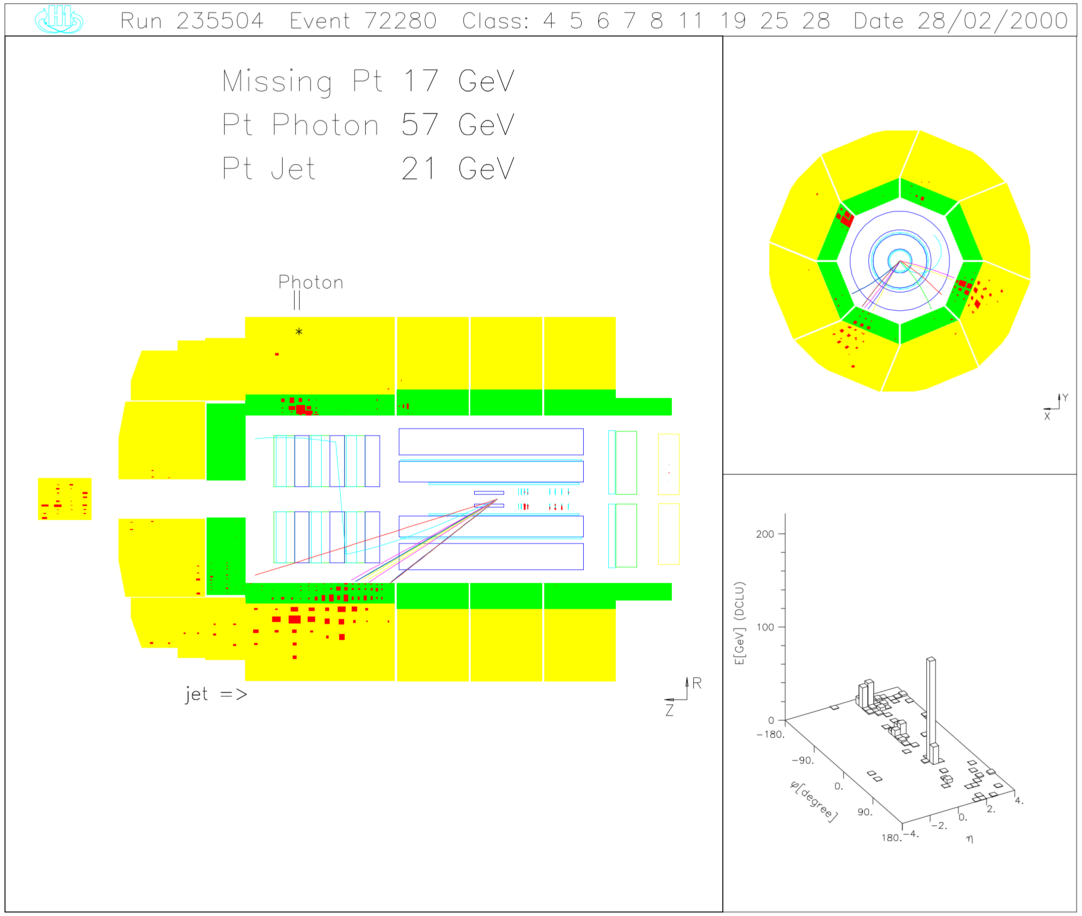
Attention: Photons proches du jet parfois mal modélisés !!!

Bruit de fond principal: Courants Chargés Radiatifs.

Résultat: 2 candidats dans les données,

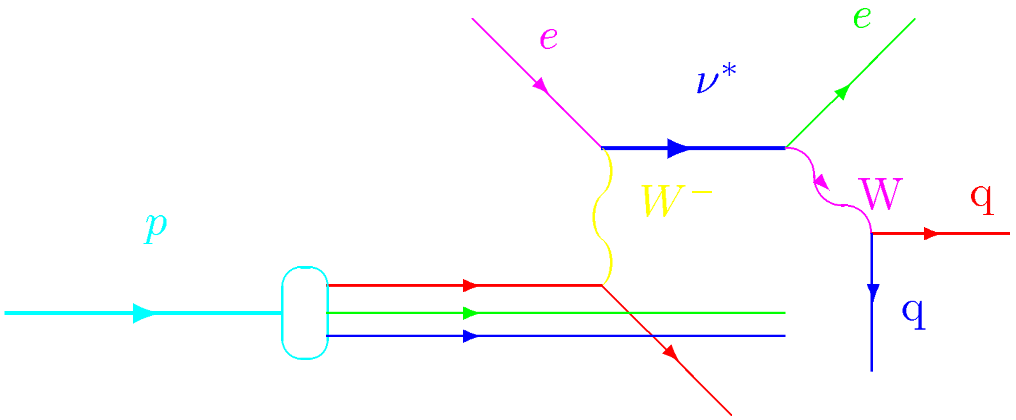
2.56 ± 1.20 événements de bruit de fond attendus...

$\Rightarrow$ Aucun signal trouvé, continuons la traque...



$\theta_\gamma = 25^o$ $\varphi_\gamma = 38^o$

Le canal $\nu^* \to e + W_{\hookrightarrow qq}$



Un électron et 2 jets (+ et éventuellement un jet de recul)

Bruit de fond principal: Courants Neutres (NC)

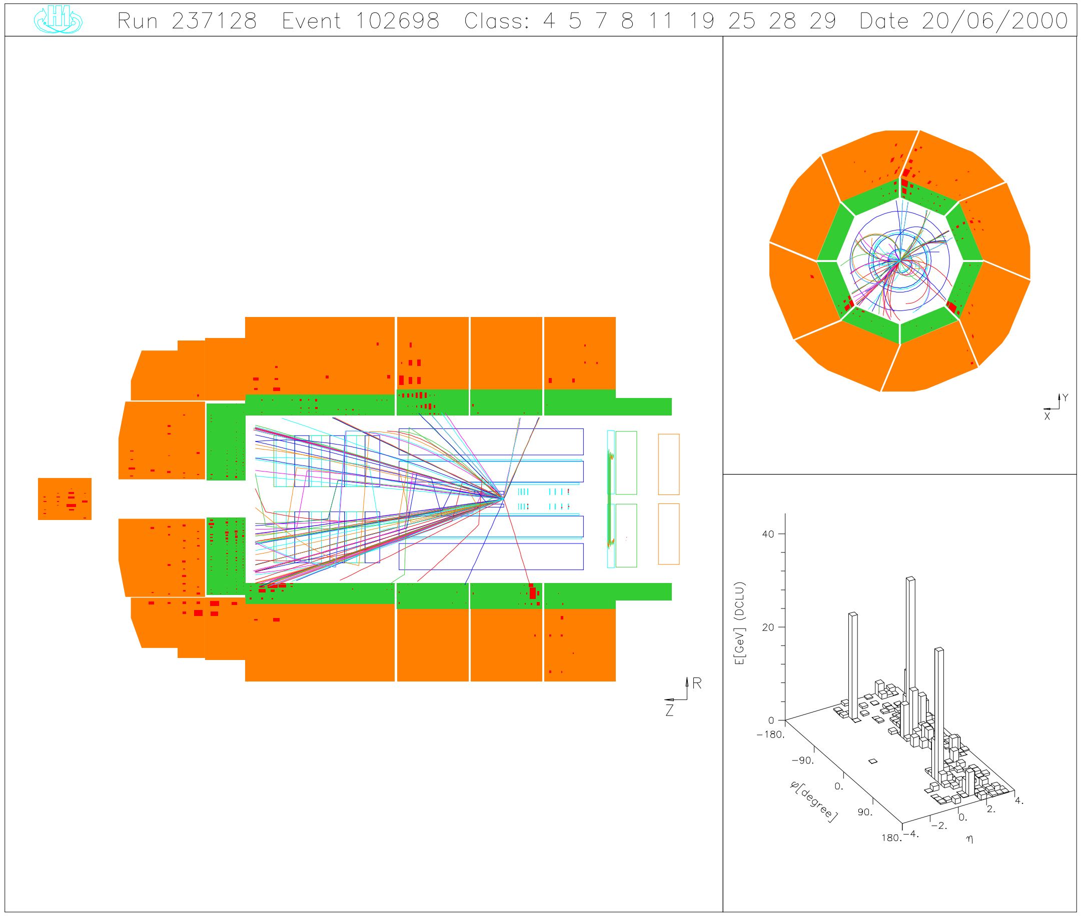
à haut p_t^e, tous les bruits de fonds deviennent négligeable.

$\Rightarrow$ coupures anti-NC cuts à bas p_t^e, relachées à haut p_t^e.

Resultat: 4 candidats dans les données,

7.74 ± 1.38 événements de bruit de fond attendus...

Aucun signal trouvé! $\Rightarrow$ les ν^* existent-ils réellement ?


Run 237128 Event 102698 Class: 4 5 7 8 11 19 25 28 29 Date 20/06/2000
E[GeV] (DCLU)
φ[degree]
η

Aucun signal trouvé !

Que pouvons nous en déduire ?

Cela signifie-t-il que le ν^* n'existe pas ???

Il peut être caché ailleurs...

$\Rightarrow$ Limites d'exclusion...

Comment mettre une limite d'exclusion?

Limite: comparaison entre les événements observés et les sections efficaces prédites.

L'observation est comparée à la section efficace prédite en chaque point de l'espace des paramétres (M_{ν^*} et $\frac{f}{\Lambda}$).

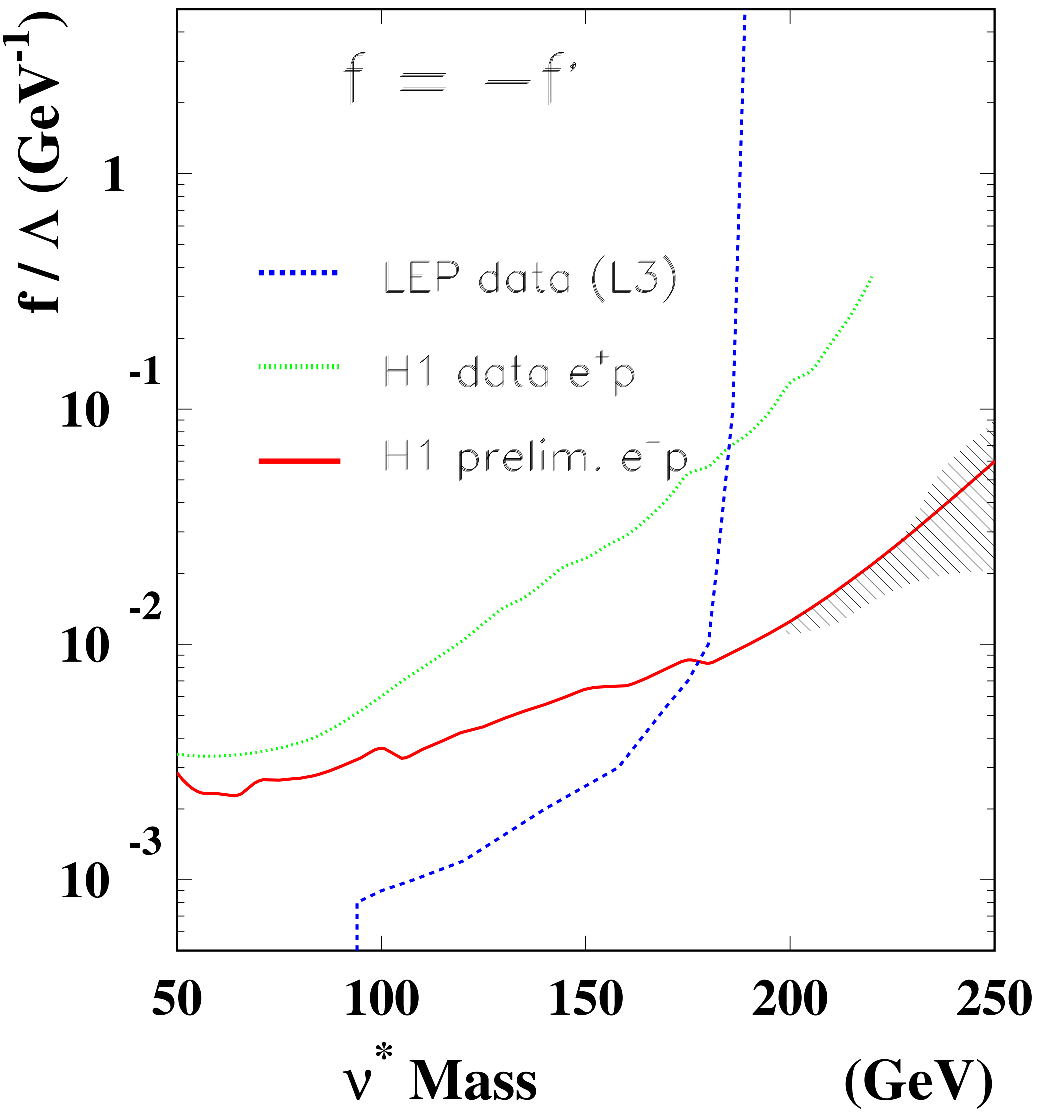
Si moins de 5% des données sont en accord avec la prédiction

$\Rightarrow$ exclu à 95% de niveau de confiance (CL)

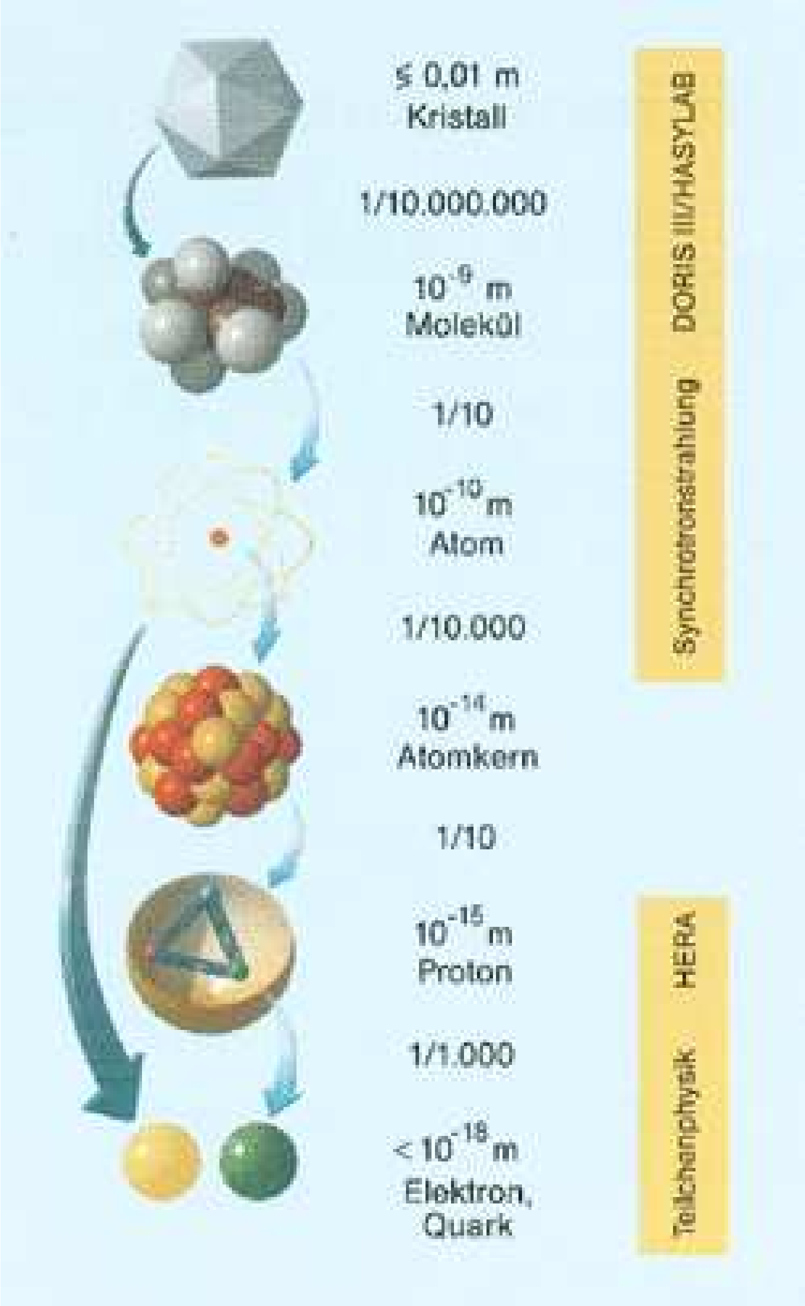
$\Rightarrow$ Pour établir des limites nous avons besoin des sections efficaces ν^*.

Mais à haute masse, le ν^* est une resonance très large $\Rightarrow$ bande d'incertitude.

Limites sur le ν^* présentées à Osaka



Conclusion



Le niveau suivant n'est pas encore en vue...