

Un peu de physique avec le détecteur ALEPH au LEP

Olivier Schneider



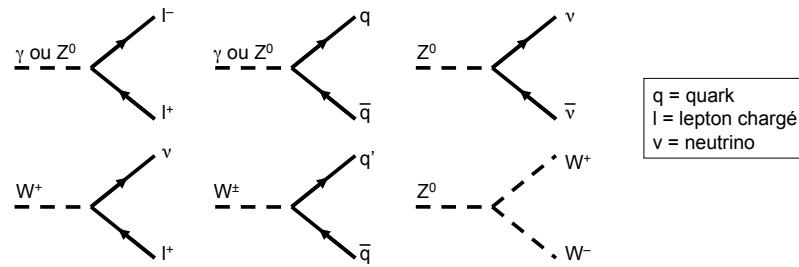
ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Laboratoire de Physique
des Hautes Energies (LPHE)

Olivier.Schneider@epfl.ch

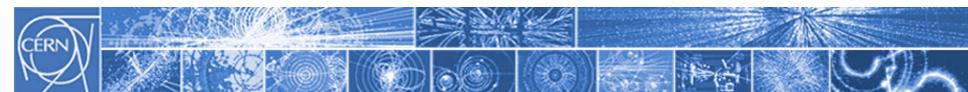
Théorie électro-faible

- ❑ Maxwell (~1864):
 - électromagnétisme: unification des forces électriques et magnétiques
- ❑ Glashow, Weinberg et Salam (1961–1968):
 - théorie électro-faible: unification des forces électromagnétique et faible
 - 4 bosons d'échange: γ , Z^0 , W^+ , W^-
 - couplages possibles (diagrammes de Feynman):

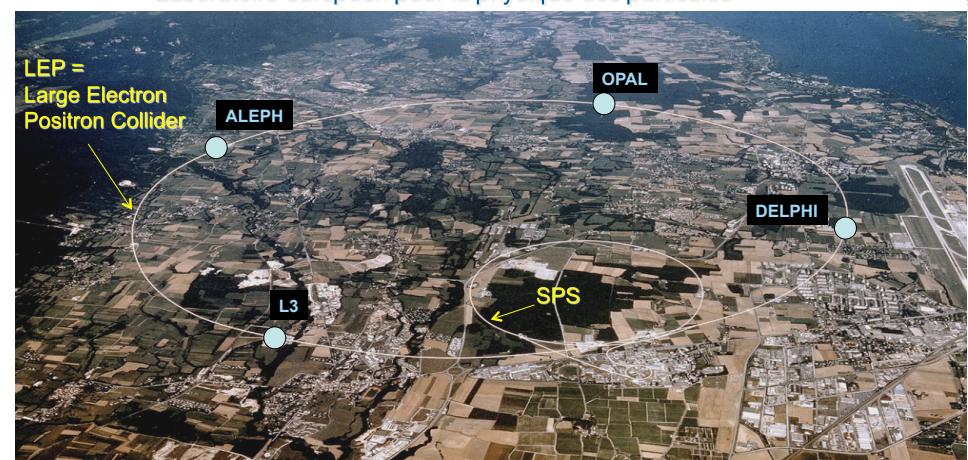


Le LEP

- ❑ LEP = « Large Electron-Positron collider »
- ❑ Grand collisionneur électron-positon du CERN (synchrotron):
 - 27 km de circonférence
 - tunnel et accélérateur construits à partir de 1983
 - entré en fonction en 1989, arrêté en 2000
- ❑ 4 grands détecteurs similaires construits et utilisés au LEP:
 - ALEPH, DELPHI, L3 et OPAL
 - but principaux:
 - étudier en détail les **bosons Z^0 et W^\pm** (particules d'échange de la force nucléaire faible) découverts en 1983 au collisionneur proton-antiproton (SPS = super synchrotron à protons) du CERN
 - recherche du **boson de Higgs**, particule responsable de la masse des Z^0 et W^\pm (et également de toutes les autres particules)
 - recherche de nouvelle physique (par ex. particules supersymétriques)



CERN – Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire
Laboratoire européen pour la physique des particules



Le LEP en deux phases

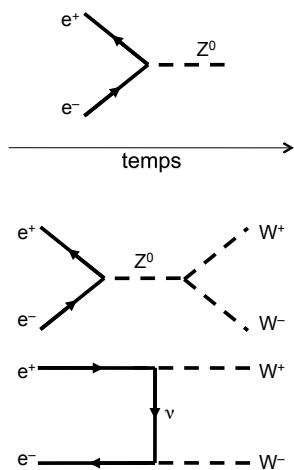
□ LEP1 (1989–1995):

- collisions e^+e^- à $\sqrt{s} \sim m(Z^0) \sim 91.2$ GeV
- au total, plusieurs millions de Z réels produits dans chaque détecteur !

□ LEP2 (1996–2000)

- collisions e^+e^- à plus haute énergie
 - jusqu'à $\sqrt{s} \sim 209$ GeV (record)
- production de paires W^+W^- et Z^0Z^0 , ...
 - $m(W) \sim 80.4$ GeV
 - seuil de production W^+W^- : $\sqrt{s} \sim 160.8$ GeV
- recherche du Higgs et autres nouvelles particules ...

Diagrammes de Feynman



Physique avec le détecteur ALEPH

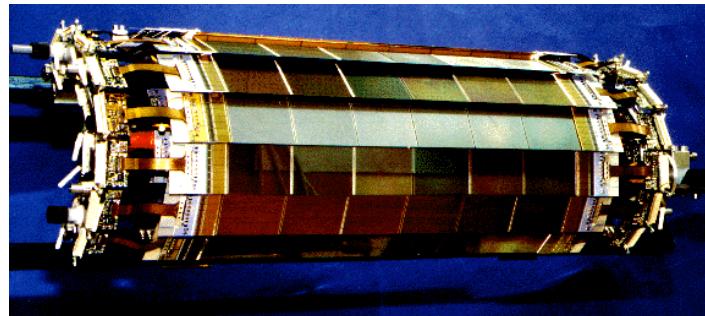
O. Schneider, 12 novembre 08

5

Le détecteur de vertex (VDET)

□ Nouvelle version de 1995 (pour la phase 2):

- longueur 40 cm (version 1 avait seulement 20 cm)
- 2 couches concentriques de détecteurs au silicium entourant le point de collision e^+e^-
 - rayon = 6.3 cm (couche interne) et 11.0 cm (couche externe)

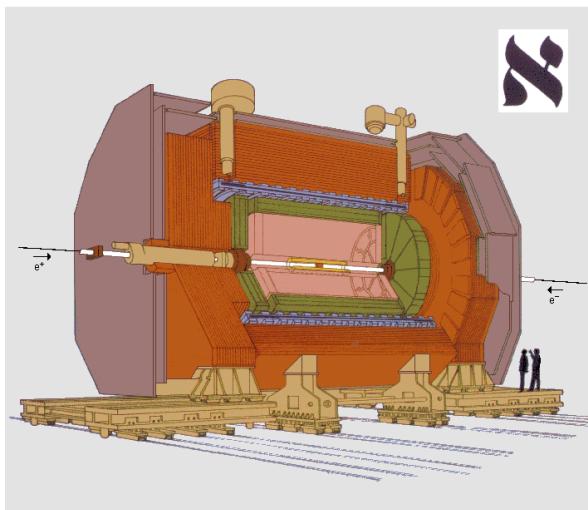


Physique avec le détecteur ALEPH

O. Schneider, 12 novembre 08

7

Le détecteur ALEPH



- Vertex Detector
- Inner Tracking Chamber
- Time Projection Chamber
- Electromagnetic Calorimeter
- Superconducting Magnet Coil
- Hadron Calorimeter
- Muon Chambers
- Luminosity Monitors

Physique avec le détecteur ALEPH

O. Schneider, 12 novembre 08

6

Inner tracking chamber

□ Chambre à dérive conventionnelle, entourant le détecteur de vertex

- longueur ~ 2 m
- rayon de 12.8 à 28.8 cm

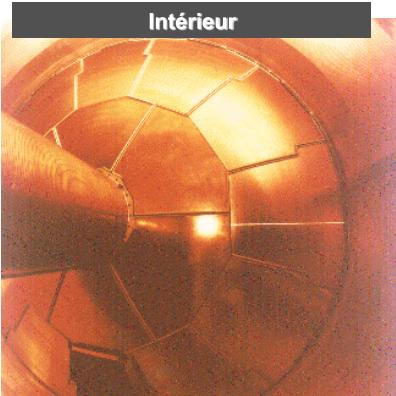


Physique avec le détecteur ALEPH

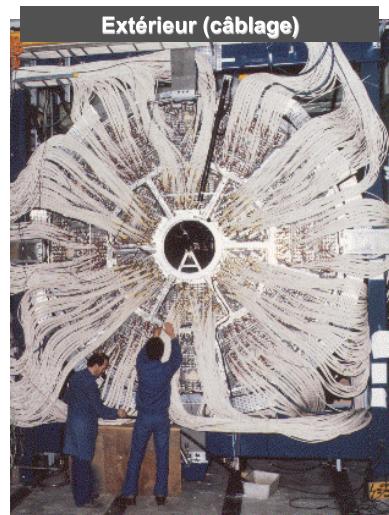
O. Schneider, 12 novembre 08

8

Chambre à projection temporelle (TPC)



Physique avec le détecteur ALEPH



O. Schneider, 12 novembre 08

9

Les deux « bouchons »

- Calorimètres placés de part et d'autre de la partie centrale du détecteur

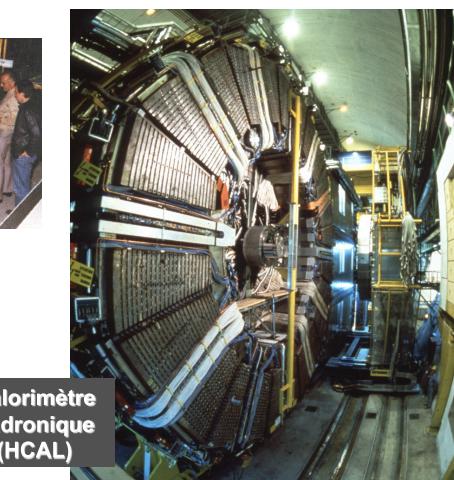
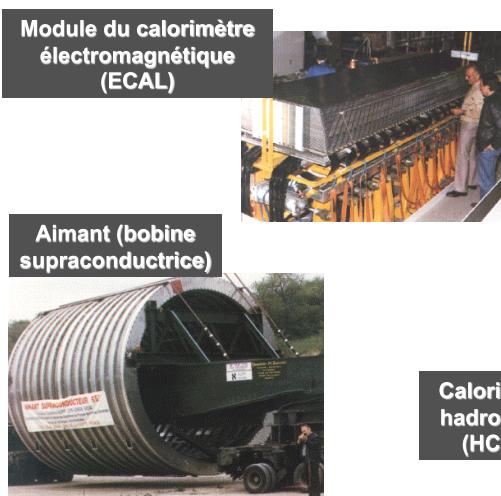


Physique avec le détecteur ALEPH

O. Schneider, 12 novembre 08

11

Aimant et calorimètres



Physique avec le détecteur ALEPH

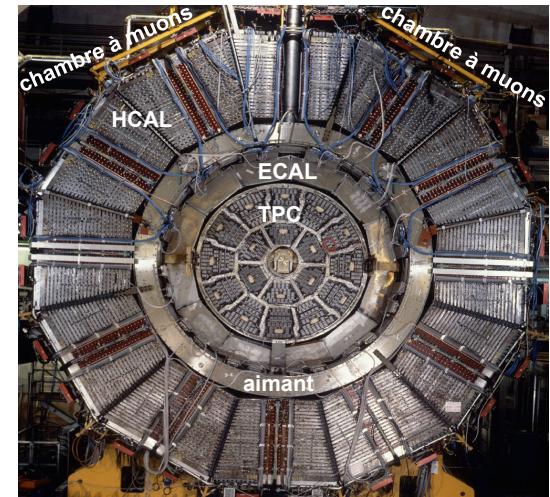
O. Schneider, 12 novembre 08

10

Détecteur ALEPH

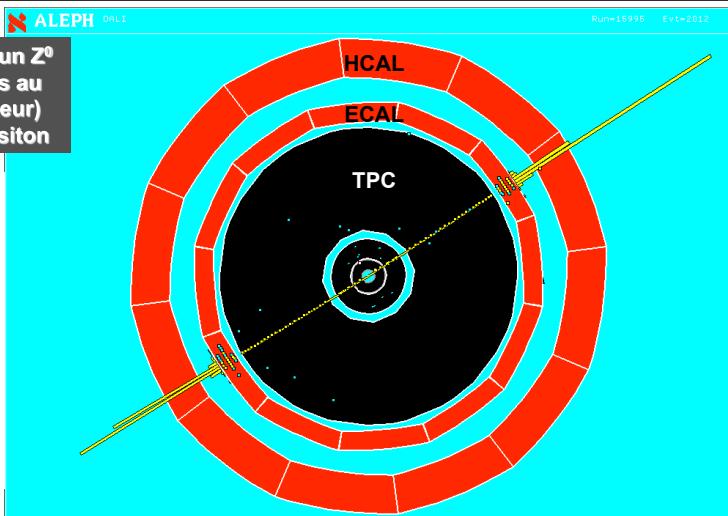
- Partie centrale du détecteur, vue dans le plan transverse (perpendiculaire aux faisceaux)

— les images qui suivent sont des vues similaires, reconstruites par ordinateur à partir d'événements réels enregistrés dans le détecteur



12

$Z^0 \rightarrow e^+e^-$

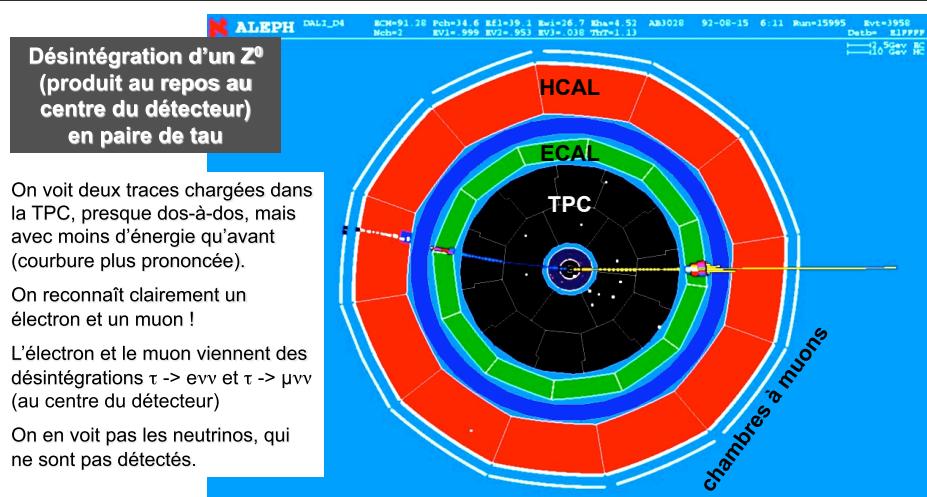


Physique avec le détecteur ALEPH

O. Schneider, 12 novembre 08

13

$Z^0 \rightarrow \tau^+\tau^-$

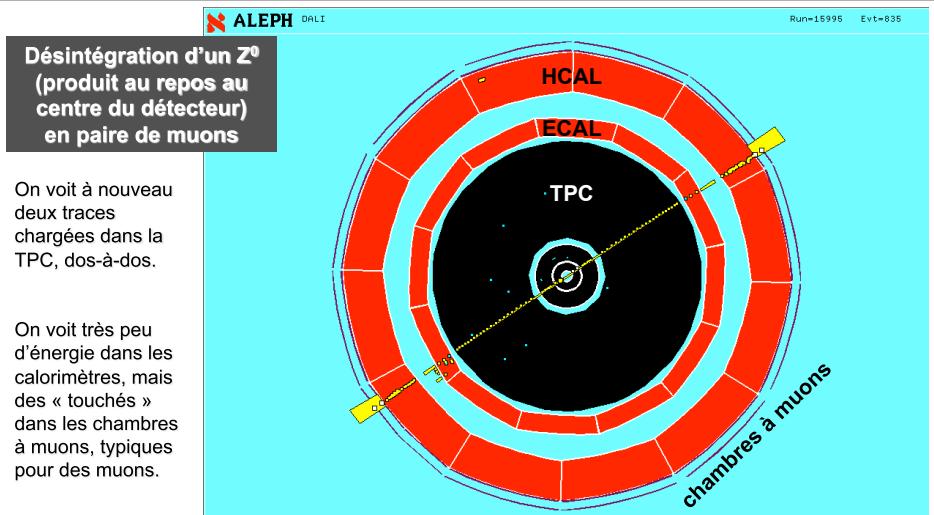


Physique avec le détecteur ALEPH

O. Schneider, 12 novembre 08

15

$Z^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$

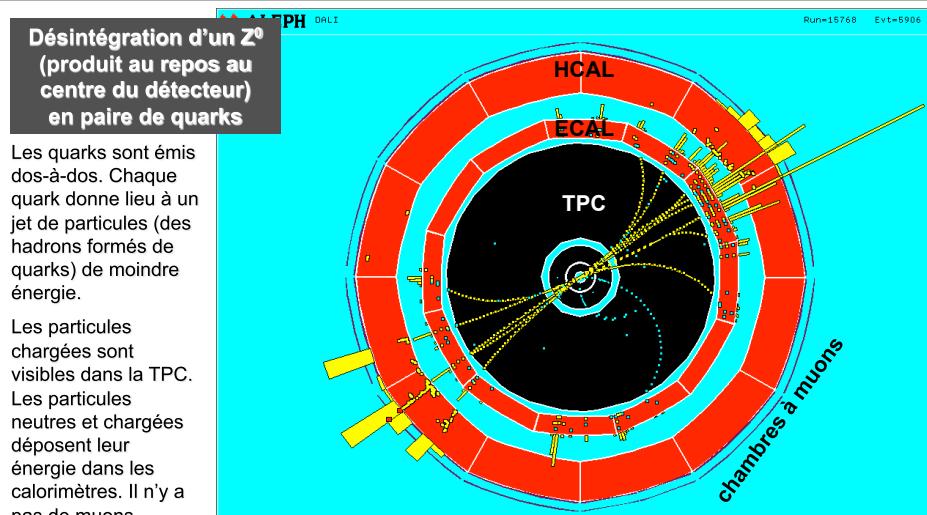


Physique avec le détecteur ALEPH

O. Schneider, 12 novembre 08

14

$Z^0 \rightarrow q\bar{q}$ (2 jets)

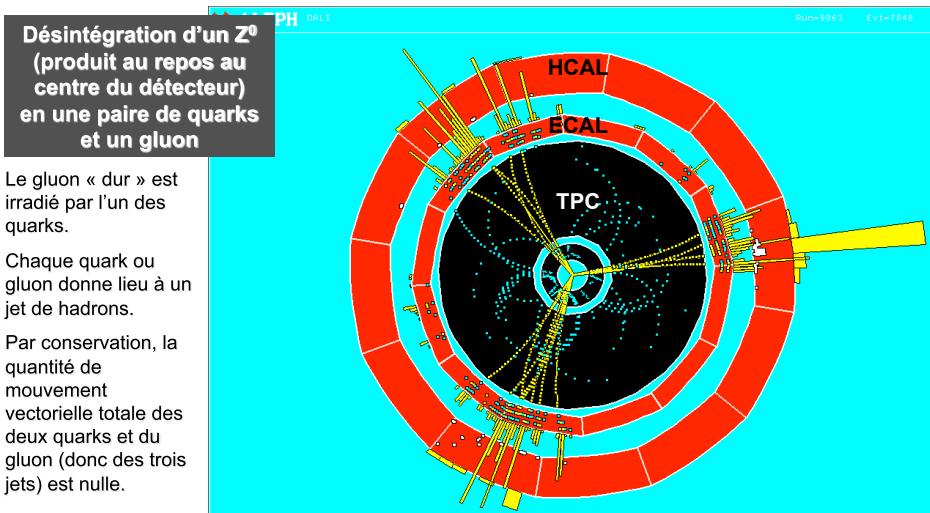


Physique avec le détecteur ALEPH

O. Schneider, 12 novembre 08

16

$Z^0 \rightarrow q\bar{q}g$ (3 jets)

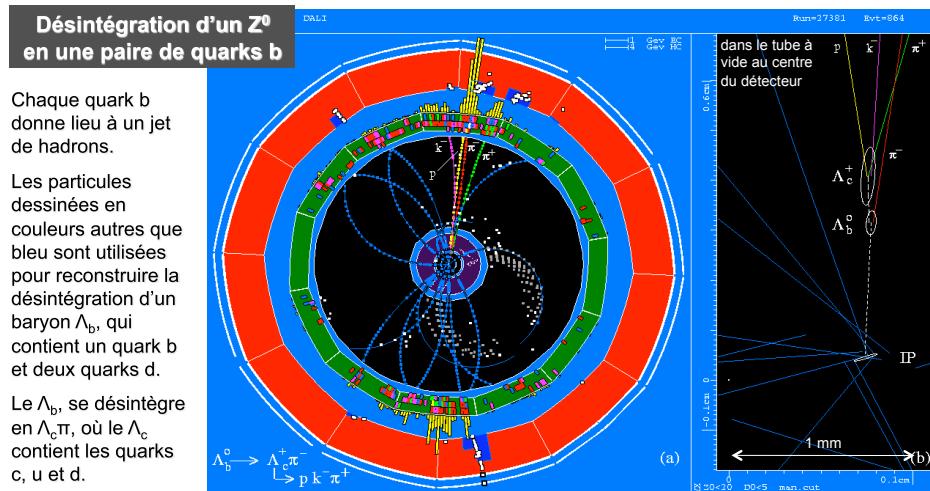


Physique avec le détecteur ALEPH

O. Schneider, 12 novembre 08

17

$Z^0 \rightarrow b\bar{b}$

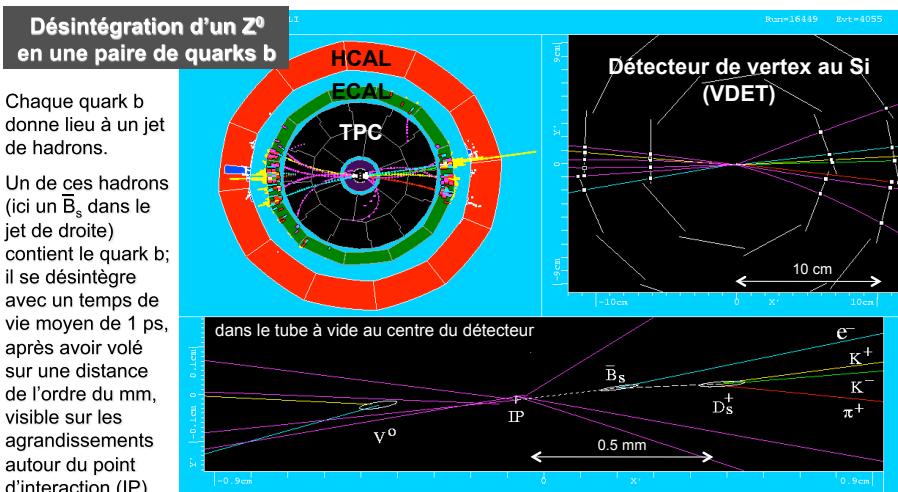


Physique avec le détecteur ALEPH

O. Schneider, 12 novembre 08

19

$Z^0 \rightarrow b\bar{b}$

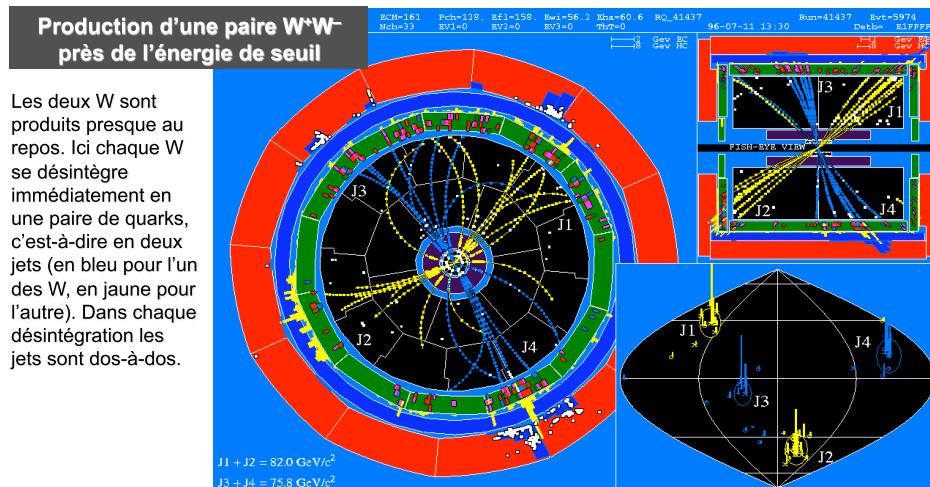


Physique avec le détecteur ALEPH

O. Schneider, 12 novembre 08

18

$e^+e^- \rightarrow W^+W^-$



Physique avec le détecteur ALEPH

O. Schneider, 12 novembre 08

20

$e^+e^- \rightarrow W^+W^-$

Production d'une paire W^+W^- près de l'énergie de seuil

Ici le W^- se désintègre en une paire de quarks, donnant les deux jets dont les traces chargées sont dessinées en rouge et en bleu, et le W^+ se désintègre en un positon e^+ et un neutrino ν .

Le positon (trace dessinée en jaune) est identifié par son grand dépôt d'énergie dans ECAL.

Le neutrino n'est pas détecté. Cependant, comme c'est le seul neutrino de l'événement, son quadrivecteur énergie-impulsion peut être calculé sur la base des mesures de toutes les autres particules détectées, en sachant, par conservation, que le quadrivecteur total de l'événement vaut $(E_{e+} + E_{e-}, 0,0,0) = (\sqrt{s}, 0,0,0)$.

