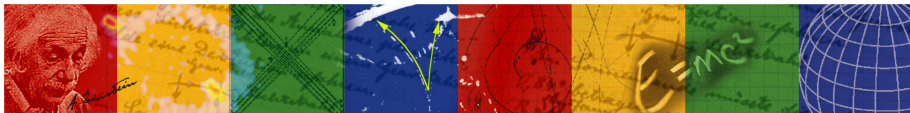


Détection de particules dans l'expérience ATLAS

Yann Coadou

CPPM Marseille

CERN Masterclasses, Lycée Montgrand
4 mars 2011



Collisionneur de grande énergie

- Particules accélérables: suffisamment stables (électron/positron, proton/antiproton, ions)
- Sonder des longueurs plus courtes
- Produire des particules plus lourdes ($E = mc^2$)

Collisions

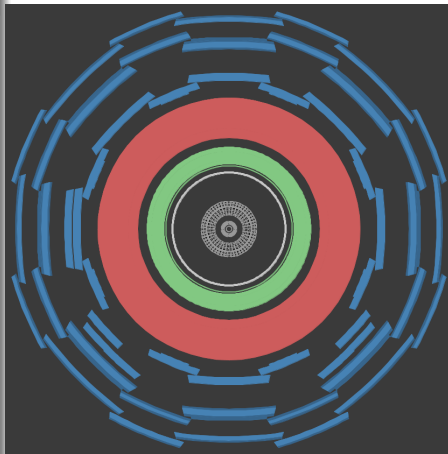
- Interactions entre particules accélérées (ou leurs constituants)
- Se produisent au centre d'un détecteur
- Etat final: particules suffisamment stables pour atteindre le détecteur (e, γ, μ, π, p , etc.)

Interprétation

- Combiner les informations du détecteur pour former des objets
- A partir de ces objets, inférer ce qu'il s'est passé dans la collision
- Comparer avec les prédictions théoriques

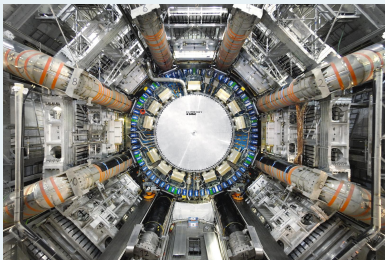
Un oignon

- **Détecteur interne (trajectographe)** Mesure charge et impulsion des particules chargées, dans un champ magnétique
- **Calorimètre électromagnétique** Mesure l'énergie des électrons, positrons et photons
- **Calorimètre hadronique** Mesure l'énergie des hadrons (particules contenant des quarks), comme les protons, neutrons, pions, etc.
- **Détecteur à muons** Mesure la charge et l'impulsion des muons

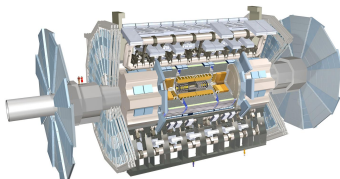


coupe transversale d'ATLAS

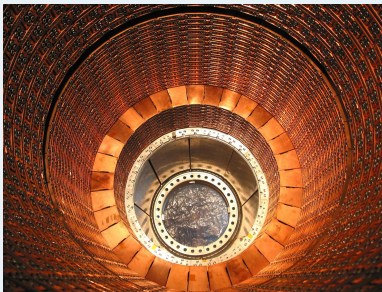
Une idée de la taille en animation



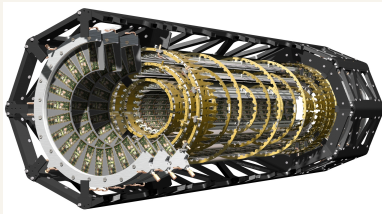
Comment ça marche ?



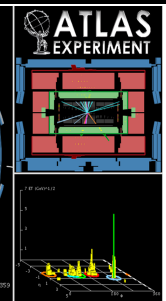
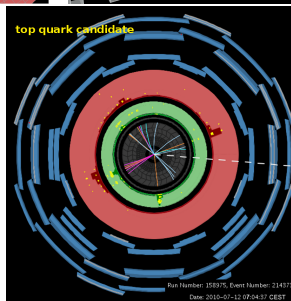
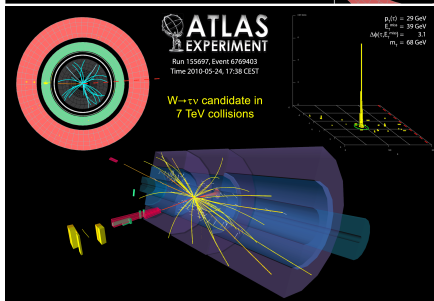
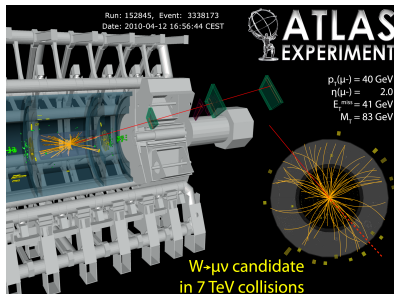
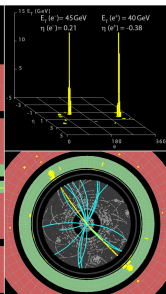
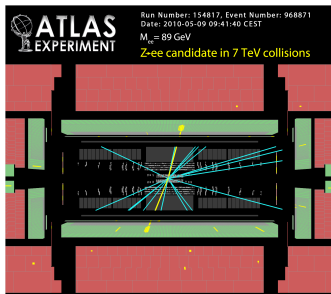
Calorimètre électromagnétique



Détecteur à pixels

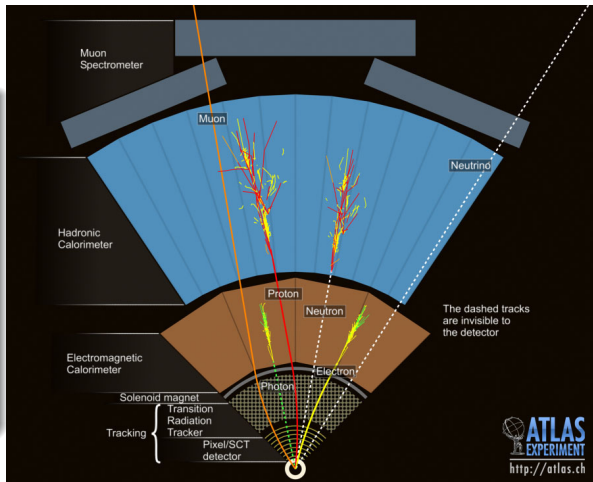


Le modèle standard redécouvert : LHC 2010 !

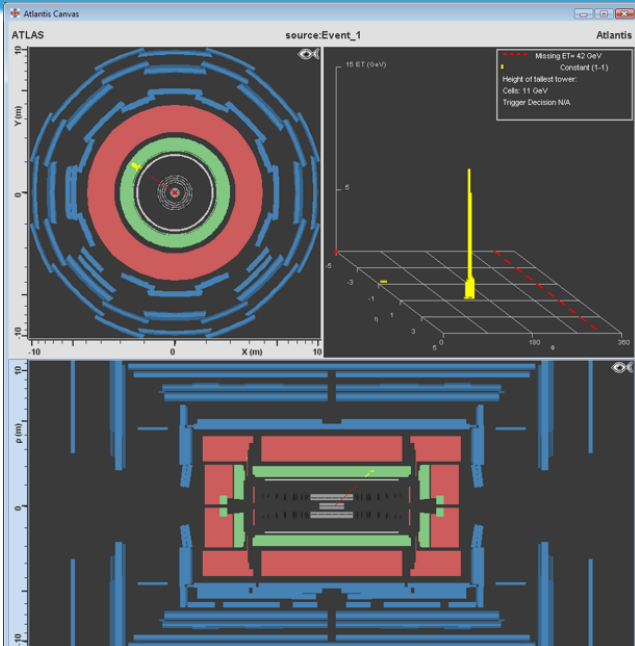


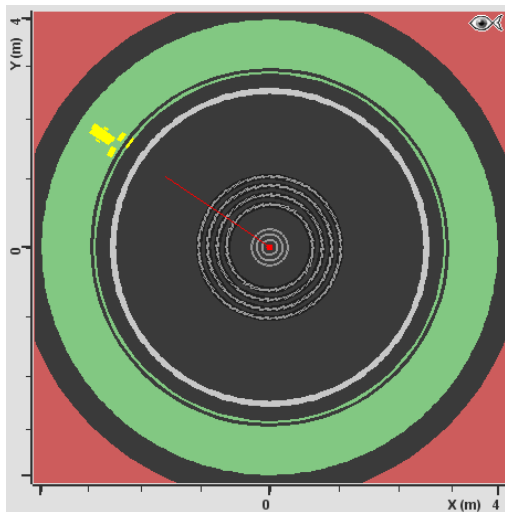
Electron et positron

- Particule chargée : trace dans le trajectographe
- \ominus = électron, \oplus = positron
- Gerbe dans le calorimètre électromagnétique

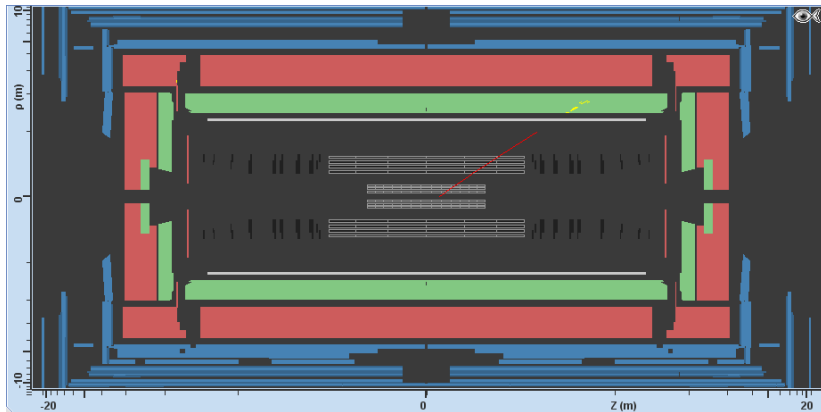


Identifier un electron/positron avec Minerva





- Trace dans le trajectographe
- Energie dans le calorimètre électromagnétique



- Trace dans le trajectographe
- Energie dans le calorimètre électromagnétique

Identifier un electron/positron avec Minerva

The screenshot displays the Atlantis GUI interface. On the left, the ATLAS detector is shown in three views: a top-down view of the calorimeter (ATLAS Canvas), a 3D view of the detector components (source.Minerva1), and a longitudinal cross-section (Atlantis). A yellow track is highlighted in the top-down view. On the right, the Minerva GUI is open, showing a list of detector components (Status, InDet, Calo, MuonDet, Objects) and a text area displaying the event file path: `Minerva1.xml (10602000326459)`. A red box highlights a mouse cursor icon in the Minerva GUI, with a red arrow pointing to it.

Atlantis Canvas
ATLAS
source.Minerva1
Atlantis

Missing ET= 42 GeV
Constant (1-1)
Height of label tower
Cells: 11 GeV
Trigger Decision NA

15 ET (GeV)

Atlantis GUI
File Preferences Lists
Reset Demo Previous Next Help
events/test_events.zip

Projection Data Cuts InDet Calo MuonDet Objects Geometry

name	Value
Status	<input checked="" type="checkbox"/>
InDet	<input checked="" type="checkbox"/>
Calo	<input checked="" type="checkbox"/>
MuonDet	<input checked="" type="checkbox"/>
Objects	<input checked="" type="checkbox"/>

Welcome to Atlantis !
Minerva1.xml (10602000326459)

- Choisir la main et cliquer sur la trace
- Des infos apparaissent dans la fenêtre en bas à droite

```
File: JiveXML_5104_20651.xml (51040020651)
Event_1.xml (10602000326459)

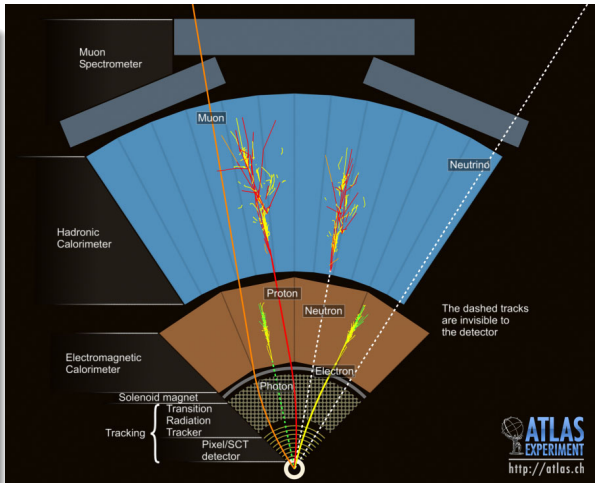
InDetTrack index: 0
PT=-42.776 GeV
η = 0.753
Φ = 145.562°
Px=-35.279 GeV
Py=24.191 GeV
Pz=35.368 GeV
numPixelHits = 3
numSCTHits = 9
numTRTHits = 19
```

InDetTrack index: 0
PT=-42.776 GeV
η = 0.753
Φ = 145.562°
Px=-35.279 GeV

- p_T = impulsion transverse
- Le signe donne la charge de la particule
- Ici : $\ominus \Rightarrow$ c'est un électron

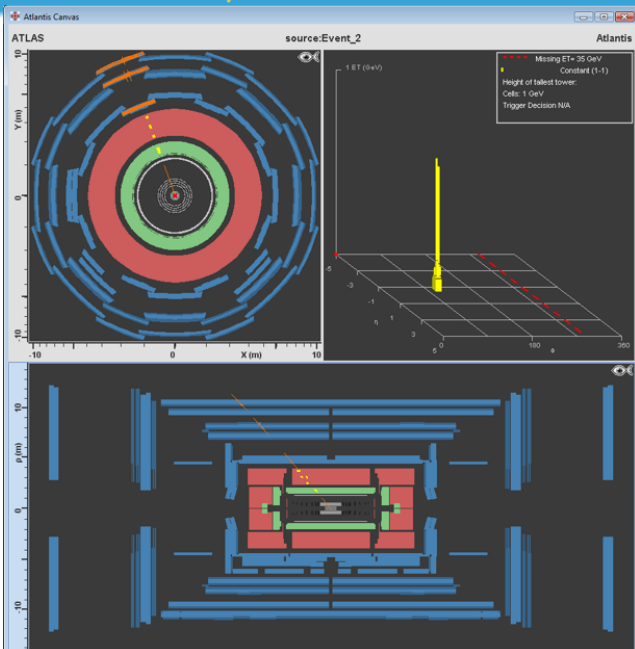
Muon et antimuon

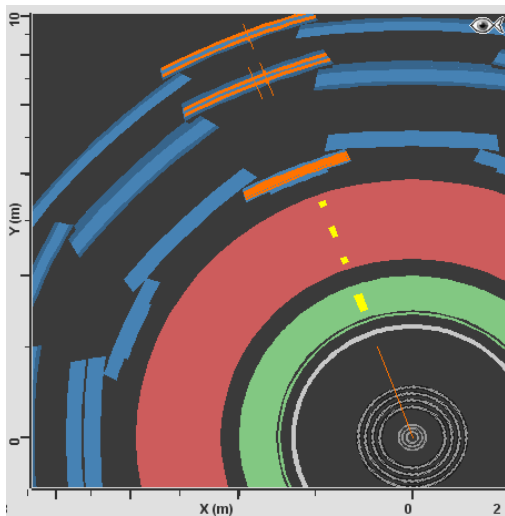
- Particule chargée : trace dans le trajectographe
- \ominus = muon,
 \oplus = antimuon
- Un peu d'énergie dans les calorimètres
- Trace dans le détecteur à muons
- Continue sa course à l'extérieur d'ATLAS



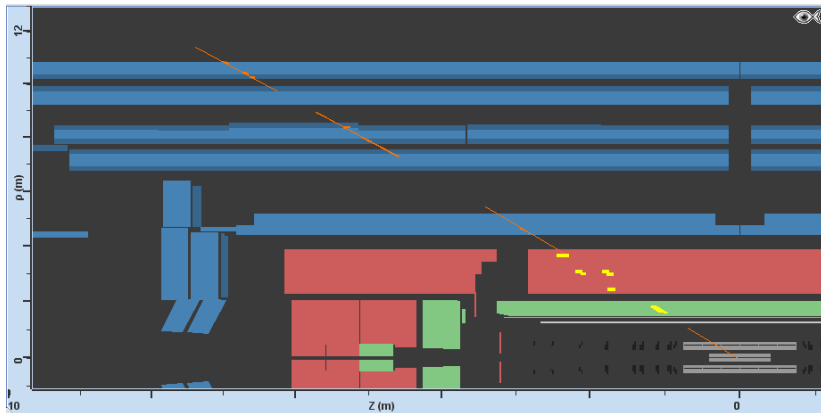


Identifier un muon/antimuon avec Minerva



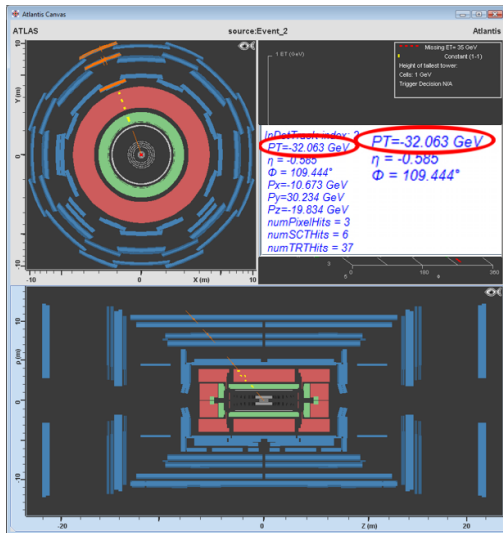


- Trace dans le trajectographe et le système des muons
- Un peu d'énergie dans les calorimètres



- Trace dans le trajectographe et le système des muons
- Un peu d'énergie dans les calorimètres

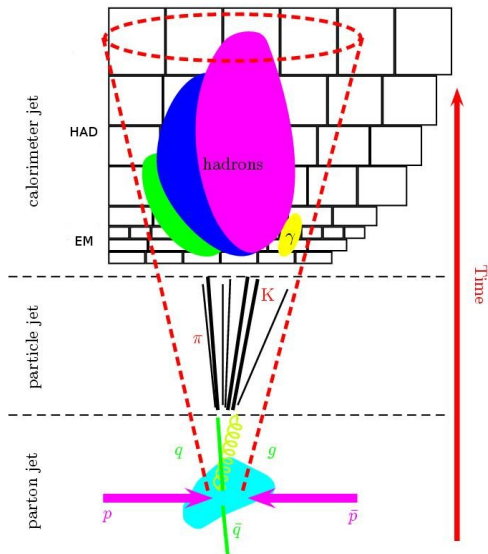
Identifier un muon/antimuon avec Minerva

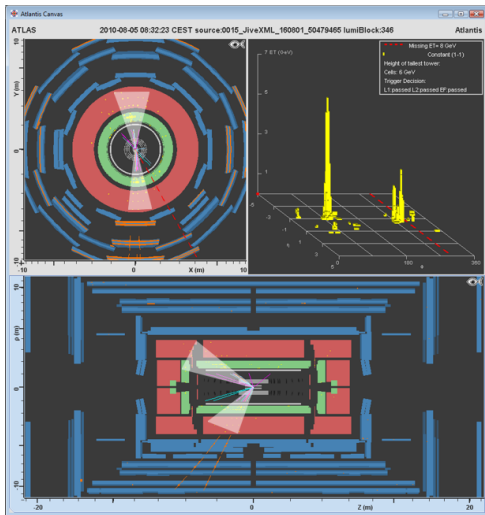


• $p_T \ominus \Rightarrow c'$ est un muon

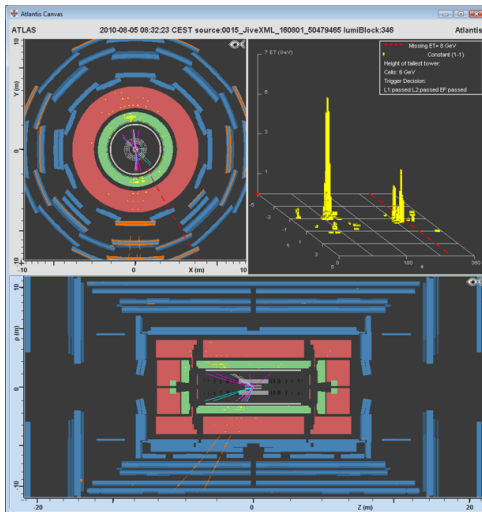
Quarks, antiquarks et gluons

- Forment plusieurs hadrons
⇒ jets
- Particules chargées : traces dans le trajectographe
- Gerbes dans le calorimètre électromagnétique et surtout dans le calorimètre hadronique





- Nombreuses particules \Rightarrow nombreuses traces
- Dépôts d'énergie des les calorimètres (surtout hadronique)



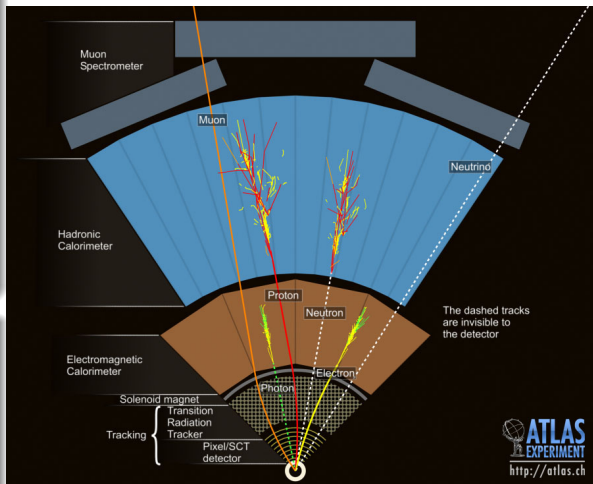
- Nombreuses particules \Rightarrow nombreuses traces
- Dépôts d'énergie des les calorimètres (surtout hadronique)

Proton/antiproton

- Particule chargée : trace dans le trajectographe
- \ominus = antiproton, \oplus = proton
- Gerbe dans le calorimètre hadronique

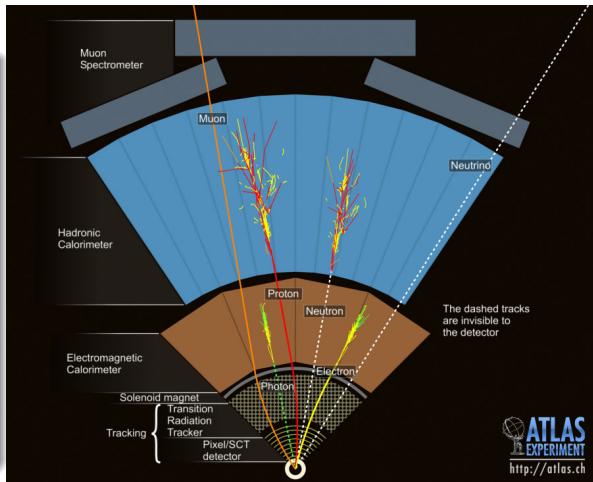
Neutron

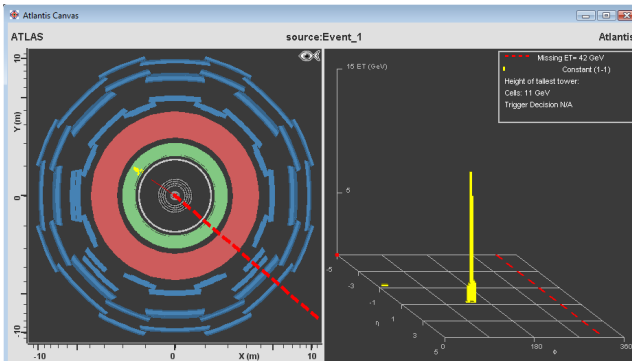
- Particule neutre : pas de trace dans le trajectographe
- Gerbe dans le calorimètre hadronique



Neutrinos

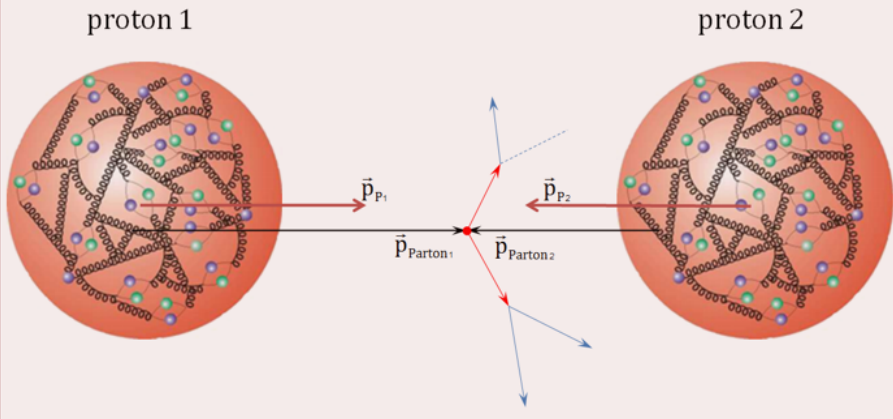
- Particule neutre qui n'interagit presque pas avec la matière
- ⇒ aucune trace dans le détecteur !
- Identifié par induction, par le principe de conservation de l'impulsion





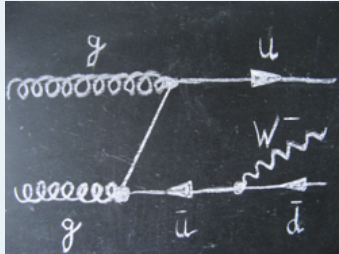
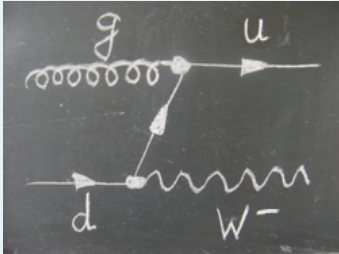
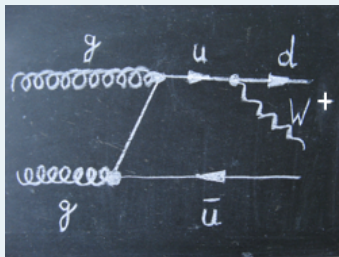
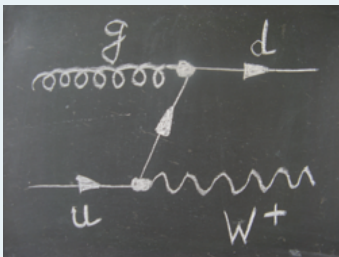
- Par conservation, la somme des impulsions dans le plan transversal vaut 0
- Sinon, “énergie transverse manquante (Missing E_T)” : particules indétectables (comme les neutrinos), non détectées ou mal mesurées (personne n’est parfait)
- Représenté par la ligne pointillée rouge, valeur en haut à droite

... et eurent beaucoup d'enfants !



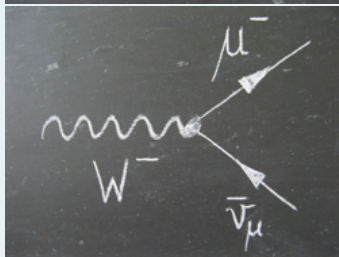
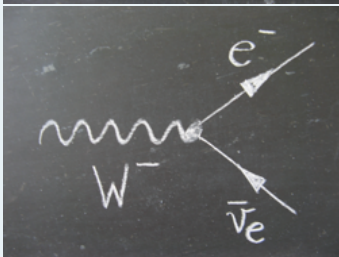
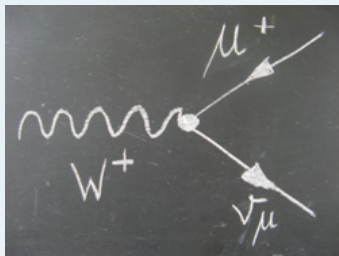
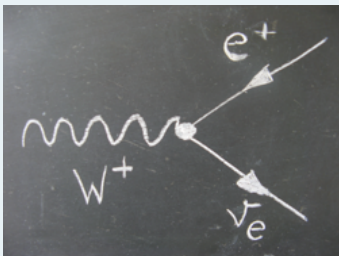
- Collision proton–proton = collision entre constituants (quarks et/ou gluons)

Comment sont-ils produits ?

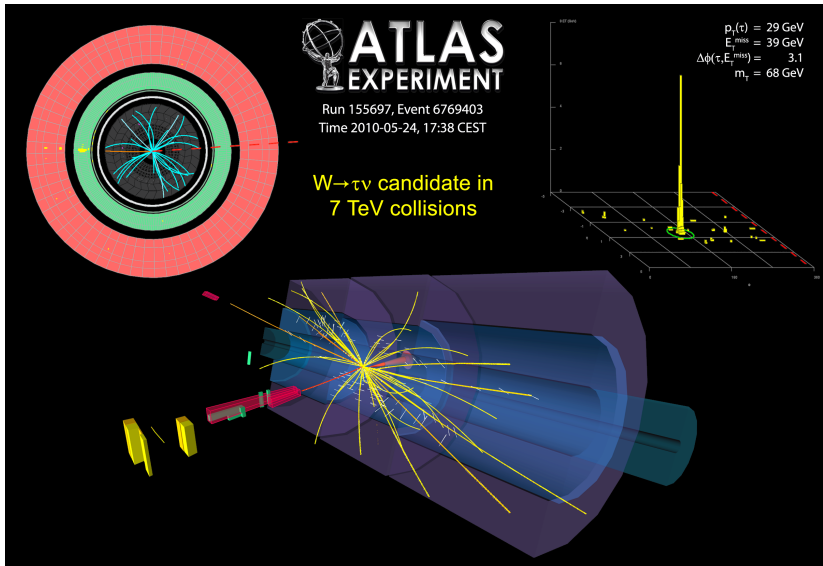


- Les quarks produisent des jets

Que leur arrive-t-il ?



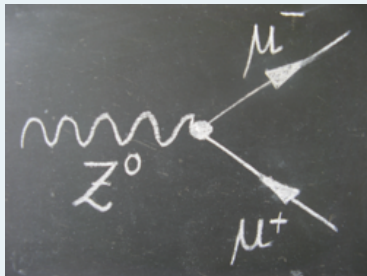
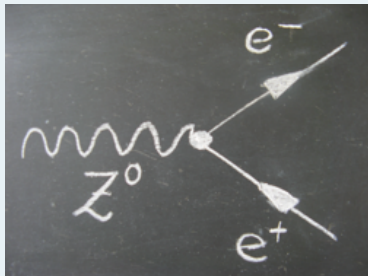
- Donne aussi des leptons tau, plus difficiles à identifier



Kesako ?

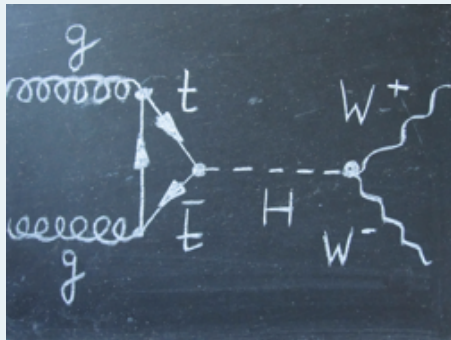
- Signature similaire à ce que l'on cherche, mais venant d'une source différente
- Peut être un vrai processus qui fournit le même état final
- Ou bien dû au fait qu'une particule n'est pas vue dans le détecteur
 - par exemple s'échappe le long du faisceau
- Ou bien à une mauvaise reconstruction dans le détecteur
 - il y a un jet et je crois que c'est un électron. . .
- Ou encore à la présence d'autres particules dans l'événement
 - chaque événement contient plusieurs collisions

Production de Z



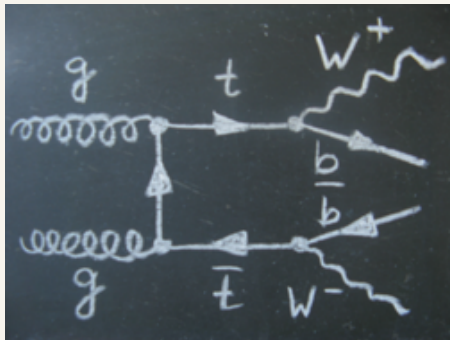
- Si on ne voit pas un des électrons ou muons, cela peut ressembler à des W
- Si on cherche des événements Z , alors les W peuvent être un bruit de fond !

Production de H



$$pp \rightarrow H \rightarrow W^+W^- \rightarrow e\nu\mu\nu$$

Bruit de fond



$$pp \rightarrow t\bar{t} \rightarrow W^+bW^-b \rightarrow e\nu b\mu\nu b$$

Amusez-vous bien
cet après-midi !