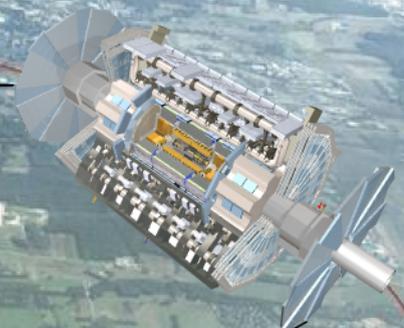
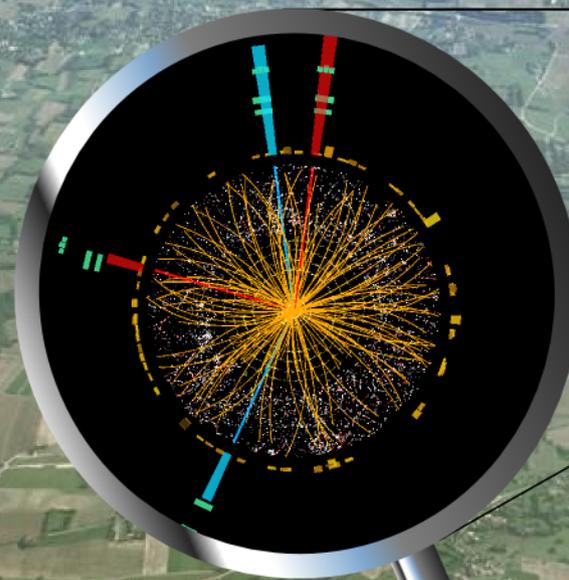


# Détecter des particules « pour de vrai » avec ATLAS

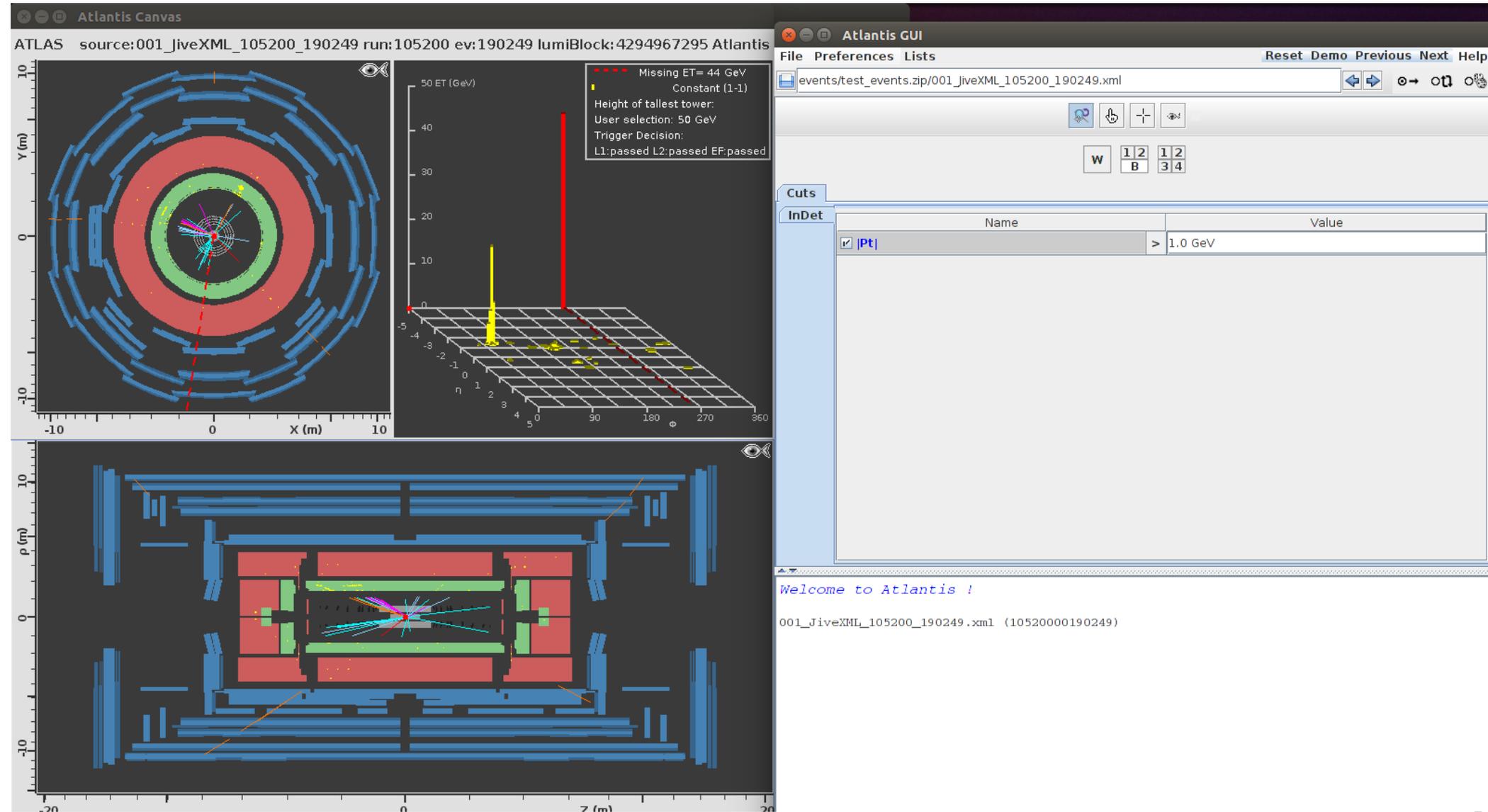
INTERNATIONAL  
**MASTERCLASSES**

hands on particle physics

Centre de physique des  
particules de Marseille

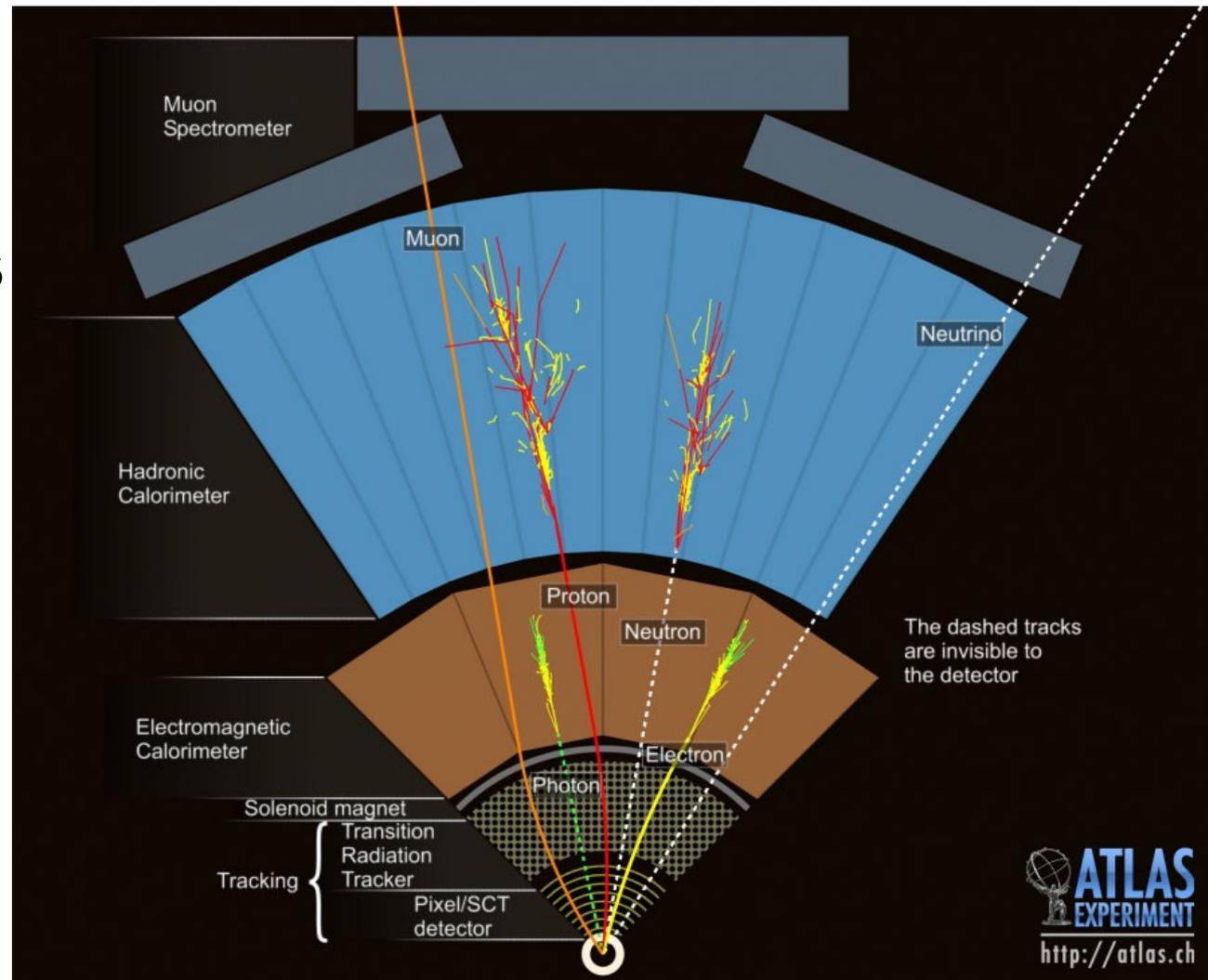
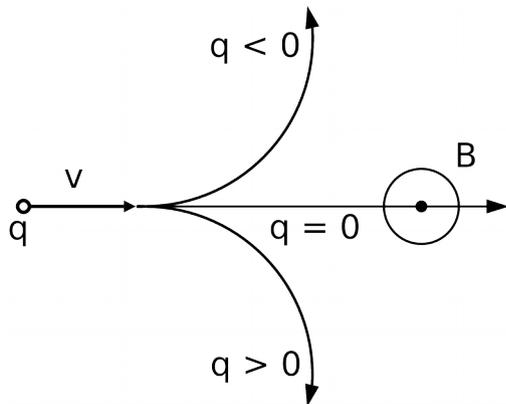


# Identifier des événements avec Minerva

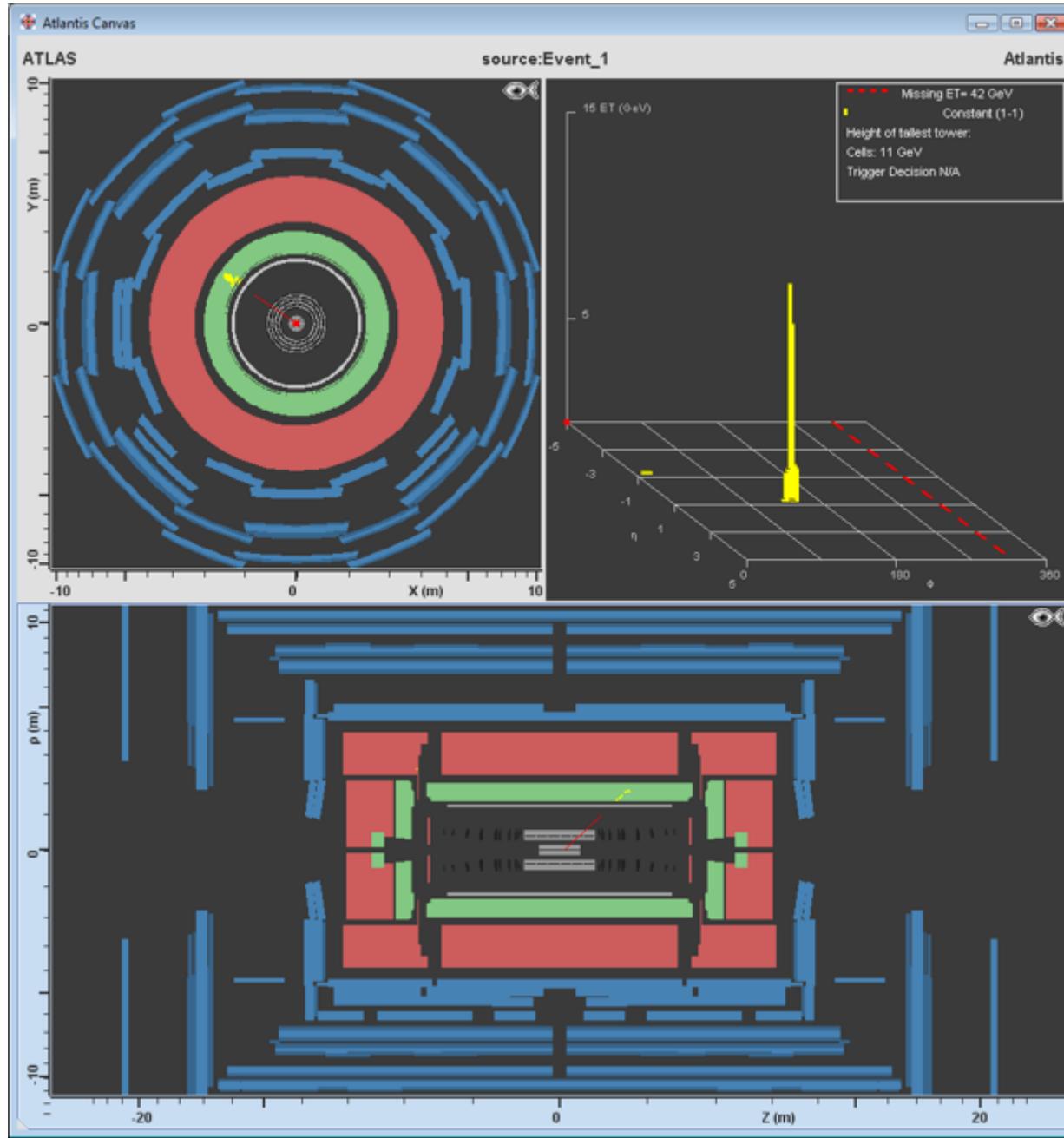


# Identifier les électrons/positrons et photons

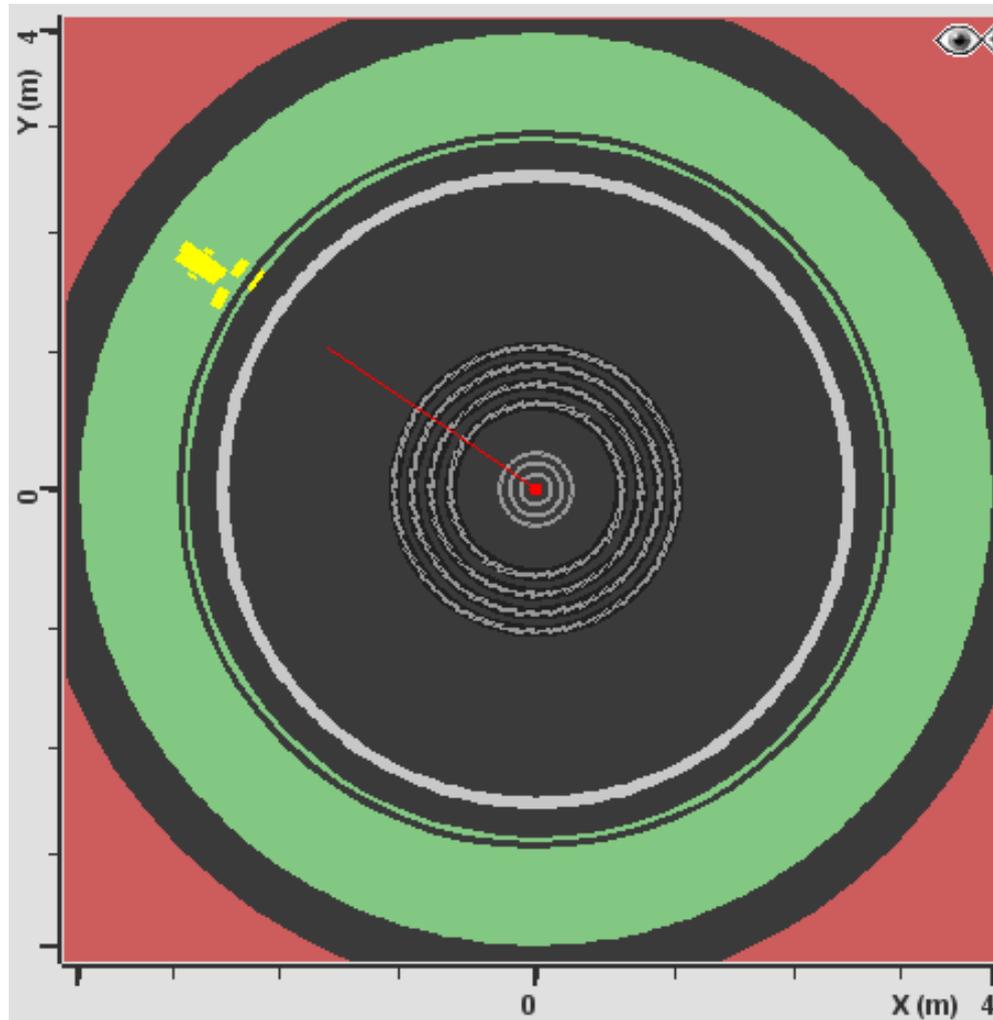
- Gerbe dans le calorimètre EM
- $e^+/e^-$  : particule chargée, trace dans le trajectographe
- Courbure de la trace  $\rightarrow$  signe de la charge électrique



# Identifier les électrons/positrons avec Minerva

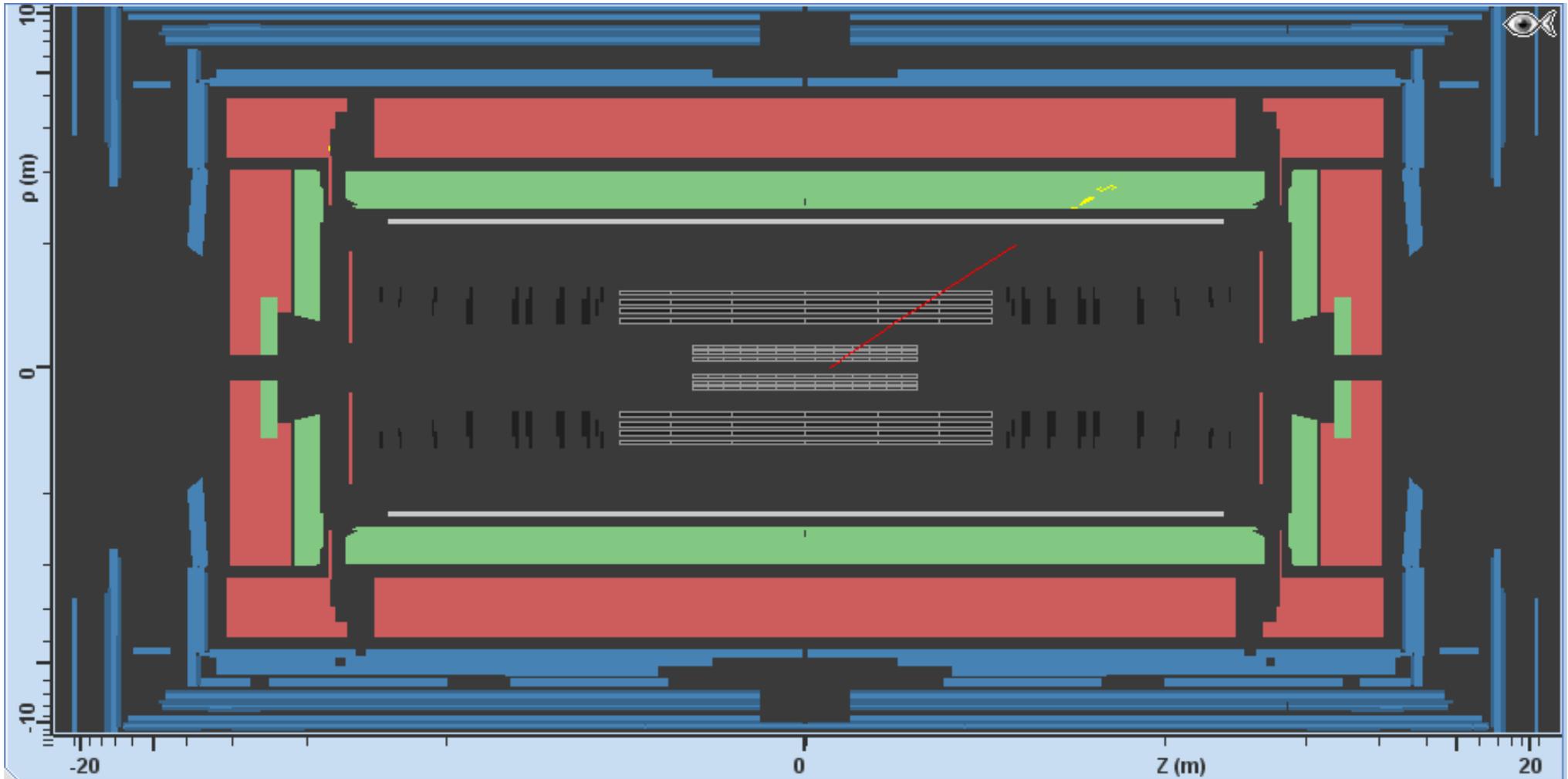


# Identifier les électrons/positrons avec Minerva



- Trace dans le trajectographe
- Énergie dans le calorimètre

# Identifier les électrons/positrons avec Minerva



- Trace dans le trajectographe
- Énergie dans le calorimètre

# Identifier les électrons/positrons avec Minerva

The screenshot displays the Atlantis GUI interface. On the left, there are three main views: a top-down view of the ATLAS detector, a 3D plot of the event showing a yellow track, and a longitudinal cross-section of the detector. The top-right panel shows event details: 'source:Minerva1', 'Atlantis', 'Missing ET= 42 GeV', 'Constant (1-1)', 'Height of tallest tower: Cells: 11 GeV', and 'Trigger Decision N/A'. The bottom-right panel shows a 'Data' table with the following content:

|                                     | Name    | Value |
|-------------------------------------|---------|-------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Status  |       |
| <input checked="" type="checkbox"/> | InDet   |       |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Calo    |       |
| <input checked="" type="checkbox"/> | MuonDet |       |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Objects |       |

Below the table, a text area displays: 'Welcome to Atlantis !' and 'Minerva1.xml (10602000326459)'. A red box highlights a hand cursor icon in the top toolbar, with a red arrow pointing to the track in the 3D view.

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

# Identifier les électrons/positrons avec Minerva

The screenshot displays the Minerva GUI interface. On the left, the 'ATLAS Canvas' shows a top-down view of the detector and a 3D plot of the event. The 'Atlantis GUI' window on the right shows a toolbar with a hand icon highlighted by a red box. Below the toolbar, a table lists event files:

| File Name             | Event ID          |
|-----------------------|-------------------|
| Exercise2-Event04.xml | (161562003969900) |
| Exercise2-Event05.xml | (160472004700963) |

Below the table, a list of event parameters is shown for the selected event:

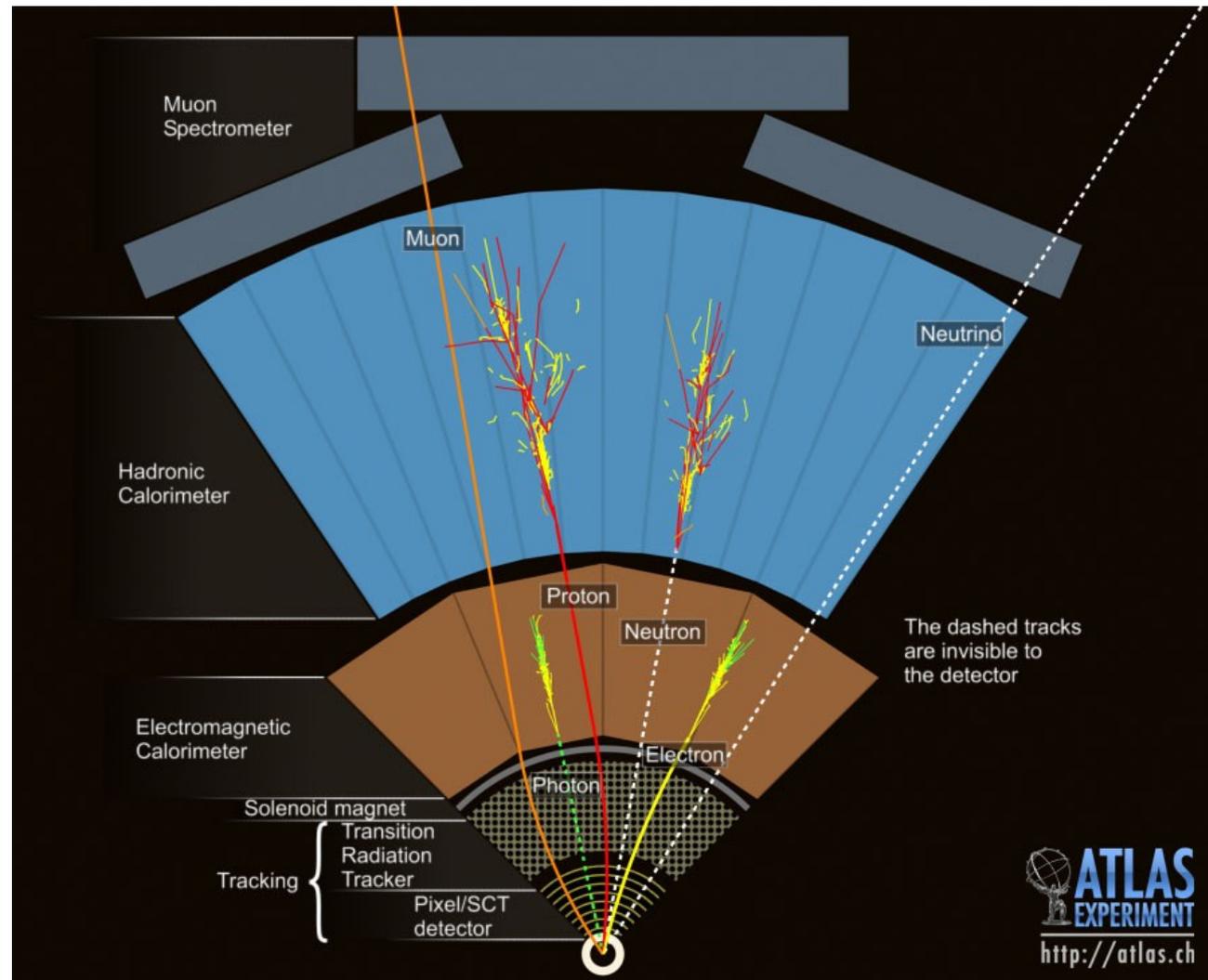
- $PT = 44.730 \text{ GeV}$  (highlighted with a red box)
- $\eta = -1.139$
- $\Phi = 190.952^\circ$
- $P_x = -43.915 \text{ GeV}$
- $P_y = -8.498 \text{ GeV}$
- $P_z = 62.730 \text{ GeV}$
- $Charge = -1$  (highlighted with a red box)

Red arrows point from the highlighted  $PT$  and  $Charge$  values to their respective labels in the bottom right of the image.

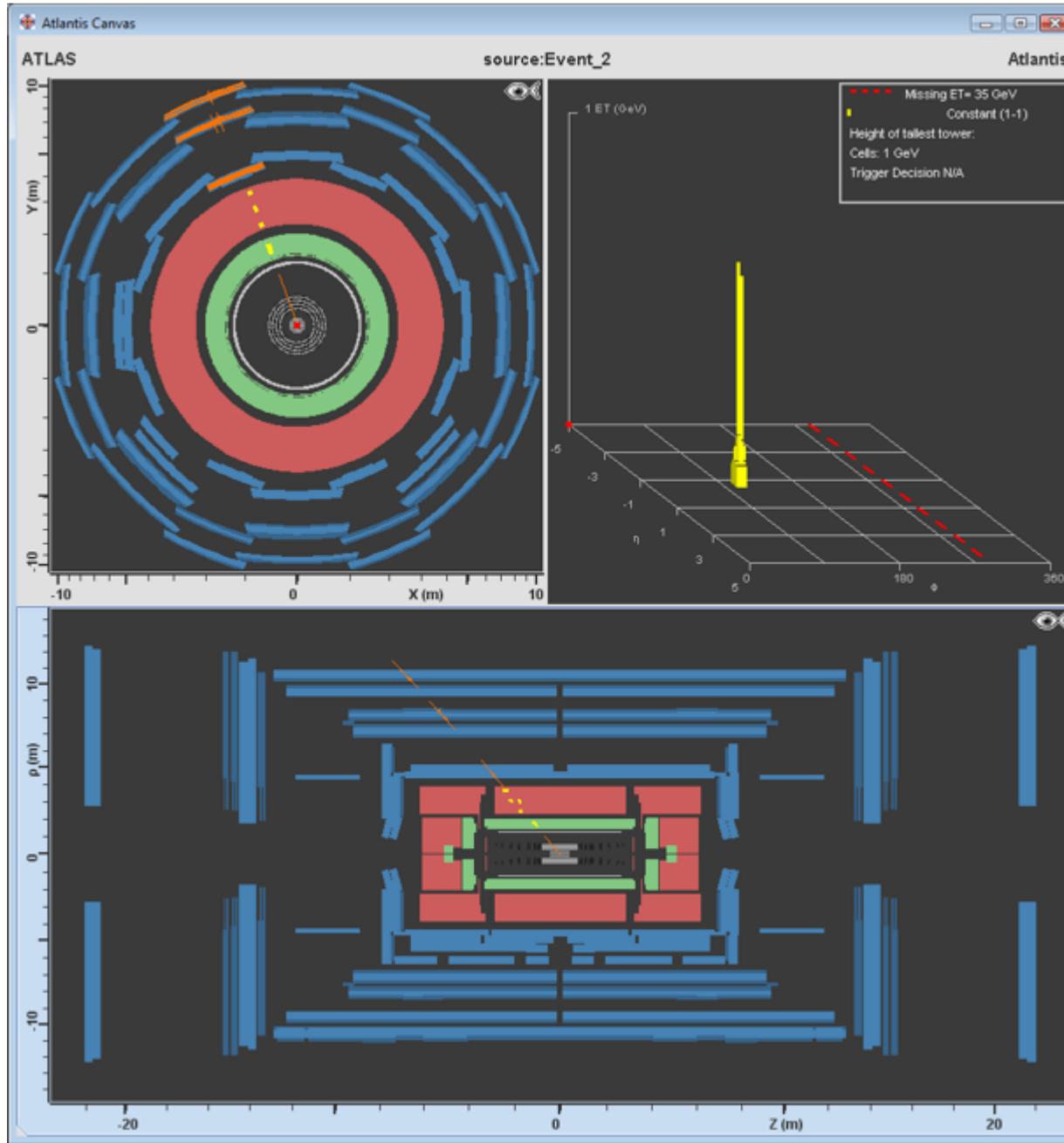
- $PT$  = impulsion transverse
- Ici charge négative  $\rightarrow$  électron

# Identifier les muons et antimuons

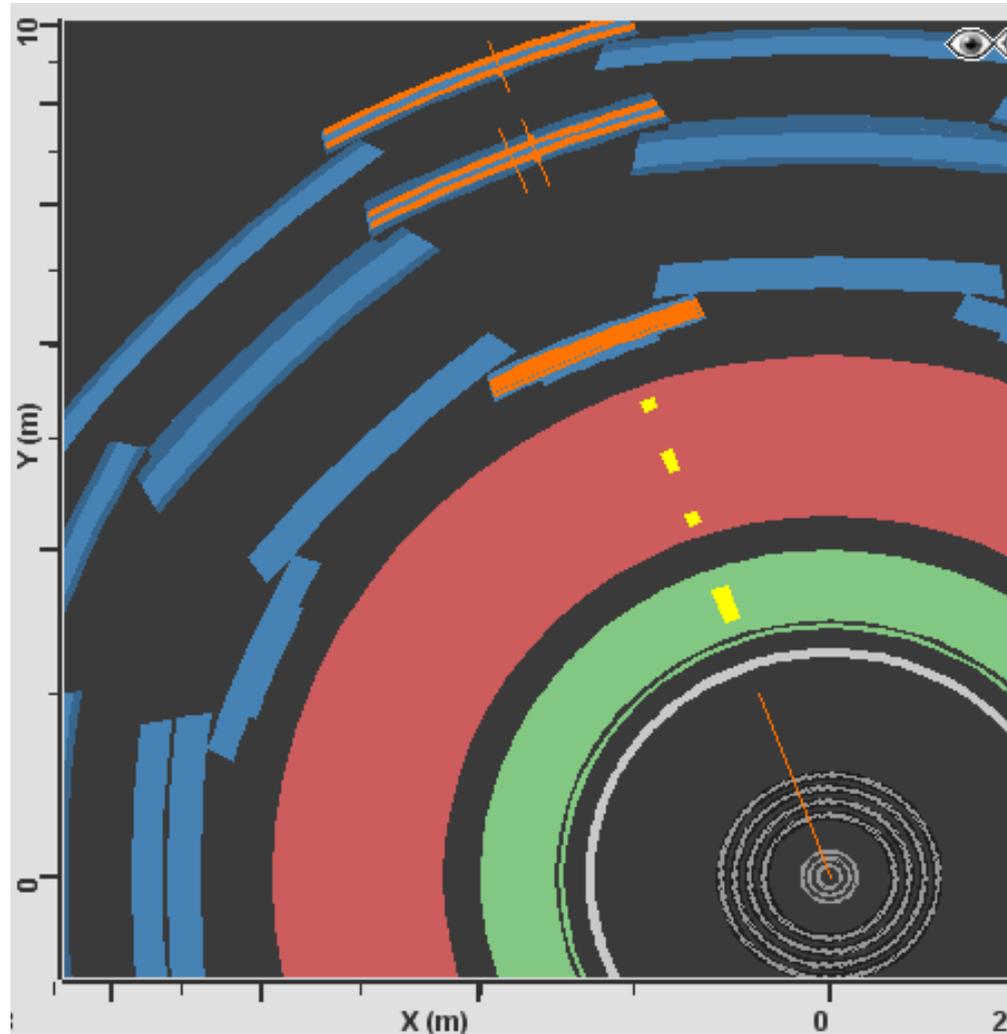
- Particule chargée, trace dans le trajectographe
- Un peu d'énergie dans le calorimètre
- Trace dans le détecteur à muons
- Courbure de la trace → signe de la charge électrique
- Continue sa course à l'extérieur d'ATLAS



# Identifier les muons/antimuons avec Minerva

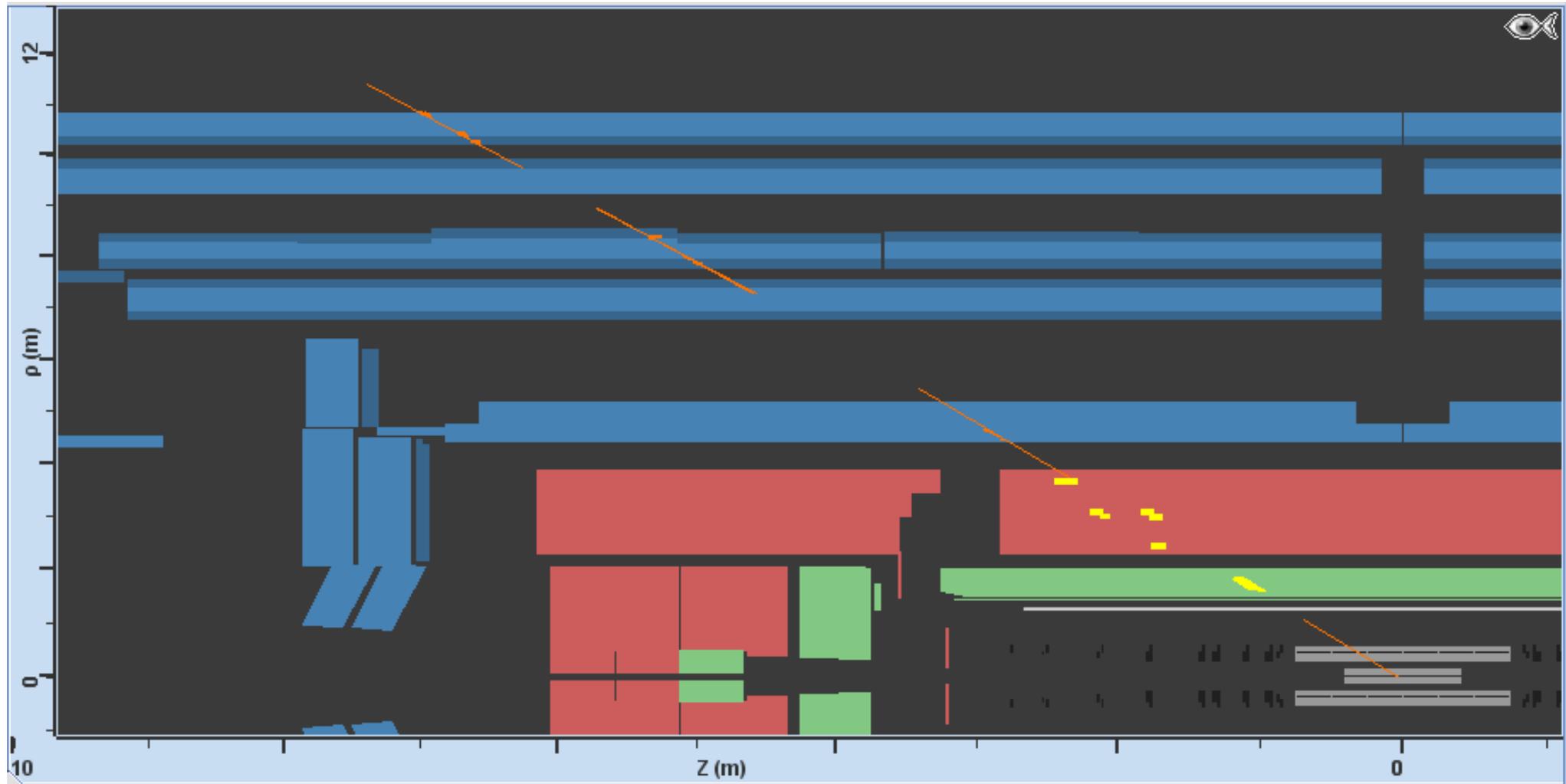


# Identifier les muons/antimuons avec Minerva



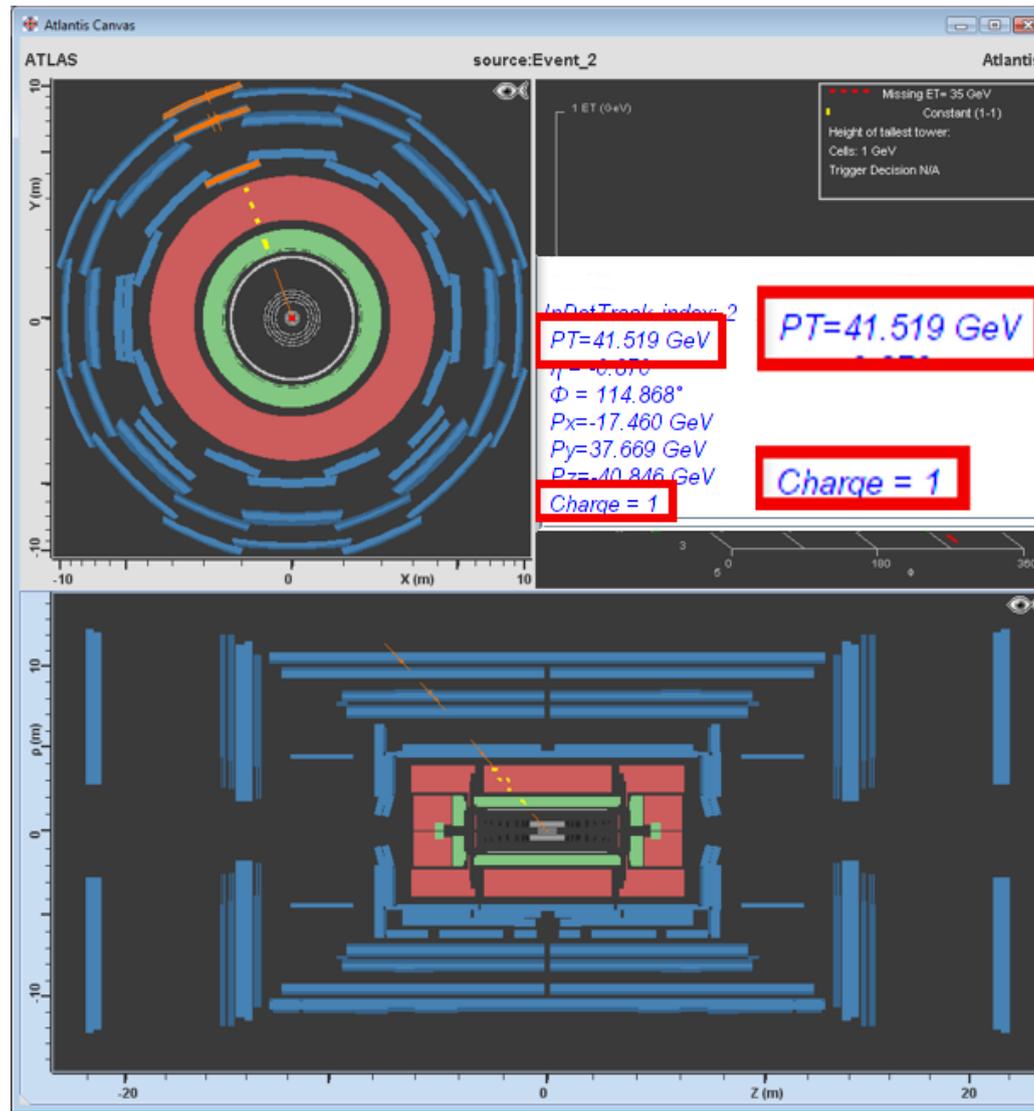
- Trace dans le trajectographe et le système des muons
- Un peu d'énergie dans les calorimètres

# Identifier les muons/antimuons avec Minerva



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

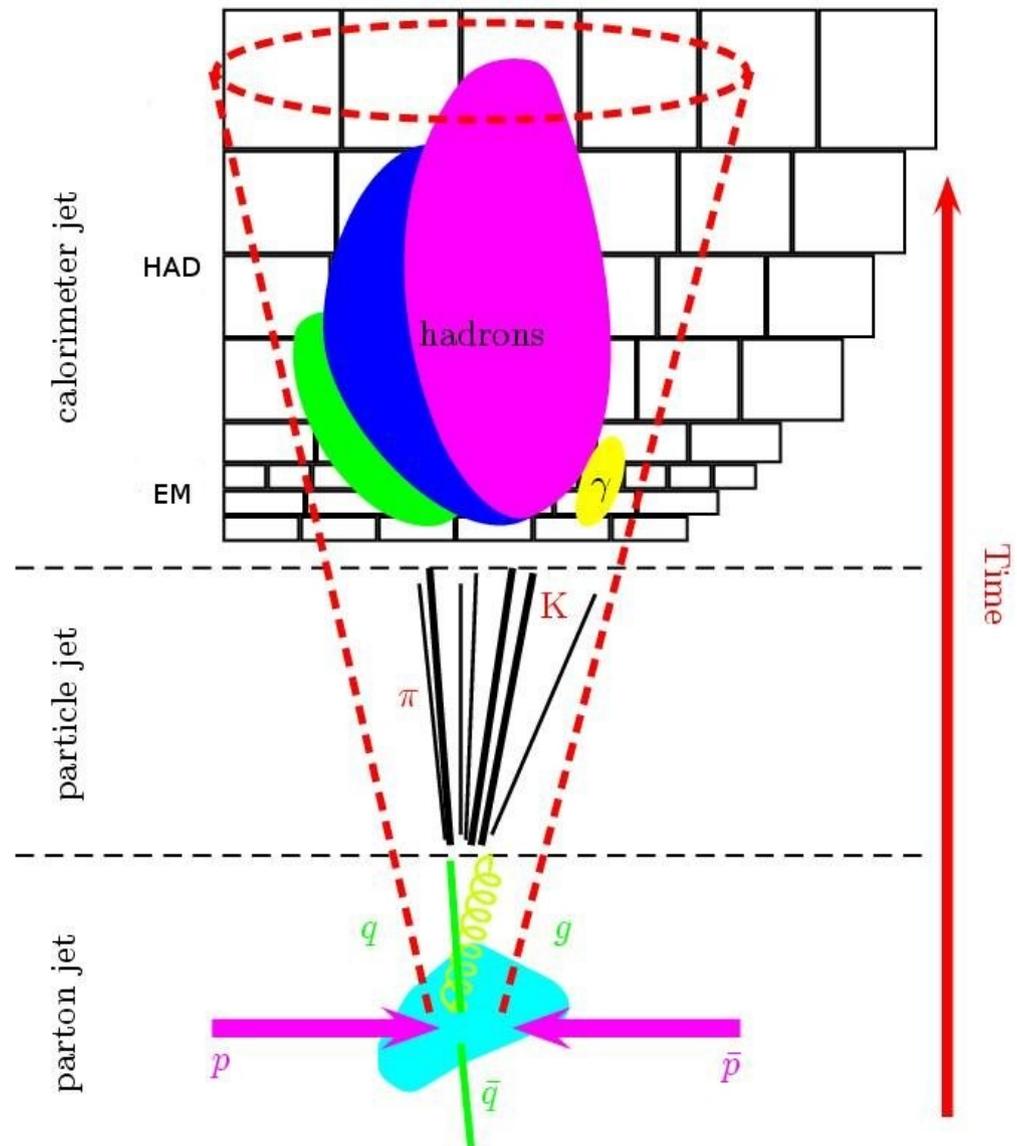
# Identifier les muons/antimuons avec Minerva



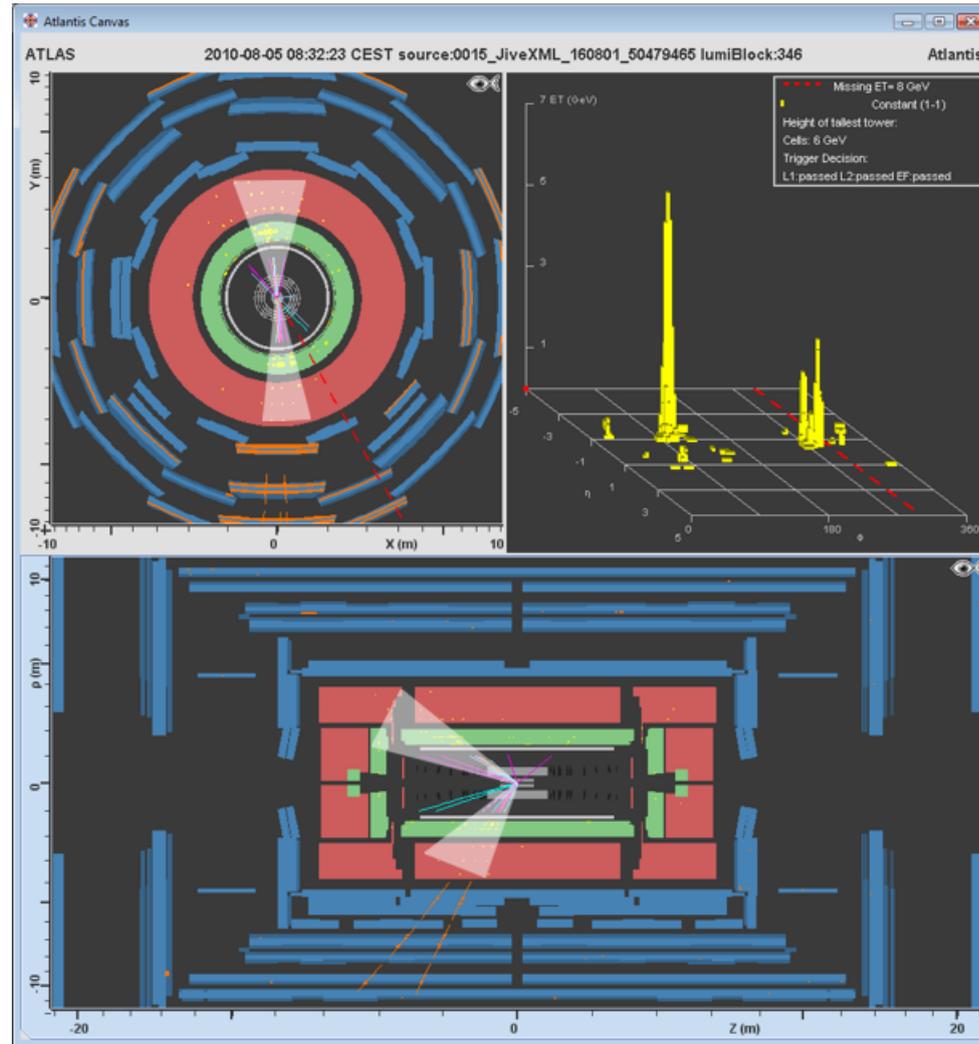
- Positif : antimuon

# Identifier les quarks/antiquarks et gluons

- Jamais seuls, forment des hadrons
- Gerbes dans le calorimètre EM et surtout hadronique
- Particules chargées, traces dans le trajectographe

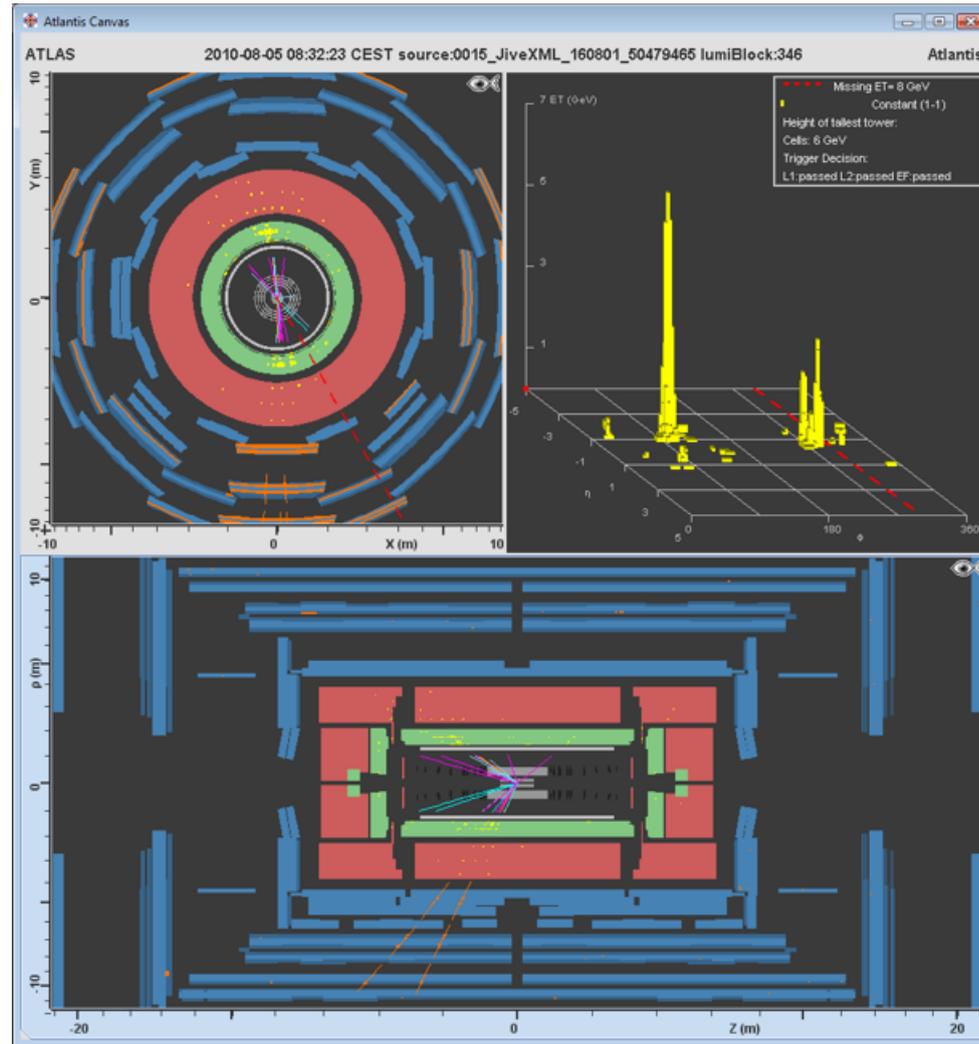


# Identifier les jets avec Minerva



- Nombreuses particules → nombreuses traces
- Dépôts d'énergie dans les calorimètres (surtout hadronique)

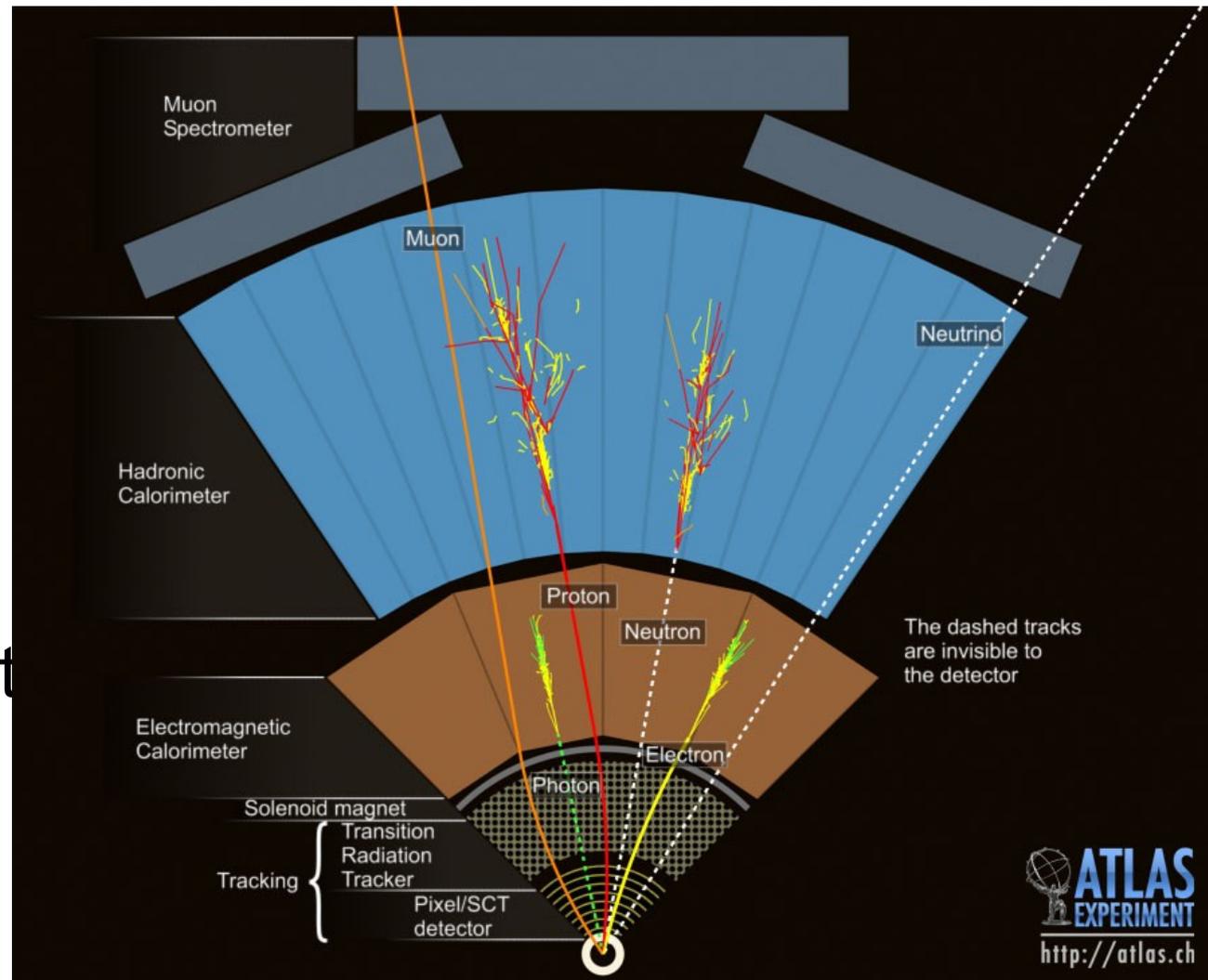
# Identifier les jets avec Minerva



- Nombreuses particules → nombreuses traces
- Dépôts d'énergie dans les calorimètres (surtout hadronique)

# Identifier les neutrinos

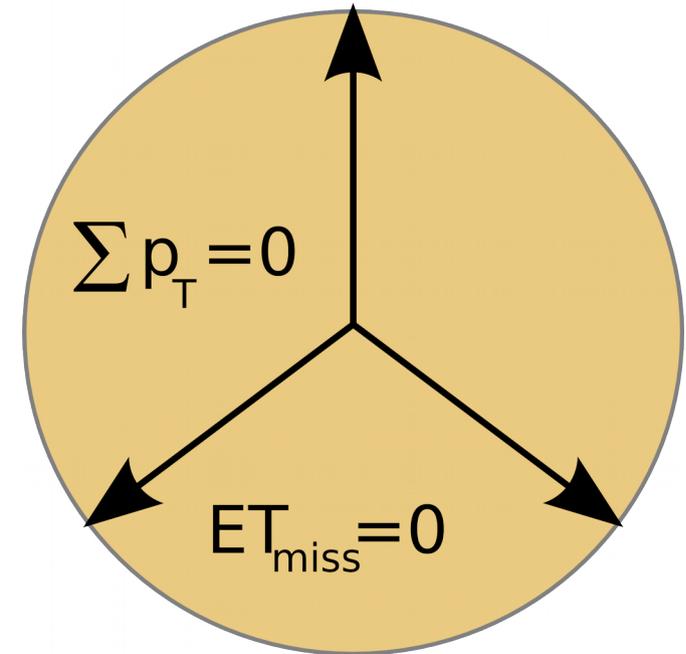
- Particule neutre qui n'interagit presque pas avec la matière
- Aucune trace dans le détecteur
- Identifié par induction, en utilisant la conservation de l'impulsion



# Energie transverse manquante

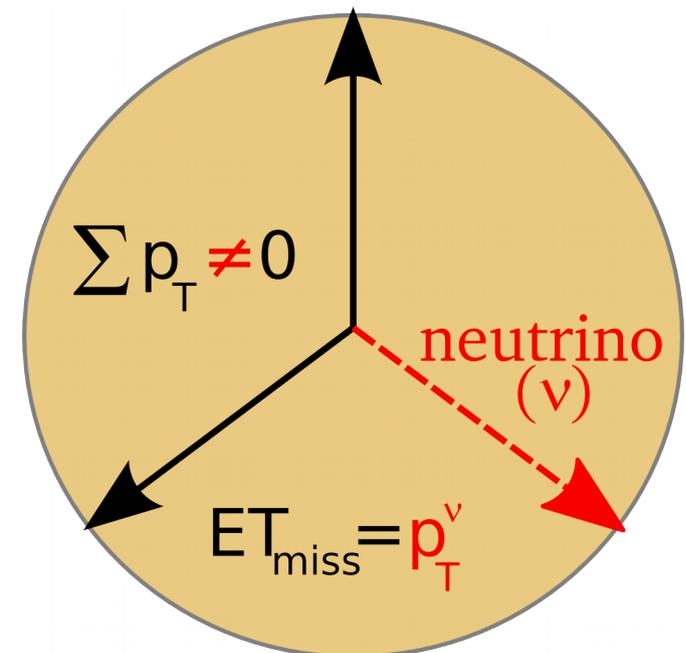
- Sans neutrino

- ▶ 3 particules reconstruites
- ▶ Somme des impulsions dans le plan transverse : 0
- ▶ Donc  $E_{T\text{miss}} = 0$

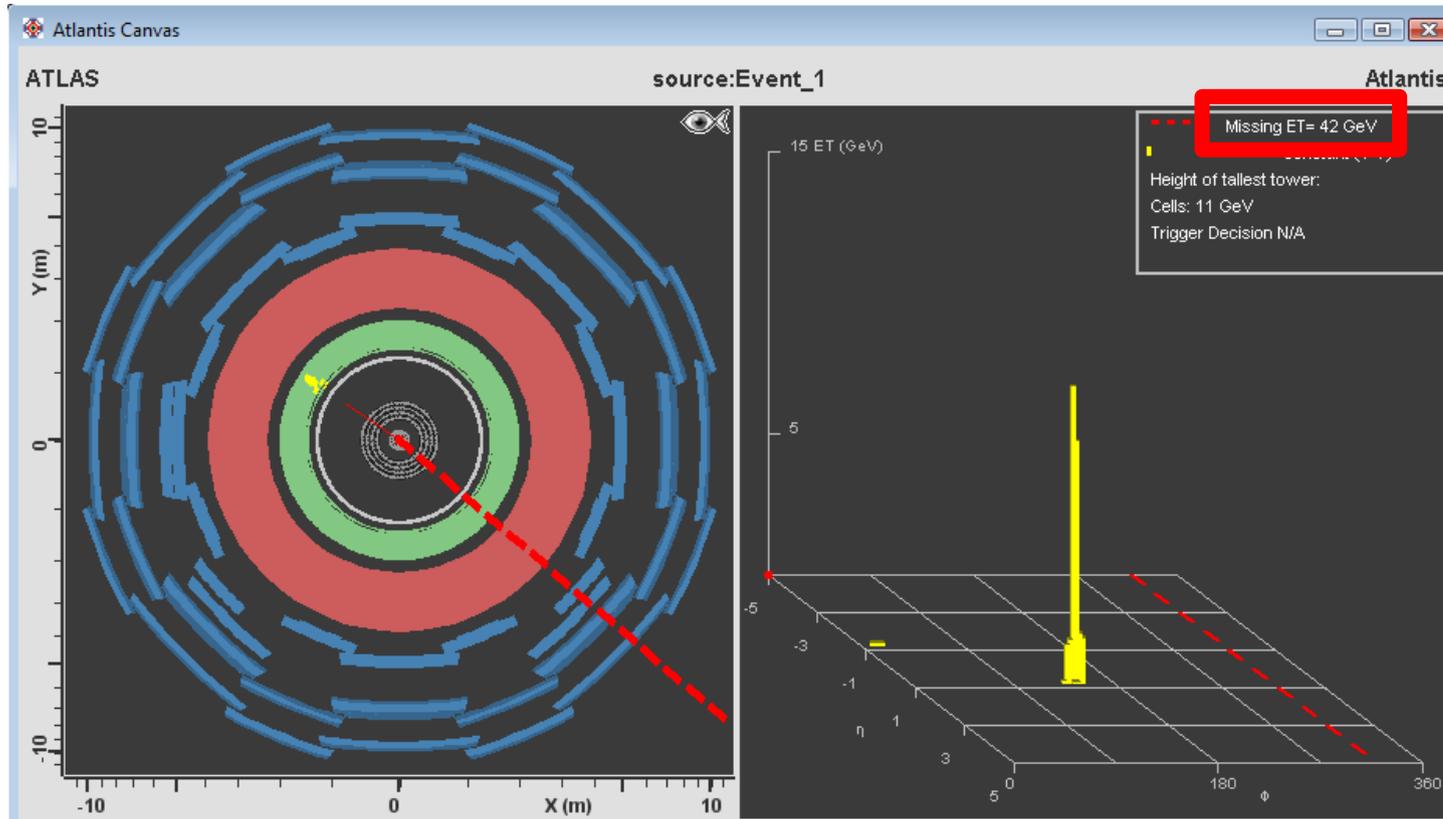


- Avec un neutrino

- ▶ On « voit » seulement une partie de l'événement
- ▶ La somme des impulsions n'est pas nulle
- ▶ La différence est  $E_{T\text{miss}}$ , associée au neutrino



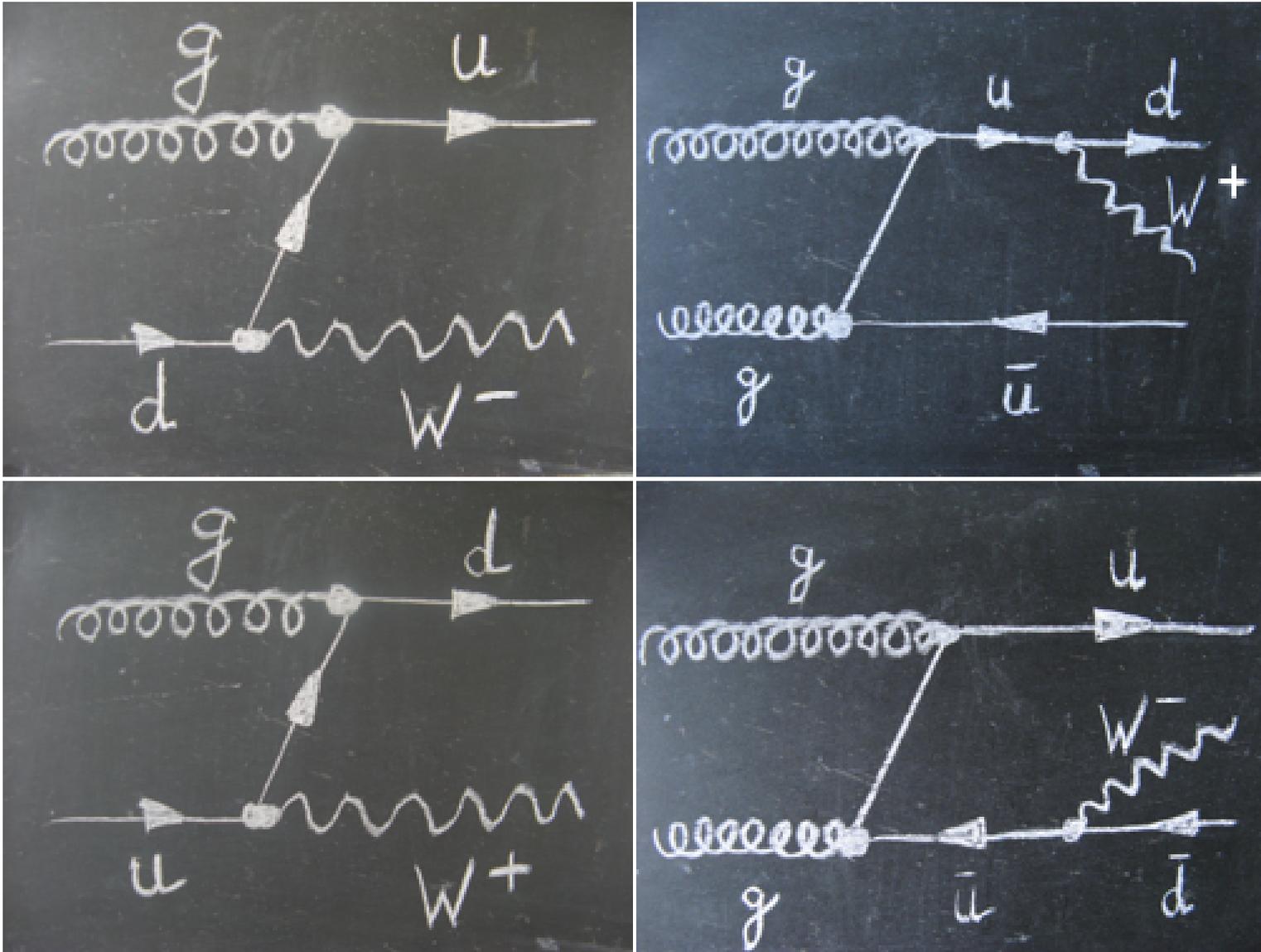
# Identifier un neutrino avec Minerva



- Par conservation, la somme des impulsions dans le plan transversal vaut 0
- Sinon, « énergie transverse manquante (Missing ET) » : particules indétectables (comme les neutrinos), non détectées ou mal mesurées

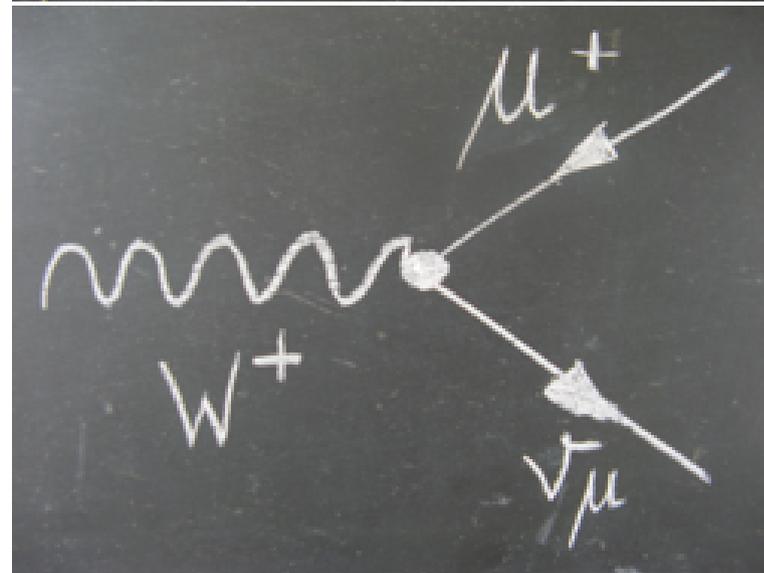
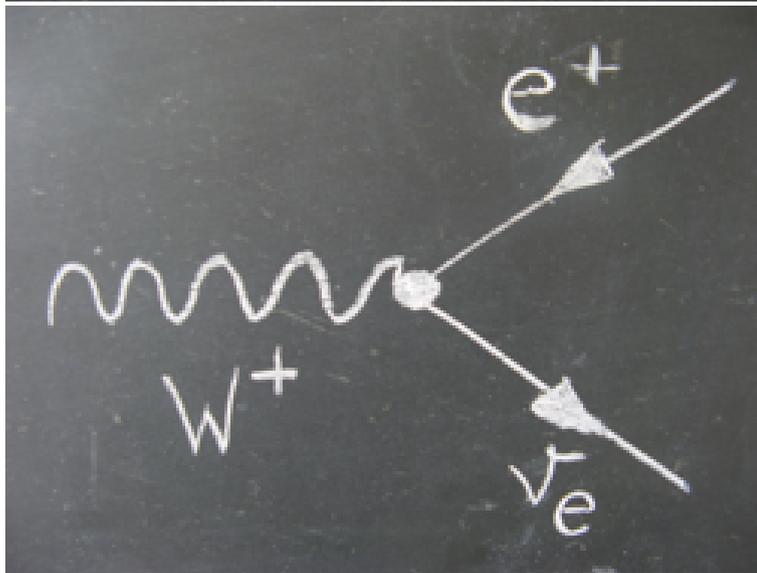
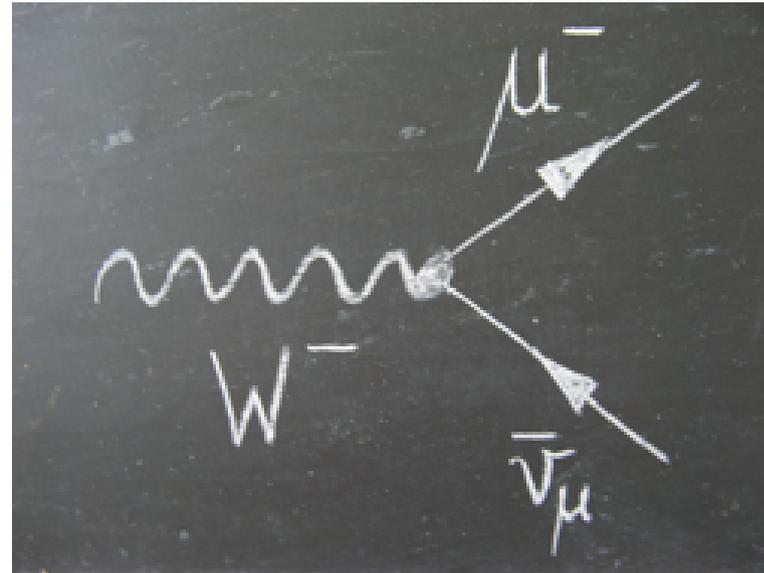
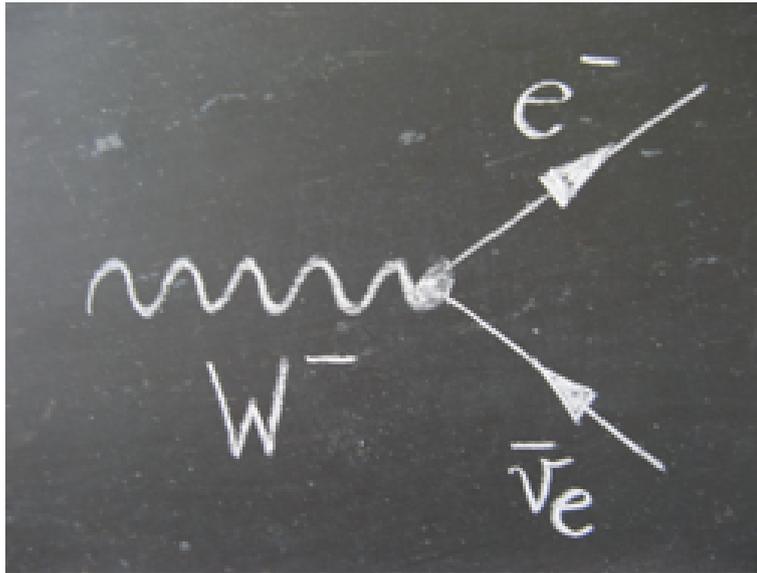
# Analyse : observer des bosons $W$

## *Production*



# Analyse : observer des bosons $W$

## *Désintégration*

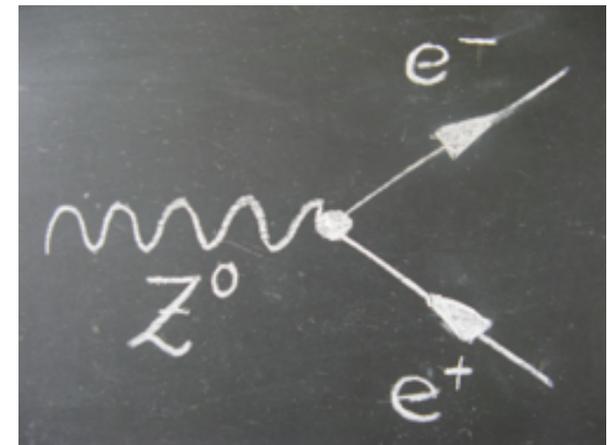
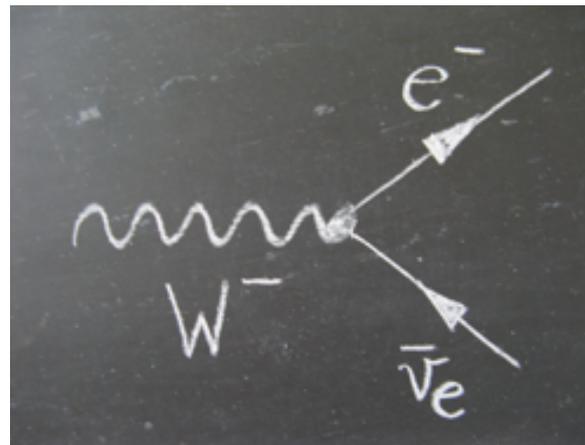
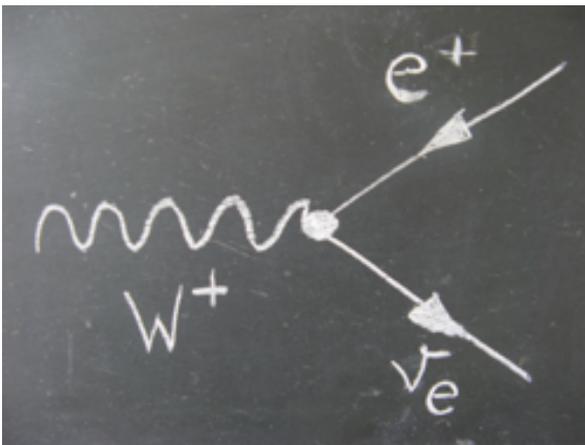


# Difficulté : le bruit de fond

- 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

# Exemple de signal et bruit de fond

- Signal : désintégration de bosons  $W \rightarrow e\nu$
- Bruit de fond :  $Z \rightarrow ee$
- Un des  $e$  n'est pas reconstruit



- Si on cherche des événements  $Z$ , alors les  $W$  peuvent être un bruit de fond !

# Et vous ?

- Recherche de bosons  $W$ 
  - ▶ et mesure de la structure du proton
- Recherche du boson de Higgs
  - ▶  $H \rightarrow W^+ W^- \rightarrow$ 
    - $e^+ \nu \quad e^- \nu$
    - $e^+ \nu \quad \mu^- \nu$
    - $e^- \nu \quad \mu^+ \nu$
    - $\mu^+ \nu \quad \mu^- \nu$